

本文引文格式:汤雯,范思捷,廖婷婷,等.基于网络药理学及分子对接探析健脾益气方治疗小儿矮身材的作用机制[J].右江民族医学院学报,2026,48(2):278-285.

【中医药现代研究】

## 基于网络药理学及分子对接探析健脾 益气方治疗小儿矮身材的作用机制

汤雯<sup>1</sup>,范思捷<sup>2</sup>,廖婷婷<sup>3</sup>,王燕俐<sup>1</sup>,尚莉丽<sup>1</sup>

1. 安徽中医药大学第一附属医院,安徽 合肥 230031;
2. 安徽省六安市裕安区妇幼保健医院,安徽 六安 237010;
3. 安徽省蚌埠市中医院,安徽 蚌埠 233000)

**摘要:**目的 基于网络药理学及分子对接的生物信息技术,探究尚莉丽教授经验方一健脾益气方治疗小儿矮身材(short stature,SS)的潜在作用机制,为临床应用及机制研究提供理论依据。方法 在TCMSP数据库及知网检索健脾益气方中组方药物的有效成分及靶点,筛选SS靶点,获取二者的交集靶点,构建“健脾益气方一成分一靶点”网络,获得蛋白质-蛋白质相互作用网络(protein-protein interaction network,PPI),进行GO富集与KEGG富集分析,对潜在靶点与主要活性成分进行分子对接。结果 网络药理及分子对接分析发现,健脾益气方可能通过STAT3、AKT1、MAPK3等核心靶点,调控癌症、脂质与动脉粥样硬化、PI3K-Akt等信号通路对SS发挥潜在作用。结论 尚莉丽教授在治疗小儿SS方面,秉持“脾胃为本,气机为重”的学术思想,总结出健脾益气方。本研究基于生物信息技术探析该方治疗小儿SS的潜在作用机制,为该经验方的临床推广应用及作用机制的后续深入验证研究提供了坚实的科学依据与理论支撑。

**关键词:**网络药理;分子对接;小儿矮身材;健脾益气方

中图分类号:R272 文献标识码:A 文章编号:1001-5817(2026)02-0278-08  
doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2026.02.020

### Exploring the mechanism of action of Jianpi Yiqi Formula in the treatment of pediatric short stature based on network pharmacology and molecular docking

TANG Wen<sup>1</sup>, FAN Sijie<sup>2</sup>, LIAO Tingting<sup>3</sup>, WANG Yanli<sup>1</sup>, SHANG Lili<sup>1</sup>

1. *The First Affiliated Hospital of Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230031, Anhui, China;*
2. *Yu'an District Maternal & Child Health Hospital, Lu'an 237010, Anhui, China;*
3. *Bengbu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Bengbu 233000, Anhui, China)*

**Abstract:** **Objective** To explore the potential mechanism of the Jianpi Yiqi Formula-an empirical prescription developed by Professor Shang Lili-in the treatment of pediatric short stature (SS) based on the bioinformatics technologies of network pharmacology and molecular docking, thereby providing a theoretical basis for its clinical application and mechanism research. **Methods** The active ingredients and corresponding targets of the medicinal components in the Jianpi Yiqi Formula were retrieved from the Traditional Chinese Medicine Systems Pharmacology Database and Analysis Platform (TCMSP) and China National Knowledge Infrastructure (CNKI). SS-related targets were screened to obtain the intersection targets between the formula and the disease. A “Jianpi Yiqi Formula-ingredient-target” network was constructed, and a protein-protein interaction (PPI) network was established. Gene Ontology (GO) enrichment analysis and Kyoto Encyclopedia of

**基金项目:**全国名老中医药专家传承工作室(国中医药人教函[2022]75号);安徽省省级临床重点专科建设项目(皖卫传[2019]91号)

**第一作者:**汤雯,住院医师,研究方向:中医儿科,E-mail:tangtangwenwen96@163.com

**通讯作者:**尚莉丽,主任医师,研究方向:中医儿科,E-mail:1103134046@qq.com

Genes and Genomes (KEGG) enrichment analysis were performed. Molecular docking was conducted between the potential targets and the main active ingredients of the formula. **Results** Network pharmacology and molecular docking analyses revealed that the Jianpi Yiqi Formula may exert a potential therapeutic effect on pediatric SS via core targets including STAT3, AKT1, and MAPK3, as well as signaling pathways including pathways in cancer, lipid and atherosclerosis, and the PI3K-Akt signaling pathway. **Conclusion** In the treatment of pediatric SS, Professor Shang Lili adheres to the academic thought of “spleen and stomach as the foundation, and Qi movement as the key” and summarizes the Jianpi Yiqi Formula. This study explores the potential mechanism of the formula in treating pediatric SS based on bioinformatics technologies, which provides a solid scientific and theoretical basis for the clinical application and promotion of this empirical prescription, as well as for subsequent in-depth verification studies on its mechanism of action.

**Key words:** network pharmacology; molecular docking; pediatric short stature; Jianpi Yiqi Formula

矮身材(short stature, SS)<sup>[1]</sup>是指患儿的身高与类似环境生活下的同性别及同年龄正常小儿相比,均值低于 2 个标准差以上或低于身高生长曲线的第 3 百分位。调查研究<sup>[2-4]</sup>发现,SS 的发病率有地区差异性,其主要与地方经济发展的差异相关,调查结果显示埃及地区的 SS 的发病率为 17%、法国地区此疾病的发病率为 2%,我国此疾病的发病率则为 3.2%。

