DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.08.028

白术及其药对研究进展

陈果[1],樊梅[2],孙华政[1],田婷婷[1],金莲[1],吴珍珍[1],杨柱[1],唐东昕[1]
(1.贵州中医药大学,贵州 贵阳 550001;2.贵州中医药大学第一附属医院,贵州 贵阳 550001)

摘要:白术是临床常用的补虚药,具有健脾益气、燥湿利水、止汗、安胎的功能,白术及其药对在中医方剂搭配中的使用历来是医家探讨的热点。围绕白术的药理作用以及常用的白术-苍术、白术-党参、白术-麻黄、白术-柴胡、白术-茯苓、白术-黄芩等药对的网络药理学,以及中国知网(CNKI)中常用的白术-枳实、白术-茯苓、白术-党参、白术-黄芩、白术-苍术等药对配伍的临床应用与现代实验研究进行综述,以期系统揭示白术及其药对的应用内涵,并为其临床应用的科学性提供参考借鉴。

关键词:白术;药对;药理研究;临床应用;研究进展
中图分类号:R282.71 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)08-0134-06

Research Progress on Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma) and Its Drug Pairs

CHEN Guo[1],FAN Mei[2],SUN Huazheng[1],TIAN Tingting[1],JIN Lian[1],
WU Zhenzhen[1],YANG Zhu[1],TANG Dongxin[1]
(1.Guizhou University of Traditional Chinese Medicine,Guiyang 550001,Guizhou,China;
2.The First Affiliated Hospital of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine,Guiyang 550001,Guizhou,China)

Abstract:Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma) is a commonly used tonic drug in clinical practice. It has the functions of invigorating spleen and replenishing Qi,drying dampness and promoting urination,stopping sweating and preventing abortion. The use of Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma) and its drug pairs in the combination of traditional Chinese medicine prescriptions has always been the focus of discussion among doctors. The article reviewed the pharmacological effects of Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma) and the network pharmacology of commonly used drug pairs such as Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Cangzhu(Atractylodis Rhizoma),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Dangshen(Codonopsis Radix),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Mahuang(Ephedrae Herba),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Chaihu(Bupleuri Radix),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Fuling(Poria),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Huangqin(Scutellariae Radix) as well as the clinical application and modern experimental research on the compatibility of drug pairs such as Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Zhishi(Aurantii Fructus Immaturus),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Fuling(Poria),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Dangshen(Codonopsis Radix),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Huangqin(Scutellariae Radix),Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma)-Cangzhu(Atractylodis Rhizoma) commonly found in China National Knowledge Infrastructure(CNKI),in order to systematically reveal the application connotations of Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma) and its drug pairs and provide reference for the scientific nature of its clinical application.

Keywords:Baizhu(Atractylodis Macrocephalae Rhizoma);drug pair;pharmacological research;clinical application;research progress

白术又名山蓟、山精,为菊科苍术属植物白术(Atractylodes macrocephala Koidz)的干燥根茎,味苦、甘,性温,归脾、胃经。《本草纲目》记载:“白术,乃扶植脾胃,消食除痞之要药也,治脾虚泄泻……自汗,胎动不安”,主要有健脾益气、燥湿利水、止汗、安胎等功效。白术的主要成分包括多糖、挥发油、黄酮类化合物以及蛋白质和微量元素等[1]。此外,白术还被广泛用于改善消化功能,调节内分泌,促进新陈代谢,对维持身体健康具有积极的影响[2]。其药用价值在中医领域备受重视,常用于治疗脾虚、食欲不振等症状,具有显著的疗效。药物配对使用是中药的传统应用形式,具有增效减毒、拓宽应用范围等作用,因此临床使用过程中,中药常常以搭配形式出现。同时,对药物配对后的疗效及成分的研究也是目前最多的基础及临床研究。文章总结了白术及其药对配伍的各类研究现状,为白术配伍理论的研究提供借鉴与参考。

基金项目:国家自然科学基金地区基金面上项目(82274610);国家重点研发计划项目(分中心协议 k2022-025);贵州省教育厅项目(黔教技〔2023〕037号)
作者简介:陈果(1994-),男(仡佬族),贵州遵义人,博士在读,研究方向:中医药(民族医药)防治肿瘤的基础研究及临床转化。
通讯作者:唐东昕(1977-),男(土家族),贵州遵义人,主任医师、教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中医药(民族医药)防治肿瘤的基础研究及临床转化。E-mail:tangdongxin@sina.com。

1 白术的药理作用

1.1 抗肿瘤作用

CHEN T Q等[3]研究发现,白术的根茎中分离出的聚乙炔3-6能促进结直肠癌CT-26细胞系凋亡,表明聚乙炔3-6可能具有治疗结直肠癌的前景。FAN M等[4]发现从白术中分离的天然倍半萜内酯术内酯I(Sesquiterpene lactone,AI)显著改善了C26荷瘤小鼠的癌症恶病质症状,其机制与降低细胞外囊泡分泌物(Extracellular vesicle secretion,EVs)和血清白细胞介素(interleukin,IL)-6水平相关。ZHU Y等[5]发现白术多糖(Atractylodes macrocephalaon polysaccharide,PAM)能显著降低肿瘤细胞活力、迁移细胞数量以及β-catenin和MMP-2的表达水平,并明显抑制细胞中AKT和GSK-3β的磷酸化水平,表明PAM可能通过抑制Wnt/β-catenin信号通路抑制肝细胞癌细胞的增殖和侵袭。WANG M X等[6]发现白术提取物Ⅲ(Atractylodes macrocephala extract Ⅲ,ATL Ⅲ)能下调胰岛素样生长因子2 mRNA结合蛋白3(Insulin-like growth factor 2 mRNA binding protein 3,IGF2BP3),还发现ATL Ⅲ能促进宫颈癌细胞的凋亡并调节上皮-间质转化(Epithelial-mesenchymal transition,EMT),并且IGF2BP3是HeLa和SiHa细胞中ATL Ⅲ的常见靶基因,表明ATL Ⅲ通过调节IGF2BP3来抑制宫颈癌细胞的迁移和侵袭。赵云辉等[7]观察了白术内酯Ⅱ(Atractylenolide Ⅱ,AT-Ⅱ)对Lewis肺癌小鼠JAK2/STAT3/PDL1通路的影响,结果显示AT-Ⅱ能够基于JAK2/STAT3通路调控PDL1表达,影响Lewis肺癌小鼠肿瘤组织细胞凋亡。

