

党参药理作用的研究进展

张重阳^{1,2}, 于淼^{1,2}, 陈荣昌¹, 孙晓波¹ (1. 中国医学科学院药用植物研究所药理毒理中心, 北京 100193; 2. 广东药科大学中药学院, 广东 广州 510006)

摘要: 党参为桔梗科党参属植物, 是中医临床应用非常广泛的一味补气类中药, 其化学成分主要包括黄酮类、生物碱类、糖类、皂苷类、甾体类、氨基酸类等, 主要有增强免疫功能、改善胃肠道功能、抗炎、抗肿瘤、改善学习记忆能力、调节心脑血管系统和延缓衰老等药理作用。该文基于近几年国内外大量党参的研究文献, 对其药理作用进行综述, 以期对党参的研究及应用提供一定的理论基础和依据。

关键词: 党参; 药理作用; 化学成分; 研究进展

中图分类号: R285.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-9783(2024)05-0765-06

doi: 10.19378/j.issn.1003-9783.2024.05.019

Research Progress on the Pharmacological Effects of Codonopsis Radix

ZHANG Chongyang^{1,2}, YU Miao^{1,2}, CHEN Rongchang¹, SUN Xiaobo¹ (1. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China; 2. The College of Traditional Chinese Medicine, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006 Guangdong, China)

Abstract: Codonopsis Radix is a Codonopsis plant belonging to Campanulaceae family. It is widely used as a Chinese medicinal for invigorating *qi* in Chinese medicine clinics. The chemical compositions of Codonopsis Radix mainly contain flavonoids, alkaloids, sugars, saponins, steroids, amino acids, etc.. It mainly exhibits the pharmacological effects such as enhancing the immune system function, improving gastrointestinal function, anti-inflammation, anti-tumor, improving the ability of learning and memory, regulating the cardio-cerebral vascular system, and slowing down the aging process, and so on. Based on a large number of literature studies on Codonopsis Radix at home and abroad in recent years, this paper summarizes its pharmacological effects. The aim of the review is to provide a certain theoretical basis and rationale for the research and application of Codonopsis Radix.

Keywords: Codonopsis Radix; pharmacological effects; chemical components; research progress

党参是一味药食同源的中药, 主要来源于桔梗科 Campanulaceae 植物党参、素花党参、川党参、管花党参、球花党参、徽毛党参的干燥根, 其产地主要集中于甘肃、山西、四川, 在陕西、湖北、贵州等地也有分布^[1]。党参最早记载于《本草从新》, 性平味甘, 具有补中、益气、生津的作用; 主治脾胃虚弱, 气血两亏, 体倦无力, 食少, 口渴, 久泻, 脱肛^[2]。临床主要用于脾肺气虚, 食少倦怠,

咳嗽虚喘, 气血不足, 面色萎黄, 心悸气短, 津伤口渴, 内热消渴^[3]。党参中主要的活性成分有黄酮类、生物碱类、糖类、皂苷类、甾体类、氨基酸类、倍半萜等^[4-5]。党参具有增强免疫功能、抗炎、抗氧化、抗衰老、抗肿瘤及抗菌等多种药理作用。本文主要综述近年来党参的药理活性及作用机制的研究进展, 以期对党参的进一步深入研究提供参考。

收稿日期: 2023-10-01

作者简介: 张重阳, 女, 硕士研究生, 研究方向: 中药药理学。Email: zcy122999@163.com。通信作者: 陈荣昌, 男, 副研究员, 研究方向: 中药药理学。Email: chenrongchang456@126.com。孙晓波, 男, 博士, 研究员, 博士研究生导师, 研究方向: 中药药理学。Email: sun-xiaobo@163.com。

基金项目: 国家重点研究计划项目(2022YFC3501803)。

1 调节免疫功能

免疫系统是由专门的器官、组织、细胞、蛋白质和化学物质组成的复杂网络,可保护宿主免受病原体的侵害,如细菌、病毒、真菌和寄生虫。它可分为上皮屏障,以及先天(非特异性)和获得性(特异性)免疫的细胞和体液成分^[6]。免疫平衡有助于疾病的预防和治疗。党参提取物及活性成分具有促进免疫相关细胞增殖,调节炎症因子分泌、促进免疫平衡的功能。

