·综 述·

茯苓多糖抗肿瘤作用机制的研究进展

周 明[1,2]，刘 敏[1,2]，吕玉亮[3]
（1. 南京中医药大学中医学院中西医结合学院，江苏南京 210023；2. 南京中医药大学国医堂门诊部，江苏南京 210029；
3. 上海市嘉定区南翔医院，上海 201802）

摘要：茯苓多糖是来源于多孔菌科真菌茯苓的干燥菌核、菌丝体和发酵液等药效物质，其具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化和抗抑郁等生物活性。茯苓多糖临床上主要用于治疗恶性肿瘤、结肠炎以及抑郁症等疾病。随着对茯苓多糖的抗肿瘤机制深入研究，研究者发现其通过免疫调节、抑制肿瘤细胞增殖、抗血管生成和遗传调控等抗肿瘤作用，尤其在肝癌、肺癌以及乳腺癌等治疗中广泛应用。该文将拟茯苓多糖对抗肿瘤的最新作用机制进行全面、系统归纳总结，为茯苓多糖抗肿瘤作用的临床应用、新药开发提供基础资料和理论依据。

关键词：茯苓多糖；抗肿瘤；研究进展
中图分类号：R271 **文献标志码：**A **文章编号：**1672-9188(2025)07-0720-004
引用：周明, 刘敏, 吕玉亮. 茯苓多糖抗肿瘤作用机制的研究进展[J]. 世界临床药物, 2025, 46(7): 720-723. DOI：10.13683/j.wph.2025.07.016

Research progress of anti-tumor mechanism of *Poria cocos* polysaccharide

ZHOU Ming[1,2], LIU Min[1,2], LV Yuliang[3]
(*1. College of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, School of Traditional Chinese Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, Jiangsu Province, China; 2. Guoyitang Outpatient Department, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China; 3. Nanxiang Hospital, Jiading District, Shanghai 201802, China*)

Abstract: *Poria cocos* polysaccharide is a medicinal substance derived from dried sclerotium, mycelium and fermentation broth of *Poria cocos*. It exhibits various biological activities, including anti-tumor, anti-inflammatory, antioxidant and antidepressive effects. *Poria cocos* polysaccharide is mainly used in clinical practice to treat malignant tumors, colitis and depression and other diseases. With the in-depth study of the anti-tumor mechanism of *Poria cocos* polysaccharides, researchers have found that it exerts anti-tumor effects through immune regulation, inhibition of tumor cell proliferation, anti-angiogenesis and genetic regulation, and is widely used in the treatment of liver cancer, lung cancer and breast cancer. This article will comprehensively and systematically summarize the latest mechanism of action of *Poria cocos* polysaccharides against tumors, providing basic data and theoretical basis for the clinical application of the anti-tumor effect of *Poria cocos* polysaccharides and the development of new drugs.

Key words: *Poria cocos* polysaccharide; anti-tumor; research progress

茯苓多糖（*Poria cocos* polysaccharide，PCP）是茯苓的干燥菌核、菌丝体和发酵液的重要的药效物质[1—3]，其具有抗肿瘤、抗免疫以及提高免疫力等药理作用，临床上主要治疗恶性肿瘤、炎症以及代谢综合征（metabolic syndrome）等[4—8]。PCP可影响肿瘤细胞的凋亡、增殖以及耐药性，提高患者免疫力，具有显著的抗肿瘤作用[9—11]。据统计，2022

收稿日期：2025-02-05
作者简介：周明，主治医师，讲师，研究方向：中医药防治脾胃疾病机制研究。
基金项目：江苏省自然科学基金(BK20210687)

年全球约有 2 000 万新发恶性肿瘤病例，970 万恶性肿瘤死亡病例。恶性肿瘤病例逐年增加，研究治疗恶性肿瘤药物迫在眉睫。研究者虽从多方面开展 PCP 的药理作用及其应用研究[6,12—13]，但缺少对 PCP 在抗肿瘤应用领域的系统归纳，本文对 PCP 抗肿瘤最新的作用机制进行总结分析，为 PCP 的临床应用提供依据。