祖国医学尚未有与小儿 SS 相对应的病名,其根据临床表现,可归为“五迟、五软、疳证、胎弱”等<sup>[5]</sup>。中医病因可分为先天禀赋不足及后天喂养不当,先天主要指遗传因素,如父母气弱、精血不足等,正如《灵枢·天年》云:“人之始生……以母为基,以父为楛”,“脾胃为后天之本”,家长的喂养不当使小儿饮食不洁或失节,影响中焦运化功能,继而出现精微物质无法濡养全身,小儿生长发育的需求无法满足,继之出现 SS。小儿生长发育的过程中,离不开“气”的推动作用,该物质的生成运化离不开五脏六腑协同运作,由此可见,该病以虚证为主,其主要病位责之脾、肾,与肺、心、肝也有密切关系。SS 的西医病因病机复杂、目前尚未完全明确。现代医学研究发现,SS 与遗传、营养、下丘脑-垂体-胰岛素样生长因子轴、内分泌、心理因素、精神因素、发育迟缓及罹患他病等关系密切<sup>[6]</sup>。孟桓申等<sup>[7]</sup>通过对文献中病因进行综合研究发现,生长激素缺乏症为现研究中出现频率最高的病因,在所有研究的病因中占比高达 32.7%。西医主要通过注射重组生长激素等方式进行治疗,但该治疗存在肝肾功能异常、甲状腺功能减退等不良后果,同时该治疗费用昂贵,为家庭带来极大的经济负担。中医药凭借其简便、廉宜且效专的优势,为小儿 SS 的临床治疗中提供了更优的选择路径,为治疗该疾病领域中的重要发展方向之一<sup>[8]</sup>。

健脾益气方为全国名老中医、安徽省中医药领军人才尚莉丽教授立足于大量临床实践经验,基于小儿生理、病理特点,强调小儿“脾肾不足”,坚持“重视气机”,以“健脾固本、调畅气机”为治疗原则,总结出治疗

小儿 SS 的临床经验方。该方选取《古今医鉴》所载的参苓白术散为基础方,对其进行加减,此方由黄芪、太子参、茯苓等共 10 味组成,全方共奏健脾益气、补益肾气之功,临床观察取得了显著的疗效。本研究运用生物信息技术探析健脾益气方作用于 SS 的潜在机制。

### 1 健脾益气方治疗小儿 SS 的网络药理学及分子对接

1.1 健脾益气方成分筛选及靶点预测 将健脾益气方中组方药物(黄芪、太子参、茯苓、白术、白扁豆、陈皮、砂仁、薏苡仁、山药、炙甘草)依次输入 TCMSP 数据库(<https://tcmsp.com/tcmsp.php>)<sup>[9]</sup>及中国知网(CNKI),检索健脾益气方的活性化学成分及进行靶点预测,在 UniProt 数据库(<https://www.uniprot.org>)<sup>[10]</sup>内规范靶点对应标准基因名。

1.2 健脾益气方与 SS 的交集靶点获取 以“Short Stature”为关键词,分别输入 GeneCards 数据库(<https://www.genecards.org>)<sup>[11]</sup>及 OMIM 数据库(<https://omim.org>)<sup>[12]</sup>检索 SS 的靶点,取健脾益气方与 SS 的交集靶点。

1.3 “健脾益气方一成分一靶点”网络构建及主要活性成分筛选 将健脾益气方与 SS 交集靶点及活性成分输入 Cytoscape 软件,利用 Analyze Network 功能进行拓扑分析,构建“健脾益气方一成分一靶点”网络,找出主要活性成分。

1.4 健脾益气方与 SS 交集靶点的 PPI 网络构建及核心靶点分析 将健脾益气方与 SS 的交集靶点上传至 STRING 数据库(<http://string-db.org>)<sup>[13]</sup>,获得蛋白质-蛋白质相互作用网络(PPI),Cytoscape 软件的 Analyze Network 功能对靶基因进行拓扑分析潜在靶点。

1.5 GO 功能和 KEGG 通路富集分析 将健脾益气方与 SS 的交集靶点导入 DAVID 数据库(<https://david.ncifcrf.gov>)<sup>[14]</sup>进行 GO 功能富集及 KEGG 通路富集分析。

1.6 分子对接 使用 AutoDock 软件对 1.3 筛选出

的主要活性成分及 1.4 分析出的潜在靶点进行分子对接,并利用 PyMOL 软件进行可视化分析。

## 2 网络药理学及分子对接结果

### 2.1 健脾益气方成分筛选及预测靶点 筛选、去重、

核对后最终确定健脾益气方共有 134 个成分,对 OB 值进行从大到小排序,前 50 的活性成分见表 1,最终确定作用靶点 256 个。

表 1 健脾益气方 OB 值前 50 活性成分

Mol ID	Molecule Name	OB(%)	Mol ID	Molecule Name	OB(%)
MOL002311	Glycerol	90.78	MOL005828	nobiletin	61.67
MOL005815	Citromitin	86.90	MOL004835	Glypallicalcone	61.60
MOL004990	7,2',4'-trihydroxy-5-methoxy-3-arylcoumarin	83.71	MOL004907	Glyzaglabrin	61.07
MOL000546	diosgenin	80.88	MOL001736	(-)-taxifolin	60.51
MOL004904	licopyranocoumarin	80.36	MOL005000	Gancaonin G	60.44
MOL004891	shinpterocarpin	80.30	MOL004824	(2S)-6-(2,4-dihydroxyphenyl)-2-(2-hydroxypropan-2-yl)-4-methoxy-2,3-dihydrofuro[3,2-g]chromen-7-one	60.25
MOL005017	Phaseol	78.77	MOL004849	3-(2,4-dihydroxyphenyl)-8-(1,1-dimethylprop-2-enyl)-7-hydroxy-5-methoxy-coumarin	59.62
MOL004841	Licochalcone B	76.76	MOL004328	naringenin	59.29
MOL004810	glyasperin F	75.84	MOL005430	hancinone C	59.05
MOL001484	Inermine	75.18	MOL005003	Licoagrocarpin	58.81
MOL000378	7-O-methylisomucronulatol	74.69	MOL004838	8-(6-hydroxy-2-benzofuranyl)-2,2-dimethyl-5-chromenol	58.44
MOL000500	Vestitol	74.66	MOL005012	Licoagroisoflavone	57.28
MOL005007	Glyasperins M	72.67	MOL000211	Mairin	55.38
MOL004941	(2R)-7-hydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)chroman-4-one	71.12	MOL005018	Xambioona	54.85
MOL004959	1-Methoxyphaseollidin	69.98	MOL000322	Kadsurenone	54.72
MOL000392	formononetin	69.67	MOL000049	3 $\beta$ -acetoxyatractylone	54.07
MOL000433	FA	68.96	MOL005020	dehydroglyasperins C	53.82
MOL004863	3-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-8-(3-methylbut-2-enyl)chromone	66.37	MOL004993	8-prenylated eriodictyol	53.79
MOL004903	liquiritin	65.69	MOL000371	3,9-di-O-methylnisoslin	53.74
MOL004808	glyasperin B	65.22	MOL004908	Glabridin	53.25
MOL004829	Glepidotin B	64.46	MOL004910	Glabranin	52.90
MOL000380	(6aR,11aR)-9,10-dimethoxy-6a,11a-dihydro-6H-benzofurano[3,2-c]chromen-3-ol	64.26	MOL004879	Glycyrin	52.61
MOL004855	Licoricone	63.58	MOL004912	Glabrone	52.51
MOL000022	14-acetyl-12-senecioid-2E,8Z,10E-atractylentriol	63.37	MOL004885	lcoisoflavanone	52.47
MOL004914	1,3-dihydroxy-8,9-dimethoxy-6-benzofurano[3,2-c]chromenone	62.90	MOL003656	Lupiwighteone	51.64