Liu等^[7]通过脂多糖(Lipopolysaccharides, LPS)处理巨噬细胞,5-氟尿嘧啶处理T淋巴细胞,发现党参醇提物及活性成分(色氨酸、紫丁香苷、心叶党参炔苷、党参苷、管花党参碱、creoside IV和党参炔苷)可以促进巨噬细胞的增殖并剂量依赖性地抑制巨噬细胞分泌白细胞介素1(Interleukin-1, IL-1)、肿瘤坏死因子 α (Tumor Necrosis Factor- α , TNF- α)和 γ 干扰素(Interferon- γ , IFN- γ)。党参醇提物及活性成分还能促进T淋巴细胞的增殖,剂量依赖性地抑制T淋巴细胞分泌IL-6、TNF- α 和IFN- γ 。Sun等^[8]从党参中分离出两种果胶多糖(RCAP-1和RCAP-2),通过体外实验发现RCAP-1和RCAP-2可以显著抑制LPS诱导的小鼠单核巨噬细胞白血病细胞(RAW264.7细胞)产生一氧化氮。Deng等^[9]通过氢化可的松诱导小鼠免疫抑制模型,发现党参多糖预处理可维持模型小鼠CD8⁺T细胞、调节性T细胞(Regulatory cells, Tregs)、辅助性T细胞17(T helper cell 17, Th17)、TNF- α 、IL-1 β 和IL-10的稳态,进而增强小鼠免疫功能。

因此,党参可通过促进T淋巴细胞增殖,调节T淋巴细胞和巨噬细胞分泌炎症因子,维持免疫细胞动态平衡,从而增强机体的免疫功能。

2 抗炎作用

炎症是机体免疫反应系统的重要反应^[10],适度炎症反应可以维持机体正常生理活动,过度炎症反应通常会导致各种疾病发生。党参及其活性成分主要通过阻断核因子 κ B(Nuclear factor kappa-B, NF- κ B)和丝裂原活化蛋白激酶(Mitogen-activated protein kinase, MAPK)来发挥抗炎作用,并可以减少炎症因子的释放^[11-14]。

Meng等^[15]发现党参多糖(*C. pilosula* polysaccharides, CPPs)对LPS诱导RAW264.7细胞炎症模型表现出较强的抗炎作用,其作用机制与抑制巨噬细胞Toll样受体4(Toll-like receptor 4, TLR4)/NF- κ B通路有关。

动物实验表明CPPs可以显著改善硫酸葡聚糖钠盐(Dextran sulfate, DSS)诱导结肠炎小鼠症状。Joh等^[16]使用LPS诱导的腹膜巨噬细胞模型,发现从党参中提取的党参皂苷A(Lancemaside A)可通过调节LPS与巨噬细胞上TLR4的结合来发挥抗炎作用。Jing等^[17]发现党参多糖对DSS诱导小鼠结肠炎具有保护作用,其作用机制与改善肠道菌群及代谢,增强短链脂肪酸的产生,上调抗炎细胞因子的表达,下调与Th17/Tregs平衡相关的促炎细胞因子的分泌有关。

综上,党参多糖、党参皂苷具有良好的抗炎作用,其抗炎机制主要通过影响NF- κ B信号通路的上下游因子,调整肠道菌群代谢相关。此外,对于党参多糖对肠道菌群及代谢的改善作用,可以深入研究其具体机制和效果,以期炎症性肠病的治疗提供新的思路和方法。

3 对心血管功能的影响

党参具有降血脂、降血压、抗血栓形成的药理作用,在临床中常与黄芪、丹参等中药配伍用于心血管疾病的治疗。

Zhong等^[18]发现党参二苓汤可以提高异丙肾上腺素诱导的心力衰竭小鼠的心脏收缩功能并显著降低心肌组织炎症因子及纤维化水平,其作用机制可能与调控TLR4信号通路,减轻炎症损伤有关。Liao等^[19]研究了参芪扶正注射液(SQ)对心肌缺血再灌注的影响,发现SQ可激活沉默信息调节因子1(Sirtuin1, Sirt1)/过氧化物酶体增殖物激活受体(Peroxisome proliferators-activated receptors, PPAR) γ 辅助激活因子1 α /PPAR通路,增加PPAR α 、PPAR γ 和Sirt1的表达,改善损伤心肌的代谢功能,发挥对心脏的保护作用。Wang等^[20]发现党参水提物可以显著改善左前降支结扎诱导心肌梗死大鼠心脏功能。苍术内酯Ⅲ是党参中的一种倍半萜类化合物。Cao等^[21]通过急性心肌梗死(Acute myocardial infarction, AMI)大鼠模型发现苍术内酯Ⅲ可以降低AMI大鼠心肌细胞的凋亡,维持线粒体功能,具有较好的心肌保护作用。Kun等^[22]发现党参能够抑制血管紧张素Ⅱ和人胰岛素生长因子Ⅱ诱导的H9c2心肌细胞的凋亡,作用机制可能与抑制胰岛素样生长因子2受体信号通路,减少钙离子内流、降低线粒体膜通透性以及抑制凋亡有关。