1 PCP 增强机体免疫调节

PCP 主要通过激活巨噬细胞和树突状细胞增强抗原呈递能力，促进免疫调节 T 细胞（如 $CD4^+$、$CD8^+$ T 细胞）和自然杀伤细胞的增殖，提高免疫力，具有抗肿瘤作用。陈永芳等[14]证明 PCP 能通过长链非编码 RNA HLA 复合物 11 调控耐药和自噬，影响肝癌（liver cancer）细胞的增殖。YE 等[15]发现 PCP 可显著改变环孢菌素 A 诱导的免疫抑制性肺损伤，调节肠道和肺部微生物群的组成、功能和代谢，发挥其免疫调节作用。YANG 等[16]发现 PCP 结合纳米粒子可显著增强体内抗原特异性辅助性 T 细胞 1 和辅助性 T 细胞 2 免疫反应，抑制肿瘤生长。彭娟娟[17]研究表明，灌胃条件下，PCP 可显著抑制小鼠乳腺癌（breast cancer）细胞 4T1 增长，说明 PCP 可提升 $CD4^+$和 $CD8^+$ T 淋巴细胞的数目和比例，抑制肿瘤免疫因子和肿瘤免疫因子配体表达，激活免疫作用，双向提升机体抑制肿瘤增长。

2 PCP 直接抑制杀灭肿瘤细胞

PCP 影响肿瘤细胞保内的信号转导途径，抑制肿瘤细胞内 DNA 合成，改变肿瘤细胞生长周期，诱导肿瘤细胞凋亡。杨莹[18]发现人肝癌细胞系通过角鲨烯环氧酶激活 NOD 样受体蛋白 3/ 消皮素 D 抗体焦亡通路，降低肿瘤细胞坏死水平，抑制细胞迁移能力，降低肝癌发生率。动物试验[19]证明，PCP 显著降低大鼠的肝功能和血脂水平，且可增强核转录因子红系 2 相关因子 2 信号表达，调节氧化应激水平，抑制核因子 κB 及其下游炎症信号通路，通过上调蛋白表达、抑制炎症因子改善酒精性肝损伤。研究[20]证明，PCP 可能通过 Janus 激酶 1/ 信号转导及转录激活蛋白 3 途径抑制 MCF-7 细胞增殖并促进其凋亡。孙恺婧等[21]证实，当 PCP 具有抑制 NCI-H460 细胞增殖和迁移力，诱导其凋亡。

3 PCP 抗血管生成

PCP 抑制磷脂酰肌醇 3- 激酶 / 蛋白激酶 B（phosphoinositide 3-kinase/protein kinase B，PI3K/PKB）/ 哺乳动物雷帕霉素靶蛋白和丝裂原活化蛋白激酶 / 胞外信号调节激酶等促血管生成信号通路激活，下调血管内皮生长因子（vascular endothelial growth factor，VEGF）和基质金属蛋白酶，调节低氧诱导因子 -1α 的表达，减少 VEGF 转录，抑制肿瘤血管新生。LI 等[22]发现 PCP 治疗肝癌可使白蛋白表达降低，VEGF 重组蛋白水平升高。提示白蛋白和 VEGF 可能是检测肝癌的主要生物标志物。李琳琳[23]证实，PCP 与顺铂联用能抑制肺癌（lung cancer）移植瘤生长，可能是通过抑制 p-STAT3 和 VEGF 表达，进而发挥抗肿瘤血管生成作用。刘雨彤[24]发现随 PCP 浓度升高，抑制乳腺癌（breast cancer）细胞增殖效果越佳，其作用机制可能与调节脂代谢瘦素、固醇调节元件结合蛋白 1 和脂肪酸合成酶途径，介导 PI3K/PKB 信号途径中的蛋白表达有关。研究[25]表明，PCP 可显著抑制红细胞因子、血红素加氧酶 -1、胱氨酸 / 谷氨酸逆向转运蛋白系统在卵巢癌（ovarian cancer）细胞中的表达，通过抑制核转录因子红系 2 相关因子 2/ 血红素加氧酶 -1/ xCT/ 谷胱甘肽过氧化物酶 4 通路诱导卵巢癌细胞铁死亡。