2.2 健脾益气方与 SS 的交集靶点获取 通过对数据库检索并删除重复靶点后,获得 SS 共计 9 509 个靶点,获得健脾益气方与 SS 的交集靶点 209 个,见图 1。

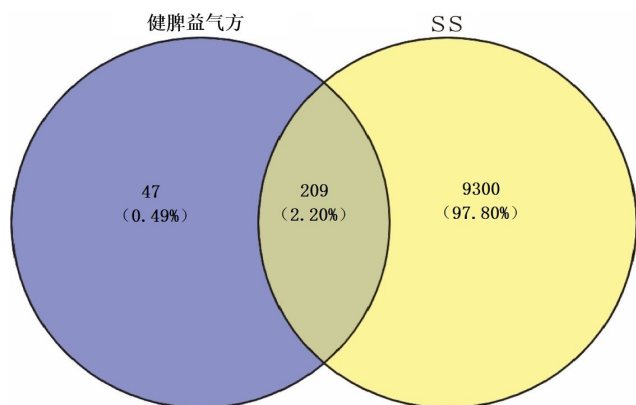


图 1 健脾益气方与 SS 的交集靶点韦恩图

2.3 “健脾益气方—成分—靶点”网络构建及主要活性成分筛选 根据上述结果,构建“健脾益气方—成分—靶点”网络,结果示 399 个节点和 1 003 条边(10 种药物、150 种活性成分及 853 个交集靶点),quercetin(槲皮素)、luteolin(木犀草素)、kaempferol(山奈酚)为关联靶点数排在前 3 位的主要活性成分,“健脾益气方—成分—靶点”网络见图 2。

2.4 健脾益气方与 SS 交集靶点的 PPI 网络构建及核心靶点分析 将健脾益气方与 SS 交集靶点输入 STRING 数据库,获得包含 208 个节点和 800 条边的 PPI 网络(孤立靶点 24 个),详见图 3。然后利用 Cytoscape 进行拓扑分析后获得一个具有 166 个节点、1 576 条边的核心网络,Analyze Network 计算靶点度值排在前 3 名的靶点分别是 STAT3、AKT1、MAPK3,见图 4。