目前心血管患病率逐年升高,对心血管治疗及保健药物的需求不断增长^[23],党参作为一种具有保护心血管功能的中药,在药物开发方面具有巨大的潜力。

党参可以通过抗炎、抗氧化来保护心肌、改善心脏功能。但是仍需加强对党参的心血管保护作用及其机制的深入研究,进一步阐明其多成分、多靶点治疗心血管疾病的的特点,以及与其他药物配伍的协同作用机制。

4 对肠胃功能的影响

中医认为脾主运化,是指脾具有把水谷化为精微,并将精微物质转输至全身的生理功能。《本草正义》中说党参具有“健脾运而不燥,滋胃阴而不湿”的作用,临床上常用于调节胃肠道功能。

Zou 等^[24]从党参中分离出菊粉型果聚糖(the fructan form *C. pilosula*, CPPF), CPPF 可通过促进黏蛋白和分泌型免疫球蛋白 A 分泌物恢复免疫抑制小鼠模型的肠黏膜免疫功能,改善肠道菌群及其代谢产物,调节胃肠道激素水平,促进胃肠道消化吸收功能,提高机体免疫力。Luan 等^[25]发现党参水提物可增加便秘小鼠排便量,减少肠道粪便量,提高肠道推进率,改善肠道微生物群的组成结构。刘雪枫等^[26]发现党参总皂苷(Total Saponins Codonopsis, TSC)对大鼠实验性溃疡性结肠炎具有显著保护作用,其作用机制可能与抗脂质过氧化、抑制 NF- κ B 信号通路从而调控炎性因子的释放有关。

综上,党参可通过保护肠黏膜,改善肠道菌群结构和抗炎作用,以调节胃肠功能。同时,党参还具有促进胃肠道消化吸收的作用,为党参后续的开发提供一定理论依据。

5 抗肿瘤作用

中药在抗肿瘤和调节免疫方面的作用受到越来越多的关注,党参提取物中已经发现多种抗癌化合物。

Luan 等^[27]通过代谢组学方法结合液相色谱-质谱技术对肠道小分子代谢物进行分析,发现党参提取物可以通过葡萄糖代谢途径诱导肠癌细胞凋亡。Liu 等^[28]发现党参粗多糖(*Codonopsis pilosula* crude polysaccharides, CPCP)可显著降低黑色素瘤小鼠的肿瘤体积;体外模拟消化的党参多糖(digested *Codonopsis pilosula* polysaccharide, dCPP)可以显著抑制 IL-4 诱导的 M2 样肿瘤相关巨噬细胞(Tumour-associated macrophages, TAM)的增殖,提高 IL-1、IL-6、诱导型一氧化氮合酶和 TNF- α 的 mRNA 表达水平,从而促进 M2 样 TAM 向 M1 样 TAM 的复极化,CPCP 和 dCPP 在调节免疫及治疗黑色素瘤方面具有一定价值。Yu 等^[29]发现木犀草素能显著抑制肝癌细胞

增殖和迁移,诱导细胞凋亡,提高 G2/M 比值,其主要通过抑制 MAPK/c-Jun N-末端激酶(c-Jun N-terminal kinase, JNK)信号通路和蛋白激酶 B(Protein kinase B, Akt)的磷酸化,上调雌激素受体蛋白发挥作用。Wang 等^[30]发现党参的正丁醇馏分通过诱导 G0/G1 期停滞和凋亡,显著抑制人结肠癌 HT-1 细胞生长,其抗癌作用主要通过增加活性氧(Reactive oxygen species, ROS)的产生,并以剂量依赖的方式抑制多胺消耗发挥抗癌作用。Li 等^[31]研究了蒸煮党参甲醇提取物对 H22 荷瘤小鼠的影响,结果发现其可通过改善免疫功能,诱导细胞凋亡和抑制血管生成,从而抑制体内 H22 肿瘤的生长,延长 H22 荷瘤小鼠的存活时间。