4 PCP 表观遗传调控

PCP 在肿瘤细胞体内展现出重要的表观遗传调控特性，通过抑制 DNA 甲基化或组蛋白修饰，抑制癌基因表达，如 K-ras、调节沉默信息调节因子（silent information regulator，SIRT）1 等。研究[26]显示，PCP 联合长春瑞滨和顺铂能缩减 A549 细胞成瘤的生长速度，降低表皮生长因子受体（epidermal

growth factor receptor，EGFR）在肺癌组织中的分布及其mRNA的表达量。刘雨彤等[27]表明PCP能通过遗传调控干预基因在乳腺癌细胞中的表达。瞿谆等[28]研究发现PCP可减轻炎症反应，调节激素水平，改善多囊卵巢综合征（polycystic ovary syndrome，PCOS）大鼠卵巢功能，证明其机制可能与SIRT1/单磷酸腺苷活化蛋白激酶（5'-monophosphate adenosine activated protein kinase，AMPK信号通路激活有关。研究[29]显示，不同浓度PCP对A2780/PTX细胞均具有增殖抑制作用。LI等[30]发现PCP可能通过调节铁死亡相关的生物功能和药理机制来诱导抗卵巢癌的潜力。

5 PCP降低不良反应

PCP还可通过降低药物不良反应、增强疗效以及保护机体达到抗肿瘤作用。戴德嘉等[31]发现PCP对小鼠肝脏、肾脏、小肠和睾丸等多组织损伤具有保护作用，其机制可能与抗氧化作用有关，为PCP有预防和治疗玉米赤霉烯酮中毒药物开发提供新思路。PCP能抑制炎症和氧化应激，改善由阿霉素（adriamycin）、磷酸铵镁以及乙酰氨基酚等诱导的心肌细胞损伤，且这一过程与激活核转录因子红系2相关因子2/HO-1信号通路相关[32—35]。研究者发现PCP衍生物羧甲基PCP明显减轻环磷酰胺的不良反应，且具有调节肿瘤免疫相关蛋白表达和延长CT26小鼠带瘤生存时间的作用[36—37]。

6 总结

PCP在抗肿瘤药物活性方面具有独特的药理作用。随着科学技术的进步，通过不同的技术手段，对PCP极其衍生物的结构进行修饰，调整PCP极其衍生物的理化性质，增强其抗肿瘤疗效，减少不良反应，扩大临床应用范围，拓展PCP及衍生物的抗肿瘤生物活性。同时，利用多学科开展PCP的生物利用度、药动学和代谢途径等相关研究，提升跨学科发展水平，加强PCP在抗肿瘤领域的基础研究和临床应用。进一步推进PCP及其衍生物，开发更多PCP抗肿瘤药品。由于PCP现有的研究基础、临床应用数据相对较少，开展临床应用有一定局限性。未来，围绕PCP抗肿瘤作用机制相关研究，扩大PCP的临床应用范围，开发出PCP的相关产品，助力医药事业发展，提升人类健康生活。

参考文献：

[1] ZHAO M, GUAN Z, TANG N, *et al*. The differences between the water-and alkaline-soluble *Poria cocos* polysaccharide: A review[J]. Int J Biol Macromol, 2023, 235:123925.

[2] XU T, ZHANG H, WANG S, *et al*. A review on the advances in the extraction methods and structure elucidation of *Poria cocos* polysaccharide and its pharmacological activities and drug carrier applications[J]. Int J Biol Macromol, 2022, 217: 536-551.