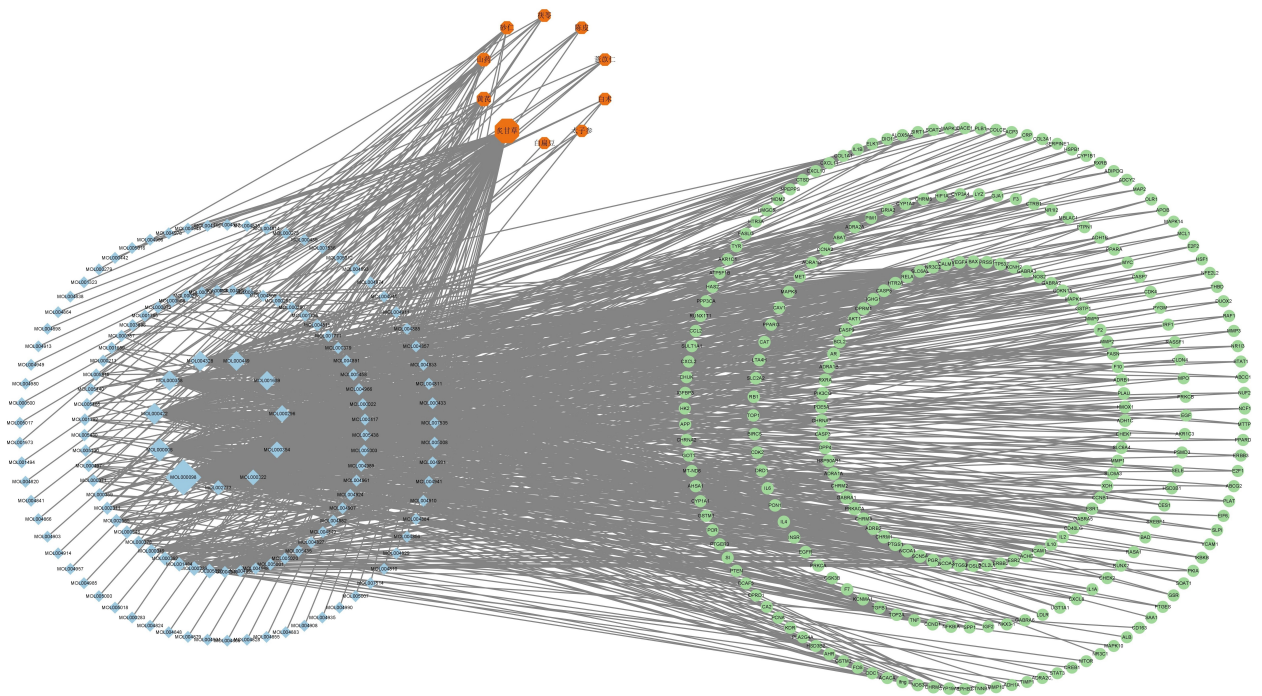


图 2 健脾益气方一成分一靶点网络图

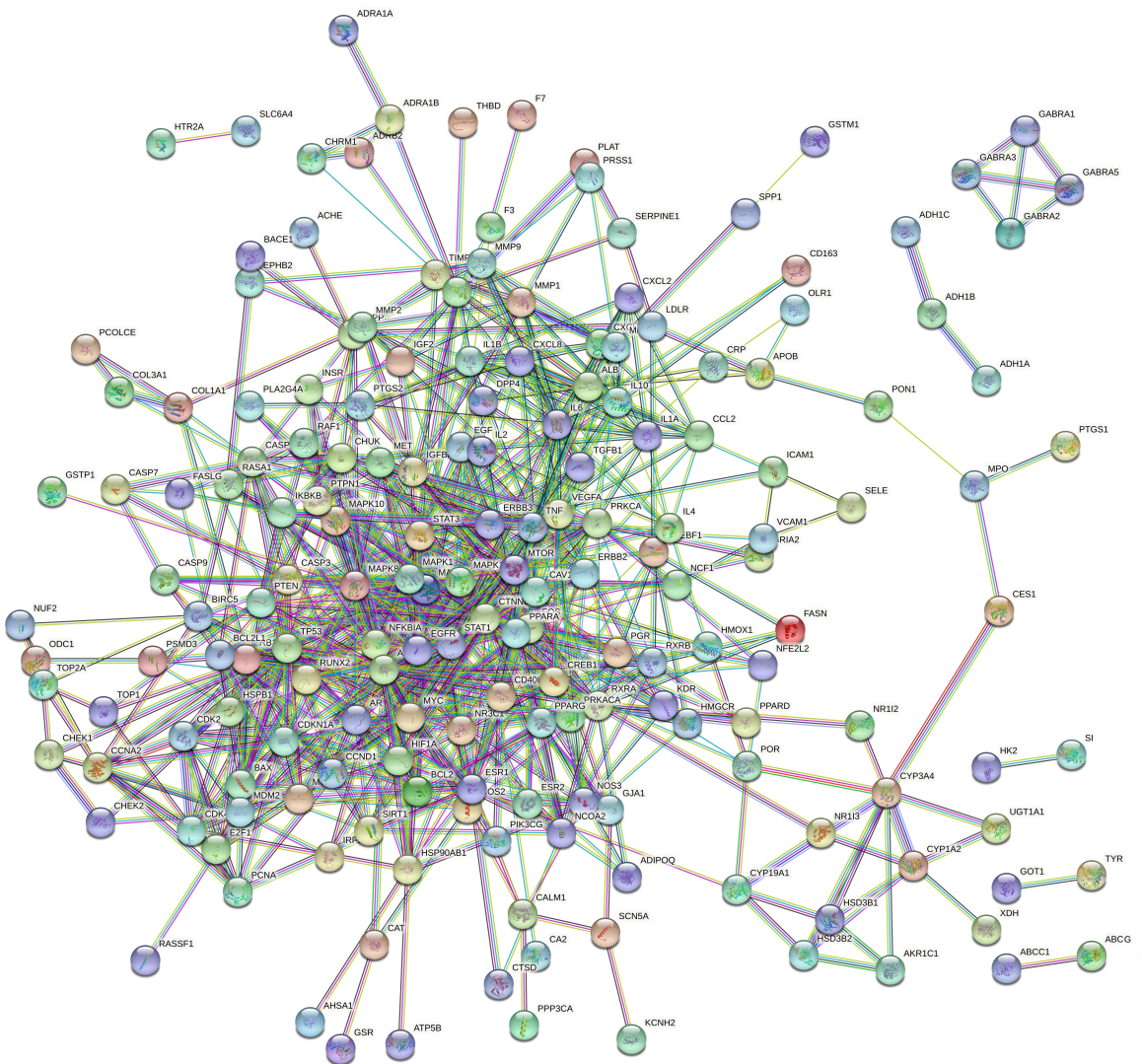
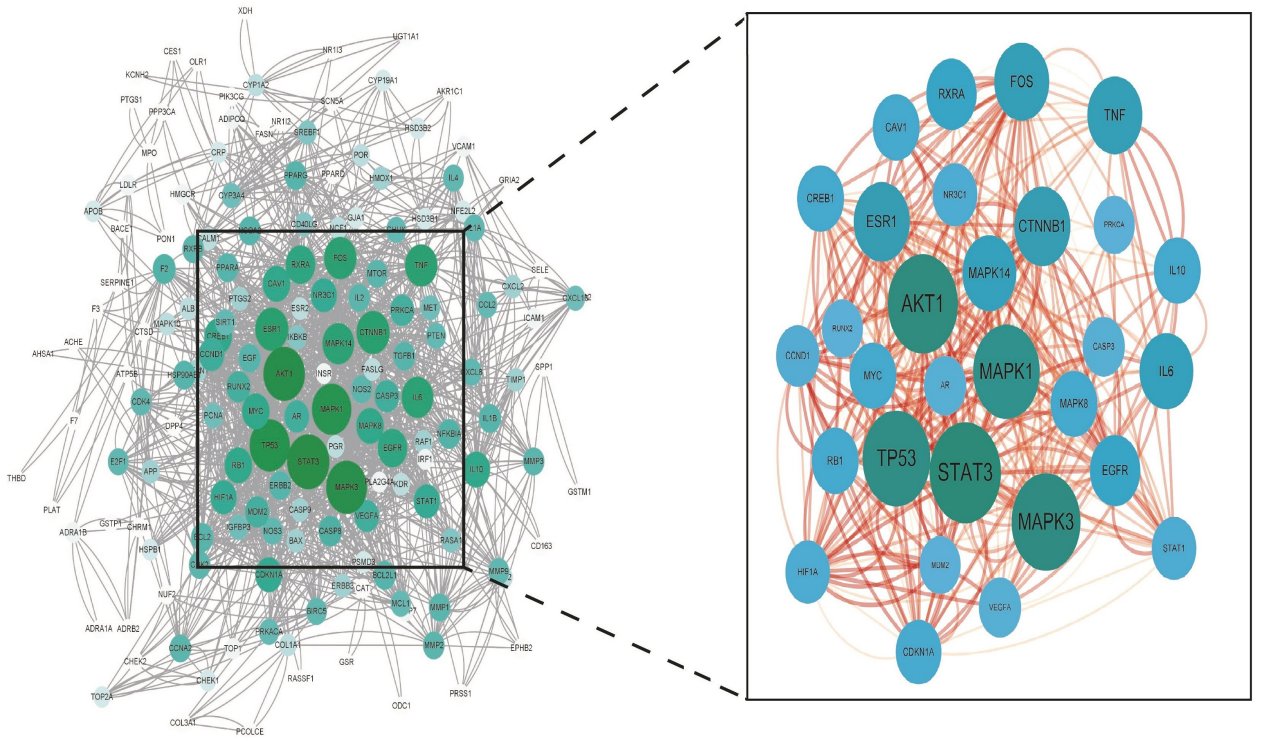