目前,党参的抗肿瘤作用主要还是采用粗提取物进行研究,亟待明确其中活性成分,进行更为细致的全面的机制研究,以阐明党参抗肿瘤作用的物质基础,为抗肿瘤药物开发提供参考。

6 抗衰老作用

目前,衰老研究已经从识别衰老表型过渡到研究这些表型背后的遗传机制^[32]。大量研究表明党参具有显著抗衰老作用。

Meng 等^[33]发现党参水提取物可以提高衰老小鼠胃肠道功能,保护胃肠细胞超微结构,其主要通过调控 4 个枢纽 RNA 分子(LOC105243318, Fam132a, RORC 和 1200016E24Rik)及下游相关代谢途径来发挥抗衰老作用。Zhang 等^[34]从党参水提取物中分离出一种果胶多糖(A pectic polysaccharide extracted from *Codonopsis pilosula*, 命名为 CPP1c),研究发现 CPP1c 可促进衰老小鼠淋巴细胞增殖,调节 CD4、CD8、CD28 和 CD152 T 细胞的百分比,促进 IL-2、TNF- α 和 IFN- γ 的产生,并且 CPP1c 具有促进淋巴细胞归巢的潜力,其可能通过 T 细胞受体/CD28 信号通路促进 T 细胞活化来调节机体免疫,发挥抗衰老作用。Chen 等^[35]发现党参水提液可以改善 D-半乳糖诱导的衰老小鼠肺组织的病理和细胞超微结构,通过微阵列和生物信息学分析,构建了竞争性内源 RNA 网络,发现这些 RNA(Hif3a, Zbtb16, Plxna2, NONMMUT063872)及其参与的网络可能参与了党参的抗衰老作用。

表观遗传变化是导致哺乳动物衰老的主要原因,而恢复表观基因组的完整性可以逆转衰老^[36]。党参通过调控 RNA 分子,保护组织结构发挥抗衰老作用,表明党参延缓衰老的作用机制与表观遗传有一定关系。

7 对学习能力的影

Ren 等^[36]用党参远志散(*Dangshen Yuanzhi Powder*, DYP)对记忆障碍(Memory disorders, MD)大鼠进行治疗,发现DYP可以提高MD动物的学习记忆能力,显著下调血清中单核细胞趋化蛋白、神经纤维丝轻链和神经元特异性烯醇化酶的水平,上调TNF- α 的水平;降低肠道厚壁菌/拟杆菌的相对比例,修复MD动物肠黏膜的病理状态,DYP可能通过“细菌-肠道-脑轴”改善MD动物的记忆障碍。Lancemaside A是党参的主要三萜皂苷。Jung 等^[37]通过东莨菪碱诱导的记忆和学习缺陷小鼠模型,发现Lancemaside A和刺囊酸可显著提高模型小鼠记忆和学习能力,增加脑组织脑源性神经营养因子(Brain derived neurotrophic factor, BDNF)和磷酸化cAMP反应元件结合蛋白(Phosphorylation cyclic-AMP response binding protein, p-CREB)的表达,剂量依赖性抑制乙酰胆碱酯酶(Acetylcholinesterase, AChE)活性。Lancemaside A可能代谢为刺囊酸进而通过抑制AChE活性和诱导BDNF和p-CREB表达来改善记忆和学习缺陷。Lu 等^[38]通过阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)模型小鼠,发现CPPs可以减轻AD小鼠的认知障碍,可能是通过抑制淀粉蛋白前 β -分解酶活性减轻记忆退化。Qing 等^[39]发现CPP可能通过激活蛋白磷酸酶2A来防止与AD相似的微管相关蛋白过度磷酸化,并通过恢复突触可塑性和突触形成来减轻与AD相似的认知障碍。

目前,党参在AD治疗过程中表现出优异的中枢神经保护作用,未来应在多途径、多环节、整体调控的中医理论的指导下,进行全面的研究,为党参治疗AD提供更多的证据。

8 抗氧化应激

氧化应激作为多种疾病的发病基础,氧化过程中自由基损伤正常细胞、产生大量有害物质,促使疾病发展^[40]。目前有研究证明党参可以降低氧化应激标志物水平,增强细胞抗氧化能力。