[3] LI X, MA L, ZHANG L. Molecular basis for *Poria cocos* mushroom polysaccharide used as an antitumor drug in China[J]. Prog Mole Biol Transl Sci, 2019, 163: 263-296.

[4] LAIQING D, GANGLIANG H. The medicinal value of natural and modified *Poria cocos* polysaccharides[J]. Polymer Bulletin, 2024, 81(18): 16355-16372.

[5] JIANG S, LIANG C, WAN X, *et al*. Integrative analysis reveals the anti-obesity roles of *Poria cocos* polysaccharides through beneficial effects on gut microbiota[J]. J Functional Foods, 2024, 119:106308.

[6] 厉晓, 龚婕, 丁婵, 等. 茯苓多糖的结构、活性及其构效关系研究进展[J]. 中草药, 2025, 56(1): 305-317.

[7] ZHANG WX, HE JQ, ZHENG DP, *et al*. Immunomodulatory activity and its mechanisms of two polysaccharides from *Poria cocos*[J]. Molecules, 2023, 29(1): 50.

[8] ZHANG FM, ZHENG H, ZHENG T, *et al*. Adsorption, *in vitro* digestion and human gut microbiota regulation characteristics of three *Poria cocos* polysaccharides[J]. Food Science and Human Wellness, 2024, 13(3): 1685-1697.

[9] 饶应颖, 李恒宇. 青藤碱用于乳腺癌治疗的机制研究进展[J]. 世界临床药物, 2024, 45(9): 986-990.

[10] YAN H, ZHOU Y, XIE Z, *et al*. Pachymaran alleviates acute gouty arthritis by inhibiting NLRP3 inflammasome activation and pyroptosis[J]. Altern Ther Health Med, 2024, 30(10): 409-415.

[11] ZHAO Y, FENG X, ZHANG L, *et al*. Antitumor activity of carboxymethyl pachymaran with different molecular weights based on immunomodulatory and gut microbiota[J].