图 3 PPI 网络图



注：节点大小、颜色深浅、透明度代表度值大小，边粗细及透明度代表靶点间关联性强弱。

图 4 健脾益气方与 SS 交集靶点 PPI 图

2.5 GO 功能和 KEGG 通路富集分析 健脾益气方与 SS 交集靶点 GO 功能富集分析, 结果为 898 条 ( $P < 0.05$ )。其中主要影响生物过程(BP)675 条, 主要包括 RNA 聚合酶 II 启动子转录的正调控等; 细胞的组成(CC)91 条, 主要包括质膜等; 分子功能(MF)132 条, 主要包括蛋白质结合等。依据  $P$  值及涉及靶点数量

的多少, 排名前 20 绘制图 5。健脾益气方与 SS 交集靶点 KEGG 通路富集分析, 结果 180 条 ( $P < 0.05$ ), 涉及 PI3K-Akt 信号通路和脂质与动脉粥样硬化等, 依据  $P$  值及涉及靶点数量, 排名前 20 的通路绘制图 6。

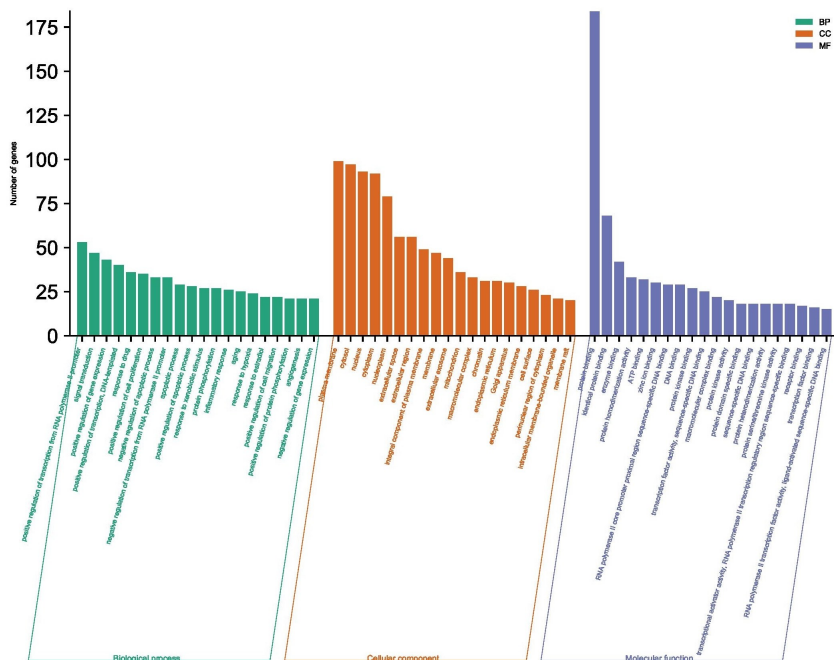


图 5 GO 功能富集 BP、CC、MF 三合一柱状图

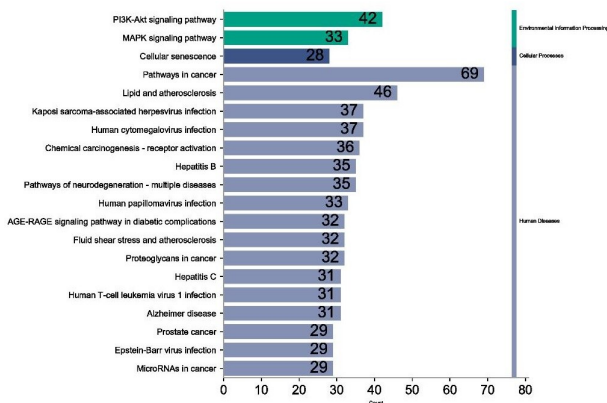
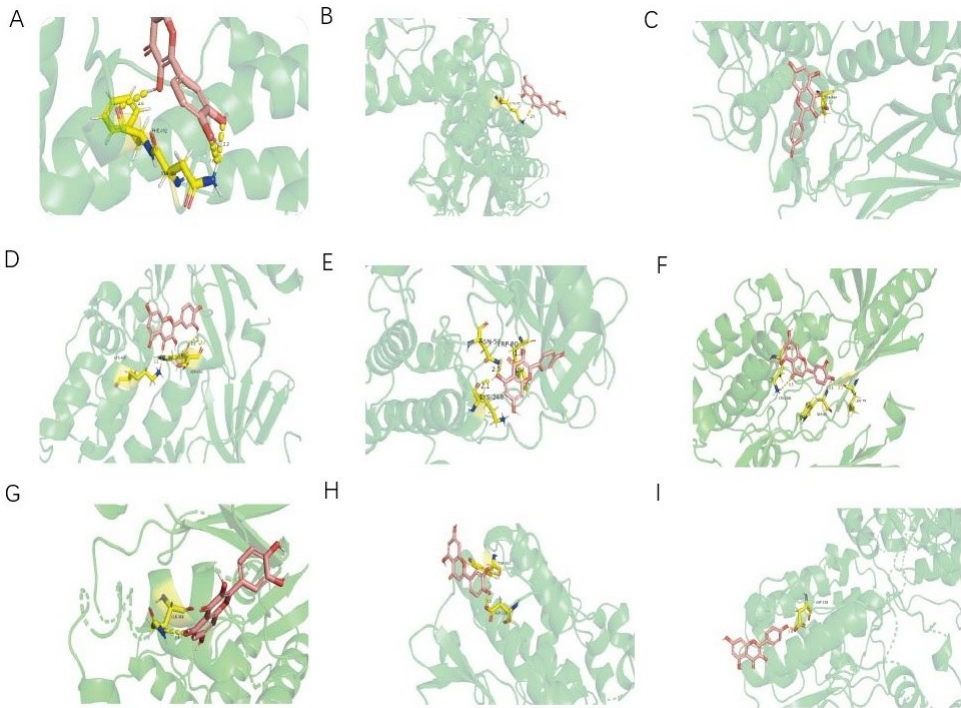