Yang 等^[28]发现党参多糖可以被硫酸盐分子修饰以获得更高的抗氧化活性,硫酸化党参多糖(Sulfated Codonopsis polysaccharides, SCP)可显著促进抗氧化酶(SOD、过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶)的产生,降低ROS、丙二醛(Malonaldehyde, MDA)的水平,其抗氧化机制可能与调节Kelch样ECH相关蛋白1/核因子红细胞系-2相关因子2(Kelch-like ECH-associated protein-1/Nuclear factor-erythroid 2-related

factor 2, Keap1/Nrf2)信号通路有关。Zou 等^[41]通过离子交换层析和凝胶过滤,分别从党参根部和党参茎中分离得到两种果胶多糖(Codonopsis stem polysaccharides, CPSP-1; C. tangshen stem polysaccharides, CTSP-1),发现CPSP-1和CTSP-1通过提高肠道细胞抗氧化能力,降低氧化应激损伤。Liu 等^[42]采用乙醇沉淀法和柱层析法从党参残渣中提取纯化了一种中性多糖,命名为CERP1。研究发现CERP1可以保持高脂饮食和链脲佐菌素诱导的糖尿病小鼠肝脏和血清中抗氧化酶活性并抑制MDA水平。Gu 等^[43]从党参中分离得到一种黄酮类化合物异丹叶大黄素(Isorhapontigenin, ISO),通过1-甲基-4-苯基吡啶诱导的PC12细胞模型,发现ISO能显著降低模型细胞中的磷酸化磷脂酰肌醇3-激酶(Phosphorylation phosphatidylinositol-3-kinase, p-PI3K)、磷酸化蛋白激酶B(Phosphorylation protein Kinase B, PKB)和磷酸化雷帕霉素靶蛋白(Phosphorylation mammalian target of rapamycin, p-mTOR)的表达,减少氧化应激损伤,其作用机制可能与抑制PI3K/PKB/mTOR信号通路有关。

综上,党参多糖及ISO具有抗氧化应激作用,可以通过促进抗氧化酶的产生,降低氧化应激对机体的损伤。

9 其他

白子霞等^[44]通过体外抗菌实验,发现党参醇沉液提取物抗菌能力最强,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、链球菌和沙门氏菌均有抑制作用。Han 等^[45]研究表明,党参乙醇提取物(ECL)可以显著降低高血压大鼠的收缩压,显著降低高血压大鼠肺泡灌洗液中中性粒细胞的水平,显示ECL可以有效预防高血压并减少炎症。Liu 等^[42]发现CERP1对2型糖尿病小鼠具有明显的降糖作用,能减轻氧化应激,改善脂质代谢,提高糖酵解酶活性,降低肝脏转氨酶活性。Wang 等^[46]研究发现,党参粗多糖(crude polysaccharide of *Codonopsis pilosula*, CPNP)微胶囊能控制CPNP向创面释放,具有较好的抗菌、抗炎和皮肤创面修复作用。Ming 等^[47]研究表明,党参多糖的磷酸化修饰产物(phosphorylated *Codonopsis pilosula* polysaccharide, pCPPS)可显著抑制鸭甲型肝炎病毒(Duck hepatitis A virus, DHAV)的复制,显著降低干扰素 β 表达水平。pCPPS可以降低鸭胚胎肝细胞和血清中磷脂酰肌醇-3-磷酸的浓度,抑制自噬体的形成,提高被DHAV感染小鸭的成活率^[48]。

10 讨论

党参作为一种补益药，含有丰富的活性成分，包括挥发性成分、生物碱类、三萜类、倍半萜类、糖类、苷类、甾体类、无机元素、其它类等。药理作用广泛，涉及心血管系统、免疫系统、胃肠道系统、神经系统等，对多种疾病均有治疗作用，在中医药临床中广泛使用并有良好的效果。

目前，国内外的研究主要集中在党参的有效部位群，由此对党参多组分多靶点多效应的特点进行阐释。现在研究最多的是糖类(党参多糖、果胶多糖、菊粉型果聚糖)、苷类(柳叶马兜 A、党参皂苷)、倍半萜内酯(苍术内酯Ⅲ)等，但针对单一成分药理作用的研究仍显不足。同时，党参还是药食同源的中药材，已有研究发现其具有抗衰老、提高学习记忆能力等作用，为保健品研发提供了理论基础。在目前的研究中，有大量的文献关注于党参的药理药效，而对于其有效成分的结构研究相对较为缺乏。因此，在后续的研究中，可对党参的构效关系进行深入地研究，并阐明其中的作用机制。本文通过对党参药理作用研究进行综述(见图 1)，以期后续党参的临床应用和开发利用提供参考。