1.2 抗炎作用

LIN Q W等[8]观察到白术能保护利用高脂肪、高糖和高盐饮食诱导的大鼠免受血液高黏滞血症的影响,显著下调结肠组织中Toll样受体-4以及肝组织中IL-6等因子表达,其机制可能是通过修复肠道屏障和抑制LPS/TLR4相关的肝脏炎症激活,进而下调IL-6/STAT3/ESRRG通路抑制纤维蛋白原合成。CHEN J Y等[9]研究发现,PAM可以减轻非酒精性脂肪性肝病引起的小鼠肝细胞脂肪变性和损伤、氧化应激和肝脏炎症反应。YUAN C Z等[10]发现白术中的PAM能通过抑制肿瘤坏死因子-α(Tumor necrosis factor-α,TNF-α)、IL-6、IL-1β和IL-18表达,进而抑制炎性小体信号通路并有效缓解局部炎症,从而改善大鼠胃溃疡的治疗效果。CHENG H等[11]研究表明,白术中提取的挥发油有望作为治疗溃疡性结肠炎的新型益生元,调节肠道菌群的组成和代谢可能是其药理机制。ZENG L L等[12]探讨了白术不同炮制方法对白术功效的影响,结果发现蜂蜜麸皮白术在改善急性胃溃疡大鼠胃组织病理结构、减少胃组织炎症细胞浸润等方面优于生白术和麸皮白术,同时也证实了白术对酒精诱导的急性胃溃疡大鼠具有保护作用,并且加工产品比生产品更有效。CHEN F Y等[13]研究了PAM对脂多糖(LPS)感染动物的肝脏炎症损伤的保护作用,结果显示PAMK可以缓解LPS诱导的炎症性肝组织损伤,其机制与通过miR-223/NLRP3轴下调炎症因子水平密切相关。YANG M J等[14]的研究首次阐明了PAM缓解DSS诱导的结肠炎的潜在机制与改善Th17/Treg细胞平衡有关,该研究为PAM治疗结肠炎的潜力提供了证据。李梅等[15]的研究表明PAM可减轻机体炎症反应,改善类风湿性关节炎(Rheumatoid arthritis,RA),其机制可能与抑制TLR4/NF-KB信号通路的活化有关。鲁慧东等[16]的研究表明白术内酯可以抑制JAK2/STAT3通路的激活,减轻溃疡性结肠炎的炎症反应,进一步改善溃疡性结肠炎所引发的肠道损伤。江勇等[17]探讨了PAM对重症急性胰腺炎(Severe acute pancreatitis,SAP)大鼠肠黏膜免疫屏障的保护作用及其机制,观察到白术多糖可改善SAP大鼠肠黏膜免疫屏障损伤,其机制可能与抑制TLR4/NF-κB信号通路活化有关。丁芮等[18]的研究则证实白术内酯Ⅲ能调控心肌细胞TRIM38-NAP之间的平衡,抑制下游RF3激活,减少线粒体ROS释放,促进抗炎信号传导,遏制炎症反应,进一步证实了白术的抗炎作用。

1.3 调节肠道菌群

FENG W W等[19]发现,PAM显著增加了葡聚糖硫酸钠(Dextran sulfate sodium,DSS)诱导的小鼠体质量并改善了结肠损伤,恢复了DSS诱导的受干扰的肠道微生物群组成。HE Z W等[20]从白术中分离出一种主要由果糖组成的异质酸性杂多糖,可以增加肠芳烃受体的表达,进而上调紧密连接蛋白、抗菌肽和黏蛋白的表达来降低全身性脂多糖,以改善肠道屏障功能。LI Y Z等[21]的研究证实了白术中杂多糖(Miscellaneous polysaccharides in atractylodes macrocephala,RAMP)能够调节小鼠肠道微生物的组成,调节脂质代谢进而抗衰老,为RAMP的抗衰老机制提供了新的见解。YANG H N等[22]将宏基因组学和代谢组学用于分析白术多糖对便秘小鼠模型中肠道微生物群和宿主代谢物的影响,结果显示白术多糖靶向菌株调节可以将肠道菌群调节到正常水平,达到治疗便秘的效果,拓展了其用途。CHEN L等[23]发现PAM通过调节5-羟色胺(5-hydroxytryptamine,5-HT)及其相关受体的表达,有效改善了小鼠脾虚便秘的症状,为白术治疗脾虚便秘的应用提供了坚实的理论基础,并为开发解决该病的新方法提供了潜力。WANG J等[24]发现白术精油和人参总皂苷联合使用显著改善了5-氟尿嘧啶诱导小鼠的腹泻,抑制了肠道病理发展,并调节了肠道微生物结构,且联合使用效果优于单独使用。此外,在空间环境下肠道菌群丰度会发生改变,失重对胃肠黏膜屏障功能可造成一定影响,王蓓[25]研究表明PAM可以缓解肠道菌群与机体感知与运动方面的影响,认为PAM可能作为以后航天员进行航天作业时的防护身体健康损害的一种药剂。