图 6 KEGG 通路富集结果分类图

2.6 分子对接 运用 AutoDock 对 2.3 及 2.4 结果进行分子对接,结果显示对接结合能均 $<0$ ,分子对接结果见表 2,利用 PyMOL 对上述分子对接进行可视化分析,具体如图 7。

靶点	quercetin	luteolin	kaempferol
STAT3	-1.59	-2.56	-2.23
AKT1	-2.95	-3.27	-3.00
MAPK3	-2.10	-2.83	-2.62



注:A:STAT3-quercetin;B:STAT3-luteolin;C:STAT-3kaempferol;D:AKT1-quercetin;E:AKT1-luteolin;F:AKT1-kaempferol;G:MAPK3-quercetin;H:MAPK3-luteolin;I:MAPK3-kaempferol。

图 7 分子对接可视化图

### 3 讨论

随着社会进步与经济发展,人们对生活质量的追求与以往相比有显著的不同,小儿 SS 作为当今的社会热点问题之一,给家长及儿童带来了极大的困扰,身高、身材的相对缺陷不仅对小儿的生理发育造成不可逆的伤害,同时对儿童心理也产生长远的负面影响,当下主流的注射生长激素纠正身高的治疗方案也在不同程度上增加了家庭的经济负担。因此家长需理智的、科学的看待小儿 SS,医生则更需寻求疗效更好、安全系数更高、更为简便廉宜的治疗方法。目前小儿 SS 的治疗选择依然有限,为此需要发挥中医药特色在小儿 SS“防、治、康”中的作用,现代名老中医立足于中医理论,传承古人经验,结合现代临床,守正创新。

尚莉丽教授基于小儿生理病理特点,结合其大量临床实践,总结认为,小儿 SS 病因主要由于“先天不足、后天失养”,病位主要责之脾、肾,“脾为生痰之源”,加之当下儿童饮食多欠均衡,中焦运化失常多生痰饮、阻碍气机,进而形成恶性循环。因此,尚教授强调治疗应当健脾、化湿、益气并重,以“健脾固本、调畅气机”治疗大法,选取《古今医鉴》中的参苓白术散为基础方进行加减化裁,总结临床验方——健脾益气方。

该方以黄芪为君药,取其补气升阳、固表止汗之效<sup>[15]</sup>,研究发现<sup>[16]</sup>,黄芪提取物黄芪甲苷可通过提高 IL-2、IFN- $\gamma$  的表达,增强机体免疫功能。方中用太子参替换原方中的人参,药性更为平和、更适合小儿“稚阴稚阳”的体质,可益气健脾、生津润肺,其提取物太子

参多糖被证实可以增强肠道黏膜免疫反应<sup>[17]</sup>。茯苓健脾利湿,茯苓多糖可调节肠道菌群、增强肠道抗氧化能力及免疫<sup>[18-19]</sup>,白术补气健脾,燥湿利水,可改善免疫功能、调节肠道菌群、减少促炎因子释放、抗氧化、抗炎、抗病毒及对多器官的功能性保护等<sup>[20-21]</sup>。太子参、白术、茯苓三者共为臣药,合用益气健脾燥湿的同时保护阴津,以防升燥过度。白扁豆可健脾化湿,研究提示白扁豆中提取的非淀粉多糖 NS-DLP 发现其具有抗氧化作用及抑菌功效<sup>[22]</sup>。陈皮有理气健脾,燥湿化痰之功,通过诱导脾虚大鼠模型,发现陈皮有促进胃肠运动的功用<sup>[23]</sup>,同时研究发现其还具有抗氧化、抗炎、增强肠道防御功能<sup>[23]</sup>。砂仁化湿开胃,现代通过对砂仁不同部位研究<sup>[24-25]</sup>发现其具有调节胃肠道功能、保护胃黏膜、调节肠道菌群、抗肠道炎症及止泻等作用。三者通过理气、化湿、益气不同角度分化水湿、痰饮,使得气机调达、阴平阳秘,兼补肺脾肾,不忘扶正固本。薏苡仁可利水渗湿,麸炒薏苡仁可能通过调控 NETs 及紧密连接蛋白的表达从而抗炎、修复肠道黏膜屏障等作用<sup>[26]</sup>;其油脂成分被证明可增强免疫力<sup>[27]</sup>。山药可益气养阴,补肺脾肾,现代研究<sup>[28]</sup>发现其具有改善胃肠功能、抗氧化、降糖调脂及增强免疫等作用。甘草可补中缓急、调和药性之效,炮制后的甘草具有补中缓急之效,故选此方选用炙甘草,现代研究<sup>[29]</sup>发现其具有调节免疫、抗炎、抗抑郁等的作用。综合以上单味药物的现代药理学研究,可见健脾益气方可以通过增强免疫、抗炎抗氧化改善小儿内环境,并通过调节肠道菌群、改善胃肠功能来促进营养吸收,从而可能为小儿 SS 的生长发育创造更有利条件。