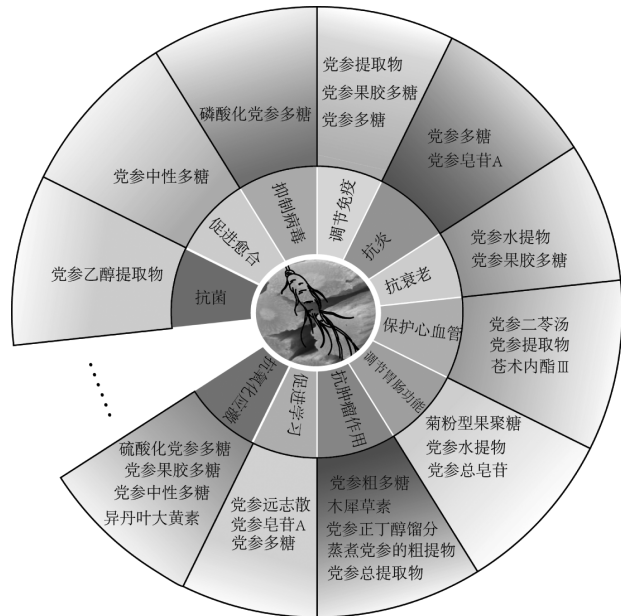


图 1 党参的药理作用

Figure 1 The pharmacological effects of Codonopsis Radix

参考文献:

[1] 吴晓俊, 张小波, 郭兰萍, 等. 党参药材分布区划研究. 中国中药杂志[J]. 2017, 42(22): 4368-4372.
 [2] 吴仪洛. 本草从新[M]. 北京: 中国中医药出版社: 2013: 4.
 [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 155-168.

[4] JIANG Y, LIU Y, GUO Q, et al. Sesquiterpene glycosides from the roots of Codonopsis pilosula[J]. Acta Pharm Sin B, 2016, 6(1): 46-54.
 [5] DU Y E, LEE J S, KIM H M, et al. Chemical constituents of the roots of Codonopsis lanceolata[J]. Arch Pharm Res, 2018, 41(11): 1082-1091.
 [6] PARKIN J AND COHEN B. An overview of the immune system[J]. Lancet, 2001, 357(9270): 1777-1789.
 [7] LIU J, WANG Y, LI B, et al. The effective approach for the quality control of Codonopsis radix based on quality markers of immune activity[J]. J Sep Sci, 2022, 45(7): 1317-1325.
 [8] SUN Q L, LI Y X, CUI Y S, et al. Structural characterization of three polysaccharides from the roots of Codonopsis pilosula and their immunomodulatory effects on RAW264.7 macrophages[J]. Int J Biol Macromol, 2019, 130: 556-563.
 [9] DENG X, FU Y, LUO S, et al. Polysaccharide from Radix Codonopsis has beneficial effects on the maintenance of T-cell balance in mice[J]. Biomed Pharmacother, 2019, 112: 108682.
 [10] ARULSELVAN P, FARD M T, TAN W S, et al. Role of antioxidants and natural products in inflammation[J]. Oxid Med Cell Longev, 2016, 2016: 5276130.
 [11] FAN Y, LIU J, MIAO J, et al. Anti-inflammatory activity of the Tongmai Yangxin pill in the treatment of coronary heart disease is associated with estrogen receptor and NF-κB signaling pathway[J]. J Ethnopharmacol, 2021, 276: 114106.
 [12] LUAN F, JI Y, PENG L, et al. Extraction, purification, structural characteristics and biological properties of the polysaccharides from Codonopsis pilosula: a review[J]. Carbohydr Polym, 2021, 261: 117863.
 [13] HE J Y, MA N, ZHU S, et al. The genus Codonopsis (Campanulaceae): a review of phytochemistry, bioactivity and quality control[J]. J Nat Med, 2015, 69(1): 1-21.
 [14] KIM E, YANG W S, KIM J H, et al. Lancemaside A from Codonopsis lanceolata modulates the inflammatory responses mediated by monocytes and macrophages[J]. Mediators Inflamm, 2014, 2014: 405158.
 [15] MENG Y, XU Y, CHANG C, et al. Extraction, characterization and anti-inflammatory activities of an inulin-type fructan from Codonopsis pilosula[J]. Int J Biol Macromol, 2020, 163: 1677-1686.
 [16] JOH E H, KIM D H. Lancemaside A inhibits lipopolysaccharide-induced inflammation by targeting LPS/TLR4 complex[J]. J Cell Biochem, 2010, 111(4): 865-871.
 [17] JING Y, LI A, LIU Z, et al. Absorption of Codonopsis pilosula saponins by coexisting polysaccharides alleviates gut microbial dysbiosis with dextran sulfate sodium-induced colitis in model mice[J]. Biomed Res Int, 2018, 2018: 1781036.
 [18] ZHONG Y, CHEN L, LI M, et al. Dangshen erling decoction ameliorates myocardial hypertrophy via inhibiting myocardial inflammation[J]. Front Pharmacol, 2021, 12: 725186.
 [19] LIAO J, HAO C, HUANG W, et al. Network pharmacology study reveals energy metabolism and apoptosis pathways-mediated