1.4 免疫调节

近年来,白术有效成分在医药行业、养殖等行业也进行了广泛研究,研究显示部分成分能显著调节机体免疫功能,维持机体内环境的稳定[26-28]。XU D N等[29]发现白术多糖硒和PAM可以改变在热应激条件下,细胞因子和氧化损伤的异常水平,从而改善HS诱导的损伤,表明其在免疫调节中的应用值得进一步研究。ZHANG C S等[30]研究证明,白术与甘草搭配后的提取物能通过调节家禽体内炎性细胞因子水平和抗氧化酶活性,提高模式动物的免疫和抗氧化能力。郁浩胜等[31]探索了PAMK对脂多糖处理雏鹅脾脏免疫损伤的保护作用,研究证实了白术多糖能够通过调节细胞因子和转录因子的表达水平,缓解雏鹅脾脏的炎症反应。师调调等[32]的研究同样证实,PAMK能够促进南海麻黄鸡免疫器官组织发育,增强免疫细胞分泌IL-2、TNF-α的能力,对免疫马立克氏病疫苗后的雏鸡在免疫机能和生长方面具有促进作用。

1.5 抗抑郁作用

部分研究证实,白术还具有一定的抗抑郁作用。卢杨

君[33]通过研究发现AMP能显著改善慢性不可预知应激模型(Chronic unpredictable mild stress,CUMS)抑郁小鼠的各项行为指标,显著回调CUMS抑郁小鼠脑内5-HT、NE、DA水平,表明AMP通过调节脑-肠轴和HPA轴的多靶点作用,展现出对抗抑郁样行为的潜在治疗作用。ZHOU Y等[34]研究发现慢性ATⅢ给药(30 mg/kg. ig),对LPS诱导的急性抑郁模型大鼠和CUMS诱导的抑郁模型大鼠均有显著的抗抑郁和抗焦虑作用,机制可能与调节海马脑区的炎症因子TNF-α、IL-6和IL-1β相关。

1.6 调节神经系统

XUE M T等[35]发现AT-Ⅲ有效改善脊髓损伤(Spinal cord injury,SCI)大鼠的组织学和功能恢复。该研究揭示了AT-Ⅲ在调节小胶质细胞/巨噬细胞极化中的新作用,并提供了ATL-Ⅲ对SCI大鼠具有潜在治疗益处的初步证据。JI Z H等[36]评价了白术内酯对D-半乳糖诱导的记忆障碍的神经保护作用,发现其可能与减少活性氧形成来减轻氧化损伤、降低乙酰胆碱酯酶(Acetylcholinesterase,AChE)活性来恢复胆碱能神经传递,以及增加记忆相关蛋白的表达有关,表明白术内酯可能对衰老相关的记忆障碍具有治疗潜力。ZHOU K C等[37]发现白术内酯Ⅲ能够通过抑制神经炎症来减少与缺血相关的并发症,机制由小胶质细胞中JAK2/STAT3依赖性线粒体裂变介导的。谢泳超[38]研究证实双白术内酯对谷氨酸诱导的SH-SY5Y细胞和PC12细胞损伤呈浓度依赖性保护作用,其作用机制可能是通过抑制PI3K-AKT-GSK3β通路发挥保护作用。蒋彦娉[39]发现白术水煎剂对H_2O_2诱导的小鼠脑微血管内皮细胞bEnd.3细胞凋亡起到保护作用,且原因可能是其在凋亡路径中起到抑制作用。

2 白术药对的临床应用

2.1 基于网络药理学的临床应用

网络药理学作为融合系统生物学与多学科的新兴学科,以系统生物学理论为基础构建药物-靶点-疾病网络。其通过整合多组学数据,从系统层面阐释药物对疾病的干预机制。鉴于药物的多成分、多靶点特性,该学科能够揭示药物治疗疾病的复杂机制,为预测药物疗效和不良反应提供支持,同时为药物研发提供新的方向与策略,有力推动精准医疗的发展,具有广阔的应用前景。