Nutrients, 2023, 15(21): 4527.
[12] NI X, WANG Q, NING Y, *et al*. Anemoside B4 targets NEK7 to inhibit NLRP3 inflammasome activation and alleviate MSU-induced acute gouty arthritis by modulating the NF-κB signaling pathway[J]. Phytomedicine, 2025, 138: 156407.
[13] 路平, 史汶龙, 杨思雨, 等. 茯苓化学成分及药理作用研究进展[J]. 中成药, 2024, 46(4): 1246-1254.
[14] 陈永芳, 李艳珂, 张淑静. 茯苓多糖通过LncRNA HCG11/miR-539-3p调控肝癌细胞自噬、化疗耐药的机制[J]. 食品工业科技, 2024, 45(22): 322-330.
[15] YE C, GAO ZH, CHEN KQ, *et al*. Research on pachymaran to ameliorate CsA-induced immunosuppressive lung injury by regulating microflora metabolism[J]. Microorganisms 2023, 11(9): 2249.
[16] YANG J, DONG X, LI B, *et al*. *Poria cocos* polysaccharide—functionalized graphene oxide nanosheet induces efficient cancer immunotherapy in mice[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2023, 10: 1050077.
[17] 彭娟娟. 主要食药用菌多糖抑制乳腺癌的免疫机制研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2021.
[18] 杨莹. 茯苓多糖通过SQLE/NLRP3/GSDMD途径调控细胞焦亡对肝癌的影响及分子机制[D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2023.
[19] ZHOU X, WANG J, ZHOU S. *Poria cocos* polysaccharides improve alcoholic liver disease by interfering with ferroptosis through NRF2 regulation[J]. Aging(Albany NY), 2024, 16(7): 6147-6162.
[20] 刘林夕, 杜雨蒙, 褚雨. 茯苓多糖对高糖诱导乳腺癌MCF-7细胞增殖、凋亡及JAK1/STAT3通路影响[J]. 中国药师, 2021, 24(6): 1085-1090.
[21] 孙恺婧, 刘馨泽, 孙莹, 等. 茯苓多糖对非小细胞肺癌NCI-H460细胞的抑制作用[J]. 食用菌学报, 2024, 31(1): 76-83.
[22] QIN L, HUANG D, HUANG J, *et al*. Integrated analysis and finding reveal anti–liver cancer targets and mechanisms of pachyman(*Poria cocos* polysaccharides)[J]. Front Pharmacol, 2021, 12: 742349.
[23] 李琳琳. 茯苓多糖联合顺铂对Lewis肺腺癌移植瘤的抑瘤作用及VEGF、p-STAT3、CD31表达的影响[D]. 张家口: 河北北方学院, 2021.
[24] 刘雨彤. 茯苓多糖通过LEP/SREBP1/FASN途径影响乳腺癌细胞增殖的机制研究[D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2023.
[25] JING TT, GUO YL, WEI YQ. Carboxymethylated pachyman induces ferroptosis in ovarian cancer by suppressing NRF1/HO-1 signaling[J]. Oncol Lett, 2022, 23(5): 161.
[26] KE W, JIAHAO Z, YONGCHAO C, *et al*. Effects of pachyman in combination with vinorelbine and cisplatin on tumor growth and the expression of egfr and k-ras in mice with lung cancer[J]. Digital Chinese Medicine, 2018, 1(4): 310-315.
[27] 刘雨彤, 宋囡, 王鼻, 等. 基于糖脂代谢基因探讨茯苓多糖干预乳腺癌细胞增殖的分子机制[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2022, 24(6): 2276-2282.
[28] 瞿谆, 马惠荣, 冯丹, 等. 茯苓多糖调节SIRT1/AMPK信号通路对多囊卵巢综合征大鼠卵巢功能的影响[J]. 中国优生与遗传杂志, 2024, 32(6): 1144-1148.
[29] 闫霜, 王雅莉. 茯苓多糖影响卵巢癌细胞耐药性的机制[J]. 西北药学杂志, 2022, 37(3): 94-100.
[30] LI B, DENG Y, LIN X, *et al*. Preclinical study of pachyman inducing ferroptosis against ovarian cancer: Biological targets and underlying mechanisms[J]. Food Sci Nutr, 2023, 11(10): 5999-6009.
[31] 戴德嘉, 李环, 张远嘉, 等. 茯苓多糖缓解玉米赤霉烯酮诱导小鼠毒性作用[C]. //中国毒理学会. 中国毒理学会第十一次全国毒理学大会论文集. 广西大学动物科学技术学院, 2024: 229-230.
[32] 李芸, 牛璐璐, 关新义, 等. 茯苓多糖通过抑制炎症和氧化应激改善阿霉素诱导的心肌细胞损伤[J]. 中华中医药学刊, 2025, 43(6): 239-243.
[33] WU K, QIN J, LIU M, *et al*. Bioinformatics approach and experimental validation reveal the hepatoprotective effect of pachyman against acetaminophen-associated liver injury[J]. Aging(Albany NY), 2023, 15(17): 8800-8811.
[34] WU K, FAN J, HUANG X, *et al*. Hepatoprotective effects exerted by *Poria cocos* polysaccharides against acetaminophen-induced liver injury in mice[J]. Int J Biol Macromol, 2018, 114: 137-142.
[35] 刘若楠, 邹东敏, 刘茂军, 等. 茯苓多糖对磷酸铵镁致羊肾小管上皮细胞损伤的保护作用[J]. 中国兽医学报, 2022, 42(2): 294-298.
[36] 王灿红, 霍小位, 何晓山, 等. 羧甲基茯苓多糖对肠癌小鼠生命延长及对环磷酰胺的减毒作用[J]. 食品科学, 2016, 37(21): 229-233.
[37] TAN Z, ZHANG Q, ZHAO R, *et al*. A comparative study on the effects of different sources of carboxymethyl Poria polysaccharides on the repair of DSS-induced colitis in mice[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(10): 9034.

（编辑：沈佳婕）