- cardioprotective effects of Shenqi Fuzheng[J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 227: 155–165.
- [20] WANG J N, KAN C D, LEE L T, et al. Herbal extract from *Codonopsis pilosula* (Franch.) nannf. enhances cardiogenic differentiation and improves the function of infarcted rat hearts[J]. *Life(Basel)*, 2021, 11(5): 422.
- [21] CAO M, YU C, YAO Z, et al. Atractylodesin III maintains mitochondrial function and inhibits caspase-3 activity to reverse apoptosis of cardiomyocytes in AMI rats[J]. *Int J Clin Exp Pathol*, 2019, 12(1): 198–204.
- [22] TSAI K H, LEE N H, CHEN G Y, et al. *Dung-shen*(*Codonopsis pilosula*) attenuated the cardiac-impaired insulin-like growth factor II receptor pathway on myocardial cells[J]. *Food Chem*, 2013, 138(2–3): 1856–1867.
- [23] FEDERATION W H. World Heart Report 2023: confronting the World's number one killer[EB/OL].[2023.10.26].<https://heartreport23.world-heart-federation.org/>.
- [24] ZOU Y F, LI C Y, FU Y P, et al. Restorative effects of inulin from *Codonopsis pilosula* on intestinal mucosal immunity, anti-inflammatory activity and gut microbiota of immunosuppressed mice[J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13:786141.
- [25] LUAN Y, MAO D, GUO A, et al. The effect of *Codonopsis bulleyana* Forest ex Diels on chronically constipated mice[J]. *Saudi J Biol Sci*, 2019, 26(2): 402–412.
- [26] 刘雪枫, 乔婧, 高建德, 等. 党参总皂苷对TNBS诱导的大鼠溃疡性结肠炎的保护作用及其机制[J]. *中国应用生理学杂志*, 2021, 37(4): 397–401, 406.
- [27] LUAN Y, LI Y, YUE X, et al. Metabonomics of mice intestine in *Codonopsis foetens* induced apoptosis of intestine cancer cells[J]. *Saudi J Biol Sci*, 2019, 26(5): 1003–1010.
- [28] YANG S, SUN J, GU D, et al. Antioxidant activities of sulfated *Codonopsis* polysaccharides in acute oxidative stress[J]. *J Food Biochem*, 2021, 45(12): e13974.
- [29] YU Y, DING S, XU X, et al. Integrating network pharmacology and bioinformatics to explore the effects of *Dangshen* (*Codonopsis pilosula*) against hepatocellular carcinoma: validation based on the active compound luteolin[J]. *Drug Des Devel Ther*, 2023, 17: 659–673.
- [30] WANG L, XU M L, HU J H, et al. *Codonopsis lanceolata* extract induces G0/G1 arrest and apoptosis in human colon tumor HT-29 cells--involvement of ROS generation and polyamine depletion[J]. *Food Chem Toxicol*, 2011, 49(1): 149–154.
- [31] LI W, XU Q, HE Y F, et al. Anti-tumor effect of steamed *Codonopsis lanceolata* in H22 tumor-bearing mice and its possible mechanism[J]. *Nutrients*, 2015, 7(10): 8294–8307.
- [32] CAMPISI J, KAPAH P, LITHGOW G J, et al. From discoveries in ageing research to therapeutics for healthy ageing[J]. *Nature*, 2019, 571(7764): 183–192.
- [33] MENG J, LIU J, CHEN D, et al. Integration of lncRNA and mRNA profiles to reveal the protective effects of *Codonopsis pilosula* extract on the gastrointestinal tract of mice subjected to D-galactose-induced aging[J]. *Int J Mol Med*, 2021, 47(3): 4834.