尹存林等[40]运用网络药理学初探"白术-莪术"对肺癌的作用机制,发现两者共同靶点92个;基因本体分析(Gene Ontology,GO)涉及细胞信号传导、细胞膜、转录因子结合等;京都基因与基因组百科全书富集分析(Kyoto encyclopedia of genes and genomes enrichment analysis,KEGG)涉及癌症通路、PI3K-Akt信号通路、RAS信号通路等。邓张亦婷等[41]运用网络药理学及转录组学分析发现"白术-苍术"药对所含3β-醋酸基白术酮、汉黄芩素、3β-乙酰氧基苍术酮等成分为其治疗高脂血症的潜在活性成分,过氧化物酶体增殖物激活受体信号通路相关PPARγ、脂肪酸结合蛋白4(Fatty acid-binding protein,FABP4)为其潜在调节通路和作用靶点。张靓等[42]运用网络药理学,筛选出"白术-党参"药对与胃癌相关的交集基因有94个,涉及21种有效成分,通过拓扑分析得出雌激素受体1(Estrogen receptor 1,ESR 1)、热休克蛋白90α家族A类成员1(Heat shock protein 90 alpha family A-class member 1,HSP90AA1)等可能是其治疗胃癌的关键靶点。范彩莲等[43]运用网络药理学研究"白术-菟丝子"药对治疗多囊卵巢综合征的分子机制,得到共同靶点136个,其作用途径包括AGE-RAGE信号通路、IL-17信号通路、MAPK信号通路等。金士杰[44]通过网络药理学发现,"柴胡-白术"药对治疗阿尔茨海默病有40个关键靶点,GO富集分析得到313条信号条目,KEGG富集分析得到104条信号通路。黄锦桢[45]利用网络药理学发现"茯苓-白术"药对与非酒精性脂肪性肝病共有88个交集靶点。GO富集主要涉及类固醇激素介导的信号通路、RNA聚合酶Ⅱ对转录的正调控等;KEGG分析主要与胰岛素信号通路、PPAR信号通路和胰岛素抵抗等相关。冯婉莹[46]运用网络药理学探讨"黄芩-白术"治疗先兆流产的机制,药对-疾病靶点网络包含43个化合物,46个靶点和20条通路,关键靶点涉及IL6、VGFR、MMP9等,同时涉及IL-17、MAPK、凋亡通路等。李国秋等[47]运用网络药理学方法探讨"白术-茯苓"药对抗胃癌的作用机制,获得38个有效成分,62个与对抗胃癌相关的作用靶点,KEGG通路富集分析发现主要涉及癌症途径(Pathway in cancer)、类固醇激素合成(Steroid hormone biosynthesis)等信号通路。陈光学等[48]利用网络药理学结合基础实验揭示了"党参-白术"药对能够有效上调退变椎间盘组织中细胞外基质的表达,抑制炎症因子及基质金属蛋白酶的合成,从而达到延缓椎间盘退变的作用。王吉荣等[49]利用网络药理学揭示了"白术-半夏-茯苓"药对主要通过多成分、多靶点、多通路发挥对胰腺癌的治疗作用,为临床应用"白术-半夏-茯苓药对"配伍治疗胰腺癌提供一定的理论依据。张慈等[50]则利用网络药理学证实了"茯苓-白术-桂枝"通过多成分、多靶点作用与多通路对类风湿关节炎起到治疗作用。丁明健等[51]从网络药理学角度发现白术黄芪汤治疗溃疡性结肠炎的机制是多靶点、多通路的复杂过程,其机制与调节免疫反应、炎症反应、抗肿瘤等相关通路有关。魏思媛等[52]则通过网络药理学发现"白术-黄芪"药对可能是通过介导PI3K-AKt等信号通路,以及调控肿瘤细胞的损伤、氧代谢等生物过程进而起到治疗胃癌的作用。朱泓锦等[53]利用网络药理学初步揭示了"黄芪-白术"配伍通过抑制炎症反应、调节上皮细胞生长增强保护屏障、抑制肿瘤血管生成等作用而发挥防治慢性阻塞性肺疾病的作用。包仲明等[54]则通过网络药理学结合试验初步探讨了"白术-黄芪-枳实"组方通过多靶点、多通路参与治疗帕金森病便秘的机制。翟孟凡等[55]利用网络药理学发现"黄芪-白术"对功能性便秘(Functional constipation,FC)具有多成分、多靶点、多途径的特点,其机制可能主要通对细胞对激素刺激反应的调控来实现,揭示了"黄芪-白术"药对治疗FC机制的重要方向。涂文玲等[56]采用网络药理学的方法探讨"黄芪-白术"药对治疗新冠肺炎的作用机制,发现"黄芪-白术"主要是通过抗炎、抗氧化及调节免疫而达到治疗新冠肺炎目的。吕彩兰等[57]则通过网络药理学发现"苍术-白术"药对,可能是通过作用于相关通路与关键靶点蛋白,通过调节肠道菌群、改善肠道动力、修复胃肠道黏膜损伤及抗炎等机制防治小儿厌食症。史秀禄等[58]基于网络药理学发现"人参-半夏-白术"治疗癫痫病主要是豆甾醇、β-谷甾醇和花生四烯酸等多种有效成分作用于IL-1β、HIF-1α靶点,通过抗炎、抗氧化等调控细胞对化合物的反应,调控MAPK、cAMP等信号通路,协同发挥治疗癫痫病的作用。

2.2 传统配伍的临床应用

根据最新CNKI资料显示,临床配伍常用的白术药对有白术-黄芪、白术-当归、白术-茯苓、白术-泽泻、白术-苍术、白术-枳实、白术-鸡内金等。

2.2.1 补益类 黄芪是临床常用的补益药物,具有补气升阳、固表止汗、利水消肿等功效。

李海文等[59]研究发现《中药成方制剂》中含"黄芪-白术"药对方剂治疗的优势病证为气血两虚证,其主治最多的证候为气血两虚证和风寒湿凝滞筋骨证。朱超等[60]的研究表明治疗溃疡性结肠炎采用白术黄芪汤可有效改善临床症状,缓解炎性反应。邓颂[61]在其硕士课题中,证实黄芪白术汤通过下调肠炎相关性结肠癌(Enteritis-associated colon cancer,CAC)病理进程中IL-6R/STAT3通路蛋白的表达,抑制炎症和肿瘤细胞增殖,进而干预CAC的发生与发展。而沈佳雯[62]通过体内实验和体外实验证实,白术黄芪汤可能通过抑制NLRP3炎症小体通路来缓解DSS诱导的溃疡性结肠炎小鼠的炎症反应。ZENG D等[63]发现白术黄芪多糖提取物通过多胺-Kv1.1通道激活的信号通路刺激肠上皮细胞迁移,从而促进肠道损伤愈合。严毅超[64]探索临床应用于肝癌治疗的含"黄芪-白术"药对中药方剂的组方规律及最适配伍比例时发现,"黄芪-白术"比例为1∶2时肝癌小鼠生存率最高,为临床合理组方配比提供依据。

人参具有大补元气、复脉固脱、回阳救逆的功效。罗波等[65]通过Caco-2细胞模型发现白术提取物对人参皂苷Rg1肠吸收有较好的促进作用。张世洋等[66]发现人参、白术有效组分群对慢性萎缩性胃炎大鼠有良好的保护作用,能缓解胃黏膜萎缩,其作用机制可能与改善肠道和口腔菌群有关。