本研究运用生物信息技术,基于健脾益气方与 SS 的共同靶点,分析其核心靶点、主要活性成分及通路,并以此探讨健脾益气方治疗 SS 的潜在作用机制。健脾益气方与 SS 之间关联密切的主要活性成分为 Quercetin、Luteolin、Kaempferol。Quercetin 可以加强细胞内 SOD、CAT 和 GSH-Px 活性,保护氧化应激的肝细胞损伤,维系抗氧化系统的稳定,维持机体健康,其衍生物可促进肝脏代谢,降低血脂<sup>[30-31]</sup>。Luteolin 的酚羟基能与自由基发生抽氢反应,继之清除自由基的,从而具有抗氧化能力<sup>[32]</sup>。通过分析 PPI 网络,发现 STAT3、AKT1、MAPK3 等是健脾益气方治疗 SS 的潜在核心靶点。细胞外分子、细胞因子、白细胞介素及生长因子可激活 STAT 蛋白,STAT 信号通路被发现可参与增殖、分化和迁移等细胞过程<sup>[33]</sup>。有研究发现<sup>[34-35]</sup>,STAT3 可与 GH-IGF-1 通路中的生长激素受体相结合,诱导 STAT3 酪氨酸磷酸化,然后转移到细胞核内,与相对应的 DNA 反应元件从而发生转录。AKT1 分布在广泛的组织中,通过磷酸化后完全

激活,从而激活下游因子,进一步调节细胞生长,增殖及凋亡<sup>[36-38]</sup>。MAPK3 存在于脂肪组织中,与代谢性疾病的关系密切<sup>[39]</sup>。GO 功能和 KEGG 通路分析显示,健脾益气方治疗 SS 主要涉及 RNA 聚合酶 II 启动子转录的正调控等生物过程;通路主要富集在癌症的途径、脂质与动脉粥样硬化、PI3K-Akt 信号通路等等。动物实验研究发现,Luteolin 能通过 PI3K-Akt 信号通路调节免疫功能,进一步促进肺癌模型大鼠免疫器官的生长发育<sup>[40]</sup>。通过分子对接分析发现,健脾益气方与 SS 交集的核心靶点 STAT3、AKT1、MAPK3 与主要活性成分 Quercetin、Luteolin、Kaempferol 均有较强的结合活性,可以表明健脾益气方治疗 SS 的核心靶点与主要活性成分有良好的亲和力。

综上所述,健脾益气方中的主要成分 Quercetin、Luteolin、Kaempferol 可与 STAT3、AKT1、MAPK3 等核心靶点结合激活 PI3K-Akt、GH-IGF-1 通路等信号通路,从而抑制氧化应激,增强机体抗氧化能力,同时可与体内生长激素受体相结合,促进细胞生长,增强免疫能力。验证了健脾益气方基于“脾胃为本,气机为重”的学术思想治疗小儿 SS,网络药理基于现有的数据库及相关文献,相对单一、简单,在今后的研究中可以加上体内外实验研究,以此更进一步的探究健脾益气方对 SS 的治疗作用。

#### 参考文献:

- [1] POLIDORI N, CASTORANI V, MOHN A, et al. Deciphering short stature in children[J]. *Ann Pediatr Endocrinol Metab*, 2020, 25(2): 69-79.
- [2] EL-SHAFIE A M, KASEMY Z A, OMAR Z A, et al. Prevalence of short stature and malnutrition among Egyptian primary school children and their coexistence with Anemia[J]. *Ital J Pediatr*, 2020, 46(1): 91.
- [3] KAYEMBA-KAY'S S, MAILLET O, HINDMARSH P, et al. Growth screening in children aged 3-5 years: a useful tool for public health programs in community pediatrics [J]. *J Pediatr Endocrinol Metab*, 2019, 32(7): 727-732.
- [4] LI FL, LIU K, ZHAO QL, et al. Prevalence of short stature among children in China: a systematic review[J]. *Pediatr Investig*, 2021, 5(2): 140-147.
- [5] 刘应科, 张知新, 魏飞跃. “矮小症”命名考[J]. *中医药文化*, 2012, 7(3): 30-31.
- [6] 廖燕. 身材矮小儿童病因的研究进展[J]. *广东医学*, 2016, 37(3): 460-462.
- [7] 孟桓申, 王雪峰. 儿童矮小症病因的现代文献分析[J]. *中国中西医结合儿科学*, 2013, 5(6): 494-495.
- [8] 张翠, 王明月. 数据挖掘中医药治疗矮身材儿童用药规律[J]. *中医临床研究*, 2022, 14(13): 22-25.
- [9] RU J L, LI P, WANG J N, et al. TCMSp: a database of