- [34] ZHANG P, HU L, BAI R, et al. Structural characterization of a pectic polysaccharide from *Codonopsis pilosula* and its immunomodulatory activities in vivo and in vitro[J]. *Int J Biol Macromol*, 2017, 104(Pt A): 1359–1369.
- [35] CHEN D, LIU J, MENG J, et al. Integrative analysis of long non-coding RNAs(lncRNAs), miRNAs, and mRNA-Associated ceRNA network in lung tissue of aging mice and changes after treatment with *Codonopsis pilosula*[J]. *Med Sci Monit*, 2020, 26:e921580.
- [36] REN H, GAO S, WANG S, et al. Effects of *Dangshen* *Yuanzhi* Powder on learning ability and gut microflora in rats with memory disorder[J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 296:115410.
- [37] JUNG I H, JANG S E, JOH E H, et al. *Lancemaside A* isolated from *Codonopsis lanceolata* and its metabolite echinocystic acid ameliorate scopolamine-induced memory and learning deficits in mice[J]. *Phytomedicine*, 2012, 20(1): 84–88.
- [38] WAN L, ZHANG Q, LUO H, et al. *Codonopsis pilosula* polysaccharide attenuates A β toxicity and cognitive defects in APP/PS1 mice[J]. *Aging(Albany NY)*, 2020, 12(13): 13422–13436.
- [39] ZHANG Q, XIA Y, LUO H, et al. *Codonopsis pilosula* polysaccharide attenuates tau hyperphosphorylation and cognitive impairments in hTau infected mice[J]. *Front Mol Neurosci*, 2018, 11: 437.
- [40] CERVANTES GRACIA K, LLANAS-CORNEJO D, HUSI H. CVD and oxidative stress[J]. *J Clin Med*, 2017, 6(2): 22.
- [41] ZOU Y F, ZHANG Y Y, PAULSEN B S, et al. Structural features of pectic polysaccharides from stems of two species of *radix Codonopsis* and their antioxidant activities[J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 159:704–713.
- [42] LIU W, LV X, HUANG W, et al. Characterization and hypoglycemic effect of a neutral polysaccharide extracted from the residue of *Codonopsis Pilosula*[J]. *Carbohydr Polym*, 2018, 197:215–226.
- [43] GU Y, WANG T, CHEN J, et al. The Chinese Herb *Codonopsis pilosula* Isolate Isorhapontigenin protects against oxidative stress injury by inhibiting the activation of PI3K/Akt signaling pathway[J]. *J Integr Neurosci*, 2020, 19(2): 333–340.
- [44] 白子霞, 王宏军, 龙元桃. 党参提取物抗菌活性研究[J]. *辽宁中医杂志*, 2015, 42:1290–1291.
- [45] HAN A Y, LEE Y S, KWON S, et al. *Codonopsis lanceolata* extract prevents hypertension in rats[J]. *Phytomedicine*, 2018, 39: 119–124.
- [46] WANG C, ZHANG Y, XUE H, et al. Extraction kinetic model of polysaccharide from *Codonopsis pilosula* and the application of polysaccharide in wound healing[J]. *Biomed Mater*, 2022, 17(2): 35090145.
- [47] MING K, CHEN Y, YAO F, et al. Phosphorylated *Codonopsis pilosula* polysaccharide could inhibit the virulence of duck hepatitis A virus compared with *Codonopsis pilosula* polysaccharide[J]. *Int J Biol Macromol*, 2017, 94(Pt A): 28–35.
- [48] MING K, HE M, SU L, et al. The inhibitory effect of phosphorylated *Codonopsis pilosula* polysaccharide on autophagosomes formation contributes to the inhibition of duck hepatitis A virus replication[J]. *Poult Sci*, 2020, 99(4): 2146–2156.

(编辑: 梁进权)