当归具有补血活血的功效,万娜[67]在其研究中发现,"当归-白术"挥发油对戊巴比妥钠诱导的小鼠睡眠模型具有一定的镇静安神作用,对心脾两虚型失眠的动物模型也具有一定的治疗功效,其作用机制可能与5-HT、多巴胺、γ-氨基丁酸等主要靶点有关。

2.2.2 淡渗利湿类 茯苓又名云苓,《本草衍义》曰:"茯苓、茯神,行水之功多,益心脾不可阙也",主要有利水渗湿,健脾、宁心等功效。杨伟金等[68]基于《中医方剂大辞典》,整理分析含"白术-茯苓"药对方剂的配伍规律,共收集整理3535首方剂,涉及578味中药,以甘温类药物为主,多归肝经;共涉及15种功效,以补益、祛湿等功效为主。"白术-赤茯苓"药对与补益、祛湿呈强关联;麸炒白术-茯苓药对与补益呈强关联。揭示了含"白术-茯苓"药对方剂的用药规律和配伍特点,可为今后的研究开发及临床应用提供参考。宋思源等[69]的研究发现"白术-茯苓"药对可通过靶向于PI3K-AKT信号通路及促分裂原活化的蛋白激酶3蛋白表达参与细胞增殖、侵袭,为进一步研究"茯苓-白术"药对治疗胃癌奠定了坚实基础。

泽泻具有利水渗湿,泄热,化浊降脂的功效。张匣等[70]对"泽泻-白术"药对及其活性成分防治动脉粥样硬化研究进行综述,发现其广泛用于治疗因血流动力学或血脂代谢紊乱所致的高脂血症、高血压、梅尼埃病和椎基底动脉供血不足等眩晕病、心血管系统疾病等,且效果显著。

2.2.3 其他 黎豫川等[71]研究发现白术与木香配伍可以改善脾虚大鼠模型的肠道动力及肠道敏感性,并缓解腹泻,这可能与改善肠道菌群结构变化,降低5-羟色胺表达和丁酸含量以及升高5-HT4R、SERT表达有关。慕茹等[72]对"麻黄-白术"药对治疗小儿慢性咳嗽综述发现,该药对可通过降低咳嗽网络神经敏感性、减轻气道炎症、降低气道高反应等多种药理作用发挥止咳效果,同时二者相互拮抗,能够降低麻黄生物碱的不良反应,增加麻黄、白术在效应器官中的分布,延长有效成分在体内停留时间,达到减毒增效的目的。叶晓滨[73]依据"补泻兼施"理念将白术分为补消并施类"白术-鸡内金"和"白术-枳实"药对,补利并施类"白术-泽泻"药对,补散并施类"白术-防风"和"白术-麻黄"药对并对其功效分别阐述,为白术药对的临床使用提供了参考。李庆乐等[74]总结了冯国湘教授以"生地-白术"药对治疗慢性便秘的经验,认为慢性便秘多本虚标实,病位在大肠,与脾肾两脏关系尤为密切,运用药对生地-白术从脾肾论治,共奏润肠通便之效,效果显著。程旭锋等[75-77]的研究发现"附子-白术"药对具有抑制骨髓细胞向破骨细胞分化,并抑制破骨细胞的增殖和活性及骨吸收功能的作用,同时也能促进成骨细胞的增殖和分化,机制可能与其激活BMP-2/Smads/Runx2信号通路,促进Ⅰ型胶原表达相关。此外还发现该药对抑制了乳腺癌骨转移裸鼠模型骨损伤,其机理可能与其抑制NF-κB通路活化,进而减少促炎因子TNF-α、IL-6和IL-8等的分泌,并上调抑炎因子IL-4有关。

3 结语

白术有着悠久的药用历史和丰富的药用价值,其功效广泛而显著。众多研究已经证实其在改善消化功能、调节内分泌、促进新陈代谢等方面具有显著疗效,同时其药效在配伍后得到增强、适用范围更广。尽管目前关于白术及其药对的研究已经十分广泛,但仍存在一些问题有待解决,比如仍缺乏关于其配伍前后化学成分的变化研究,因药物疗效和毒性会随配伍的不同而改变,同时也会产生药动学、药代学方面的变化。此外,随着新技术、新领域的扩展,如何将传统理论与现代医学结合,也是我们面临的一大难题。总之,深入挖掘白术药对配伍的作用机制,探索中药作用靶基因与靶蛋白,对指导临床用药具有深远的意义。

参考文献

[1] HAO Y W, ZHANG X, LIN X, et al. The traditional Chinese medicine processing change chemical composition and pharmacological effectiveness: Taking Atractylodes macrocephala Koidz. and honey bran-fried Atractylodes macrocephala Koidz. as examples[J]. Phytomedicine, 2024, 130: 155739.

[2] ZHANG H X, LIN C Y, YIN L Y, et al. Bioactive constituents from the rhizomes of Atractylodes macrocephala[J]. Fitoterapia, 2023, 165: 105431.

[3] CHEN T Q, ZHENG X Q, OUYANG L M, et al. Six polyacetylenes from Atractylodes macrocephala Koidz and their anti-colon cancer activity[J]. Fitoterapia, 2023, 167: 105490.

[4] FAN M, GU X F, ZHANG W L, et al. Atractylenolide I ameliorates cancer cachexia through inhibiting biogenesis of IL-6 and tumour-derived extracellular vesicles[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2022, 13(6): 2724-2739.

[5] ZHU Y, LI C, LIN X S, et al. Effect of Atractylodes macrocephala polysaccharide on proliferation and invasion of hepatocellular carcinoma cells[J]. Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao, 2019, 39: 1180-1185.