- systems pharmacology for drug discovery from herbal medicines[J]. *J Cheminf*, 2014, 6(1):13.
- [10] UNIPROT CONSORTIUM. UniProt: the universal protein knowledgebase in 2021[J]. *Nucleic Acids Res*, 2021, 49(D1):D480-D489.
- [11] STELZER G, ROSEN N, PLASCHKES I, et al. The GeneCards suite: from gene data mining to disease genome sequence analyses[J]. *CP Bioinformatics*, 2016, 54(1):1. 30. 1-1. 30. 33.
- [12] AMBERGER J S, HAMOSH A. Searching online Mendelian inheritance in man (OMIM): a knowledgebase of human genes and genetic phenotypes [J]. *Curr Protoc Bioinform*, 2017, 58(1):1. 2. 1-1. 2. 12.
- [13] SZKLARCZYK D, GABLE A L, LYON D, et al. STRING v11: protein-protein association networks with increased coverage, supporting functional discovery in genome-wide experimental datasets [J]. *Nucleic Acids Res*, 2019, 47(D1):D607-D613.
- [14] JIAO X L, SHERMAN B T, HUANG D W, et al. DAVID-WS a stateful web service to facilitate gene/protein list analysis [J]. *Bioinformatics*, 2012, 28(13):1805-1806.
- [15] 王超楠, 高军, 程东岩, 等. 黄芪基于经典名方物质基准的质量控制进展[J]. *中华中医药学刊*, 2022, 40(10):44-50.
- [16] 胡逸中, 薛征, 胡扬. 黄芪甲苷对环磷酰胺所致免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J]. *时珍国医国药*, 2021, 32(8):1843-1844.
- [17] 赵佳梅, 杜莹莹, 曾丽, 等. 太子参多糖对 OVA 免疫小鼠肠道免疫应答能力的影响[J]. *福建农林大学学报: 自然科学版*, 2024, 53(6):772-778.
- [18] 李环, 戴德嘉, 黄康萍, 等. 茯苓多糖对玉米赤霉烯酮诱导小鼠肠损伤的保护作用[J]. *饲料研究*, 2025, 48(20):97-103.
- [19] 于海涛, 夏树立, 吴鹏飞, 等. 茯苓多糖对肉仔鸡生长性能、血常规、血清生化指标、免疫、抗氧化功能及抗体效价的影响[J]. *饲料研究*, 2025, 48(19):66-72.
- [20] WANG Y, SU J, GAO S, et al. The ultrafine powder of *Atractylodes macrocephalae* rhizoma improves immune function in naturally aging rats by regulating the PI3K/Akt/NF- $\kappa$ B signaling pathway [J]. *Front Pharmacol*, 2025, 16:1550357.
- [21] 王天, 胡佳丽, 杨舟, 等. 白术的化学成分及药理作用研究进展[J]. *环球中医药*, 2025, 18(11):2456-2466.
- [22] 尹术华, 吴文英, 宋也好, 等. 白扁豆非淀粉多糖的理化性质、抗氧化活性及其抑菌性能[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(19):39-44.
- [23] 段新屹, 兰昀羲, 沈龙宇, 等. 异功散中陈皮对脾虚大鼠 MTL 分泌和人参皂苷 Rb1 药动学影响及 PK-PD 相关性分析[J]. *时珍国医国药*, 2024, 35(7):1781-1786.
- [24] 张超. 陈皮陈化机制及其生物活性研究进展 [J/OL]. *食品科学*, 1-15[2025-11-06].
- [25] 区展龙, 张悦, 王雪纯, 等. 春砂仁不同部位化学成分、药理作用及临床应用研究进展[J]. *亚太传统医药*, 2025, 21(12):238-243.
- [26] 吴庆林, 孙佳婷, 马京男, 等. 麸炒薏苡仁通过调控中性粒细胞胞外诱捕网对溃疡性结肠炎小鼠的改善作用[J]. *中成药*, 2025, 47(9):3073-3079.
- [27] 周岩飞, 金凌云, 王琼, 等. 薏苡仁油对小鼠免疫功能影响的研究[J]. *中国油脂*, 2018, 43(10):77-81.
- [28] 陈梦雨, 刘伟, 俞桂新, 等. 山药化学成分与药理活性研究进展[J]. *中医药学报*, 2020, 48(2):62-66.
- [29] 何免. 甘草水煎剂中 miRNA 的提取、高通量测序及对免疫细胞的影响研究[D]. 广州: 广东药学院, 2015.
- [30] 夏鑫. 桑叶提取物对小鼠生长性能、抗氧化、免疫功能及体外抑菌的作用研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2020.
- [31] 沈钦海, 秦召敏, 刘丽, 等. 槲皮素对肝细胞氧化应激损伤的保护作用[J]. *天津医药*, 2015, 43(10):1100-1103.
- [32] 韩宁馨, 孙雅丽, 盛帅, 等. 木犀草素对氧化应激和炎症的调控机制[J]. *动物营养学报*, 2022, 34(5):2856-2861.
- [33] 李海霞. 基于 JAK1/STAT3 信号通路探讨生长激素改善胚胎着床障碍的分子机制[D]. 广州: 南方医科大学, 2024.
- [34] LIAO J, XU T, ZHENG J X, et al. Nitidine chloride inhibits hepatocellular carcinoma cell growth in vivo through the suppression of the JAK1/STAT3 signaling pathway[J]. *Int J Mol Med*, 2013, 32(1):79-84.
- [35] 王伟, 蔡丽霞, 崔志瑞, 等. 特发性矮小患儿血中 p53 及 p21waf/cip1 的表达[J]. *郑州大学学报: 医学版*, 2015, 50(2):191-193.
- [36] FAYARD E, XUE G D, PARCELLIER A, et al. Protein kinase B (PKB/Akt), a key mediator of the PI3K signaling pathway [J]. *Curr Top Microbiol Immunol*, 2010, 346:31-56.
- [37] 曹中喆. PI3K/Akt/mTOR 及其下游通路在 PRL 垂体腺瘤中的表达及意义[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2013.
- [38] 邹璋玥, 张伟健, 陈宇, 等. 基于网络药理学与分子对接探讨虫草素治疗舌鳞状细胞癌的作用机制[J]. *右江民族医学院学报*, 2025, 47(4):583-590, 599.
- [39] KASSOUF T, SUMARA G. Impact of conventional and atypical MAPKs on the development of metabolic diseases[J]. *Biomolecules*, 2020, 10(9):1256.
- [40] 周亮, 乔印玲, 王莉, 等. 木犀草素通过抑制 PTEN PI3K-AKT 信号通路以及对免疫功能的调节作用介导对肺癌模型大鼠的干预研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2017, 29(12):2128-2133, 2140.

收稿日期: 2025-11-30; 修回日期: 2026-01-14

(本文编辑 覃黎黎)