[6] WANG M X, MENG J W, WANG H Y, et al. Atractylodes macro-

cephala Ⅲ suppresses EMT in cervical cancer by regulating IGF_2BP_3 through ETV5[J]. J Cell Mol Med, 2024, 28(4): e18081.

[7] 赵云辉, 蒋宗莹, 王艳杰. 基于 JAK2/STAT3/PDL1 通路研究白术内酯Ⅱ对肺癌小鼠细胞凋亡的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(9): 1457 - 1463.

[8] LIN Q W, CHEN Y G, YU B Q, et al. Atractylodes macrocephala Rhizoma alleviates blood hyperviscosity induced by high - fat, high - sugar, and high - salt diet by inhibiting gut - liver inflammation and fibrinogen synthesis[J]. J Ethnopharmacol, 2025, 338: 119034.

[9] CHEN J Y, YANG S Z, LUO H X, et al. Polysaccharide of Atractylodes macrocephala Koidz alleviates NAFLD - induced hepatic inflammation in mice by modulating the TLR4/MyD88/NF - κB pathway[J]. Int Immunopharmacol, 2024, 141: 113014.

[10] YUAN C Z, YU C, SUN Q F, et al. Atractylenolide I alleviates indomethacin - induced gastric ulcers in rats by inhibiting NLRP3 inflammasome activation[J]. J Agric Food Chem, 2024, 72(25): 14165 - 14176.

[11] CHENG H, ZHANG D D, WU J, et al. Atractylodes macrocephala Koidz. volatile oil relieves acute ulcerative colitis *via* regulating gut microbiota and gut microbiota metabolism[J]. Front Immunol, 2023, 14: 1127785.

[12] ZENG L L, SHEN L, FAN Y L, et al. Atractylodes processing products protect against gastric ulcers in rats by influencing the NF - κB - MMP - 9/TIMP - 1 regulatory mechanism and intestinal flora[J]. Chem Biodivers, 2023, 20(6): e202300068.

[13] CHEN F Y, LI B X, LI W Y, et al. Polysaccharide of Atractylodes macrocephala Koidz alleviate lipopolysaccharide - stimulated liver inflammation injury of goslings through miR - 223/NLRP3 axis[J]. Poult Sci, 2023, 102(1): 102285.

[14] YANG M J, ZHANG Q W, TAHA R, et al. Atractylodes macrocephala Polysaccharide from Koidz. ameliorates DSS - induced colitis in mice by regulating the Th17/Treg cell balance[J]. Front Immunol, 2022, 13: 1021695.

[15] 李梅, 蒋锦梅, 欧大明, 等. 白术多糖对类风湿性关节炎大鼠的抗炎作用及 TLR4/NF - κB 信号通路的影响[J]. 安徽医科大学学报, 2022, 57(4): 552 - 557.

[16] 鲁慧东, 李艳梅. 白术内酯Ⅲ通过调节 JAK2/STAT3 信号通路减轻溃疡性结肠炎模型小鼠肠道损伤[J]. 中国病理生理杂志, 2023, 39(1): 142 - 149.

[17] 江勇, 朱大侠, 刘礼剑. 白术多糖通过调控 TLR4/NF - κB 信号通路对重症急性胰腺炎大鼠肠黏膜免疫屏障的影响[J]. 中成药, 2021, 43(3): 624 - 629.

[18] 丁芮, 王翔, 王靓, 等. 白术内酯Ⅲ调节 TRIM38/NAP1/IRF3 抑制 H_2O_2 诱导的 H9c2 心肌细胞炎症反应[J]. 中药材, 2024, 47(7): 1787 - 1792.

[19] FENG W W, LIU J, TAN Y Z, et al. Polysaccharides from Atractylodes macrocephala Koidz. Ameliorate ulcerative colitis *via* extensive modification of gut microbiota and host metabolism[J]. Food Res Int, 2020, 138: 109777.

[20] HE Z W, GUO J Y, ZHANG H W, et al. Atractylodes macrocephala Koidz polysaccharide improves glycolipid metabolism disorders through activation of aryl hydrocarbon receptor by gut flora - produced tryptophan metabolites[J]. Int J Biol Macromol, 2023, 253: 126987.

[21] LI Y Z, LIN M, WANG G D, et al. Atractylodes macrocephala polysaccharides shield a D - galactose - induced aging model *via* gut microbiota modulation[J]. Int J Biol Macromol, 2024, 281: 136205.

[22] YANG H N, WU C T, CHEN L, et al. A. macrocephala polysaccharide induces alterations to gut microbiome and serum metabolome in constipated mice[J]. Microb Pathog, 2023, 178: 106084.

[23] CHEN L, CHANG X B, WU C T, et al. Polysaccharide extracted from Atractylodes macrocephala improves the spleen deficiency constipation in mice by regulating the gut microbiota to affect the 5 - HT synthesis[J]. Neurogastroenterol Motil, 2024, 36(10): e14875.

[24] WANG J, FENG W W, ZHANG S Y, et al. Ameliorative effect of Atractylodes macrocephala essential oil combined with Panax ginseng total saponins on 5 - fluorouracil induced diarrhea is associated with gut microbial modulation[J]. J Ethnopharmacol, 2019, 238: 111887.

[25] 王蓓. 白术粗多糖调节吊尾大鼠肠道菌群及感知能力的机制研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2020.

[26] ZHAO R H, YANG F X, BAI Y C, et al. Research progress on the mechanisms underlying poultry immune regulation by plant polysaccharides[J]. Front Vet Sci, 2023, 10: 1175848.

[27] ZHENG F, CHEN L, GAO J M, et al. Identification of autotoxic compounds from Atractylodes macrocephala Koidz and preliminary investigations of their influences on immune system[J]. J Plant Physiol, 2018, 230: 33 - 39.

[28] 杨丹阳, 于欢, 吴晓莹, 等. 白术化学成分及其生物活性研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2023, 41(5): 171 - 182.

[29] XU D N, LI W Y, HUANG Y M, et al. The effect of selenium and polysaccharide of atractylodes macrocephala koidz. (PAMK) on immune response in chicken spleen under heat stress[J]. Biol Trace Elem Res, 2014, 160(2): 232 - 237.

[30] ZHANG C S, WANG S L, HAN Y S, et al. Effects of crude extract of glycyrrhiza radix and atractylodes macrocephala on immune and antioxidant capacity of SPF white leghorn chickens in an oxidative stress model[J]. Antioxidants, 2024, 13(5): 578.

[31] 郁浩胜, 谢凌峰, 陈天琪, 等. 白术多糖对 LPS 诱导雏鹅脾脏免疫损伤的保护作用[J]. 中国兽药杂志, 2023, 57(11): 22 - 30.

[32] 师调调, 陈家雪, 陈俊良, 等. 白术多糖对南海麻黄鸡马立克氏病疫苗免疫的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022(20): 121 - 128, 145 - 146.

[33] 卢杨君, 陈磊, 伍春桃, 等. 白术多糖对 CUMS 模型小鼠抑郁样行为及其脑肠轴和 HPA 轴的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2025, 37(1): 1 - 9.

[34] ZHOU Y, HUANG S H, WU F L, et al. Atractylenolide Ⅲ reduces depressive - and anxiogenic - like behaviors in rat depression models[J]. Neurosci Lett, 2021, 759: 136050.

[35] XUE M T, SHENG W J, SONG X, et al. Atractylenolide Ⅲ ameliorates spinal cord injury in rats by modulating microglial/macrophage polarization[J]. CNS Neurosci Ther, 2022, 28(7): 1059 - 1071.

[36] JI Z H, LIU C, ZHAO H, et al. Neuroprotective effect of biatractylenolide against memory impairment in d - galactose - induced aging mice[J]. J Mol Neurosci, 2015, 55(3): 678 - 683.

[37] ZHOU K C, CHEN J, WU J Y, et al. Atractylenolide Ⅲ ameliorates cerebral ischemic injury and neuroinflammation associated with inhibiting JAK2/STAT3/Drp1 - dependent mitochondrial fission in microglia[J]. Phytomedicine, 2019, 59: 152922.

[38] 谢泳超. 双白术内酯对谷氨酸神经损伤的保护作用及其机制研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2017.
[39] 蒋彦娉. 白术水煎剂对 H_2O_2 诱导的小鼠脑微血管内皮细胞 bEnd.3 细胞凋亡的影响[D]. 南京: 南京中医药大学, 2017.
[40] 尹存林, 童画, 黄磊, 等. 基于网络药理学初探白术 - 莪术对肺癌的作用机制[J]. 牡丹江医学院学报, 2024, 45(3): 21 - 25.
[41] 邓张亦婷, 康静怡, 楼招欢, 等. 基于网络药理学及转录组分析的"白术 - 苍术"药对防治高脂血症作用机制研究[J]. 浙江中医药大学学报, 2024, 48(1): 9 - 20.
[42] 张靓, 唐芳婷, 王红, 等. 基于数据挖掘及网络药理学技术探讨白术 - 党参治疗胃癌的作用机制[J]. 中医临床研究, 2023, 15(30): 16 - 24.
[43] 范彩莲, 徐传花. 基于网络药理学的白术 - 菟丝子药对治疗多囊卵巢综合征的分子机制研究[J]. 医学信息, 2024, 37(2): 47 - 54.
[44] 金士杰, 赵凰宏, 关东升, 等. 基于网络药理学探讨柴胡 - 白术药对治疗阿尔茨海默病的作用机制[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2023, 21(20): 3717 - 3723.
[45] 黄锦桢, 王宇新, 曾华, 等. 基于健脾法和网络药理学探讨"茯苓 - 白术"药对治疗非酒精性脂肪性肝病的作用机制[J]. 中西医结合肝病杂志, 2022, 32(11): 1016 - 1020.
[46] 冯婉莹, 关永格, 罗晓敏, 等. 基于网络药理学和分子对接技术探讨黄芩 - 白术治疗先兆流产的机制[J]. 中国中医药图书情报杂志, 2023, 47(3): 29 - 36.
[47] 李国秋, 张嘉雪, 陈子铮, 等. 基于网络药理学方法探讨"白术 - 茯苓"药对抗胃癌的作用机制[J]. 中国民族民间医药, 2021, 30(23): 29 - 34.
[48] 陈光学, 郭彦涛, 陈龙, 等. 基于网络药理学与实验验证对党参 - 白术延缓椎间盘退变的作用机制研究[J]. 山西中医药大学学报, 2024, 25(3): 281 - 290.
[49] 王吉荣, 史小飞, 种育晖, 等. 基于网络药理学与分子对接技术对白术 - 半夏 - 茯苓配伍治疗胰腺癌作用机制的研究[J]. 药学实践与服务, 2023, 41(10): 616 - 624.
[50] 张慈, 王玲, 莫成荣. 基于网络药理学及分子对接探讨茯苓 - 白术 - 桂枝治疗类风湿关节炎的机制[J]. 中医临床研究, 2024, 16(17): 102 - 109.
[51] 丁明健, 赵艺蔓, 杨武, 等. 基于网络药理学方法探讨白术黄芪汤干预溃疡性结肠炎的作用机制研究[J]. 黑龙江医学, 2022, 46(5): 544 - 550, 554.
[52] 魏思媛, 刘云, 孙琴, 等. 基于网络药理学研究白术 - 黄芪药对抗胃癌作用机制[J]. 现代中药研究与实践, 2022, 36(1): 80 - 85.
[53] 朱泓锦, 王佩阳, 田燕歌, 等. 基于网络药理学和分子对接探讨黄芪 - 白术治疗慢性阻塞性肺疾病的作用机制[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化, 2021, 23(7): 2206 - 2215.
[54] 包仲明, 文黛薇, 陆品刚, 等. 基于网络药理学研究白术 - 黄芪 - 枳实组方治疗帕金森病便秘的作用机制及实验验证[J]. 中国医药导报, 2021, 18(19): 4 - 12, 197.
[55] 翟孟凡, 贾小强, 王泽鹏, 等. "黄芪 - 白术"药对治疗功能性便秘的网络药理学机制[J]. 世界中医药, 2021, 16(10): 1514 - 1519.
[56] 涂文玲, 朱景茹, 李墨辞, 等. 基于网络药理学研究黄芪 - 白术治疗新冠肺炎的作用机制[J]. 福建中医药, 2021, 52(2): 1 - 5, 20.
[57] 吕彩兰, 杨楠, 陈静, 等. 苍术 - 白术药对治疗小儿厌食症的机制研究[J]. 中医药临床杂志, 2022, 34(1): 76 - 81.
[58] 史秀禄, 孙阳龙, 黄春元. 基于网络药理学和分子对接探讨人参 - 半夏 - 白术治疗癫痫病的作用机制[J]. 中医临床研究, 2023, 15(20): 1 - 7.
[59] 李海文, 张伟健, 黄彦子, 等. 基于数据挖掘分析"黄芪 - 白术"药对在成方制剂中的组方规律[J]. 现代中西医结合杂志, 2021, 30(1): 58 - 62.
[60] 朱超, 常凤玲. 白术黄芪汤对溃疡性结肠炎患者证候积分及炎性反应的影响[J]. 现代诊断与治疗, 2020, 31(8): 1190 - 1191.
[61] 邓颂. 黄芪白术汤通过 IL - 6R/STAT3 信号通路抑制小鼠结肠炎相关结肠癌的发展[D]. 广州: 广州中医药大学, 2019.
[62] 沈佳雯. 白术黄芪汤通过抑制 NLRP3 炎症小体治疗 DSS 诱导的小鼠溃疡性结肠炎[D]. 成都: 西南交通大学, 2018.
[63] ZENG D, HU C, LI R L, et al. Polysaccharide extracts of Astragalus membranaceus and Atractylodes macrocephala promote intestinal epithelial cell migration by activating the polyamine - mediated K + channel[J]. Chin J Nat Med, 2018, 16(9): 674 - 682.
[64] 严毅超, 张露蓉. "黄芪 - 白术"药对在肝癌临床应用的组方规律及最适配伍比例[J]. 中国医院药学杂志, 2024, 44(10): 1123 - 1131.
[65] 罗波, 赵建棋, 李娇, 等. Caco - 2 细胞模型评价白术对人参皂苷 Rg1 肠吸收影响[J]. 中药药理与临床, 2023, 39(5): 51 - 55.
[66] 张世洋, 刘美辰, 唐飞, 等. 人参、白术有效组分群对慢性萎缩性胃炎大鼠口腔、肠道菌群的影响[J]. 中成药, 2020, 42(1): 48 - 54.
[67] 万娜. 当归 - 白术挥发油经"鼻 - 脑"通路镇静和抗心脾两虚证作用及制剂适宜性研究[D]. 南昌: 江西中医药大学, 2022.
[68] 杨伟金, 王婷婷, 朱燕舞, 等. 基于数据挖掘研究含白术 - 茯苓药对方剂的组方规律[J]. 中国现代应用药学, 2024, 41(14): 1980 - 1988.
[69] 宋思源, 舒鹏. 基于网络药理学及体外实验验证研究茯苓 - 白术药对治疗胃癌的作用机制[J]. 世界中医药, 2022, 17(20): 2836 - 2841.
[70] 张匣, 邵欣欣, 刘青芝, 等. 泽泻 - 白术药对及其活性成分防治动脉粥样硬化研究进展[J]. 中草药, 2024, 55(16): 5735 - 5746.
[71] 黎豫川, 张远哲, 杨元凤, 等. 白术 - 木香药对对脾虚腹泻型肠易激综合征大鼠肠道菌群与短链脂肪酸代谢的调节作用[J]. 中国药房, 2024, 35(3): 304 - 310.
[72] 慕茹, 韩峰. 麻黄 - 白术药对治疗小儿慢性咳嗽研究进展[J]. 中医儿科杂志, 2023, 19(4): 101 - 104.
[73] 叶晓滨. 白术"补泻兼施"药对研究进展[J]. 江西中医药, 2022, 53(8): 77 - 80.
[74] 李庆乐, 冯国湘. 冯国湘教授治疗慢性便秘之经验药对生地 - 白术[J]. 亚太传统医药, 2021, 17(10): 115 - 117.
[75] 程旭锋, 张新峰, 刘琦, 等. "附子 - 白术"药对对破骨细胞及成骨细胞增殖、分化及活力的影响[J]. 中国中医基础医学杂志, 2018, 24(2): 180 - 183.
[76] 程旭锋, 张新峰, 刘琦, 等. 附子 - 白术"药对"对成骨细胞 BMP - 2/Smads/Runx2 通路的影响[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(1): 77 - 80.
[77] 程旭锋, 张新峰, 刘琦, 等. 药对"附子 - 白术"对裸鼠乳腺癌骨转移 NF - κB 通路的影响[J]. 中华中医药学刊, 2017, 35(11): 2773 - 2776, 后插 3.