

·文献综述·

## 天然多糖对心血管系统保护作用的研究进展

周亚敏<sup>1,2,3</sup>, 胡玉珍<sup>1,2,3</sup>, 唐洁<sup>1,2,3</sup>, 夏伯侯<sup>1,2,3</sup>, 李亚梅<sup>1,2,3</sup>, 林丽美<sup>1,2,3\*</sup>, 廖端芳<sup>1,2,3</sup>(1. 湖南中医药大学, 湖南长沙 410208; 2. 湖南省中药不良成分快速检测及脱除工程技术研究中心, 湖南长沙 410208;  
3. 中药有毒物质防控技术湖南省工程实验室, 湖南长沙 410208)

〔摘要〕多糖(Polysaccharide)广泛存在于动物、植物、微生物中,它们是一类结构复杂的天然高分子化合物,大多是有益于人体健康的活性物质。大量的药理和临床研究表明,天然多糖具有多种药理活性,尤其具有降血糖、降血压、降血脂、抗凝血、抑制血管平滑肌增生等独特作用,可改善人体微循环,用于预防和治疗高血脂症、动脉粥样硬化、冠心病等心血管疾病。本文综述了近年来相关文献中多糖对心血管系统保护作用的研究概况,以期对开发有益于心血管保护作用的多糖保健功能食品与天然无毒副药物提供依据。

〔关键词〕多糖;降血糖;降血压;抗凝血;心血管疾病

〔中图分类号〕R54;R28

〔文献标识码〕A

〔文章编号〕doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2016.12.020

## Advance in the Protective Effects of Natural Polysaccharides on Cardiovascular System

ZHOU Yamin<sup>1,2,3</sup>, HU Yuzhen<sup>1,2,3</sup>, TANG Jie<sup>1,2,3</sup>, XIA Bohou<sup>1,2,3</sup>, LI Yamei<sup>1,2,3\*</sup>, LIN Limei<sup>1,2,3</sup>, LIAO Duanfang<sup>1,2,3</sup>

(1. School of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 2. Hunan Engineering Center for Rapid Test and Removal of Toxic and Harmful Substances in Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 3. Hunan Engineering Laboratory for Prevention and Control Technology of Toxic Substances in Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China)

〔Abstract〕Polysaccharide widely exists in animals, plants, microorganisms, which is a kind of complex structure of natural polymer compound, mostly are active substances beneficial to human body health. A lot of pharmacology and clinical studies have shown that natural polysaccharide has many pharmacological activities, especially hyperglycemic, hypotensive, hypolipidemic, anticoagulant, inhibition of vascular smooth muscle hyperplasia. It can improve the body circulation and prevent hyperlipidemia, atherosclerosis, coronary heart disease and other cardiovascular diseases. This paper reviews the research progress about natural polysaccharides in the study of protective effect on cardiovascular system in recent years, to provide references for developing the medicines with no toxic and side effects and healthy foods in preventing and treating cardiovascular diseases.

〔Keywords〕polysaccharide; hyperglycemic; hypotensive; anticoagulation; cardiovascular disease

多糖是由糖苷键结合的糖链,超过10个的单糖组成的聚合糖高分子碳水化合物,结构复杂,种类繁多。目前已发现的活性多糖有几百种,按其来源不同,可分为植物多糖、真菌多糖、藻类多糖、动物多糖和细菌多糖五大类。有学者预言21世纪前几十年将是“多糖时代”,多糖作为一种重要生命物质,具有丰富的生物活性,不仅具有免疫调节功能,还可以抗肿瘤、抗病毒、抗炎、降血糖、降血脂、降血压、抗辐射等,且无毒副作用。自1986年日本批准香菇多糖应用于临床以来,目前在中国、美国、韩国、日本及一些欧洲国家,已有几十种多糖被批准应用于疾病的治疗和保健食品,例如:香菇注射液、灰树花营养液、复合灵芝孢子粉胶囊与姬松茸多糖

冲剂,尤其是灵芝多糖在心血管保护作用的降血糖、降血脂、免疫调节等方面应用广泛<sup>[1]</sup>。

随着社会经济的发展,人口老龄化及城镇化进程的加速,中国心血管病危险因素流行趋势呈现明显上升态势。目前,全世界每年死于心血管疾病的人数高达1500万人,我国有近2.9亿心血管疾病患者,心血管病死亡占死亡原因首位,国内心血管治疗药物市场终端将突破1500亿元人民币的规模。心血管疾病的防治已经是一个重大而亟待解决的公共卫生问题,“中国心血管健康联盟”于2015年12月28日正式成立,在政府领导下建立中国心血管防治战线,从而实现中国心血管事件的拐点下降早日到来。高血压、高血脂、糖尿病和吸烟已是目

〔收稿日期〕2015-12-31

〔基金项目〕科技部“重大新药创制”(2013ZX09201019);教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20124323120004);湖南省自然科学基金(13JJ4089);长沙市重点科技计划(k1406039-31);湖湘青年科技创新创业平台人才项目(2013);湖南省十二五重点学科药学学科资助。

〔作者简介〕周亚敏,女,在读硕士研究生,研究方向:天然产物分析与质量控制研究。

〔通讯作者〕\*林丽美,女,副教授,硕士研究生导师,E-mail:lizasmile@163.com。

前公认的主要心血管危险因素,会造成血管内皮损伤,粥样硬化斑块形成,进而出现心肌缺血、心绞痛、冠心病,然后发展到心肌梗死、心律失常,最终导致心力衰竭,甚至死亡<sup>[2]</sup>。而天然活性多糖对心血管疾病的危险因素的防治研究更是日新月异,在心血管疾病基础药理的作用,逐渐成为研究热点。本文对近年来多糖对心血管系统保护作用的研究进行了综述。

## 1 降血糖作用

长期的血糖升高可以影响心肌组织的功能,增加发生心脏功能不全的风险;糖尿病是一种严重的慢性代谢性疾病,是任何部位的血管发生动脉粥样硬化病变的重要危险因素,目前全世界大约有 4% 的人口深受其苦,预计将在 2025 年增长到 5.4%<sup>[3]</sup>。2 型糖尿病更是冠心病和心力衰竭发生发展的主要独立危险因素。而目前使用的大部分糖尿病口服治疗药物都有一定的毒副作用,长期使用胰岛素又会导致机体胰岛素受体敏感性降低,产生胰岛素抵抗,最终使病情加重,传统的许

多降糖药物,肝、肾功能受损的糖尿病患者禁用。近年来研究中发现许多中药中提取的多糖有良好的降糖作用,且此类药物作用温和、依赖性低、无毒副作用,开发利用潜力大,于是对多糖在降血糖方面的应用成了研究热点。多糖来源广泛,降糖机制多效应、多靶点、多途径,是一类值得开发降糖新药的优势资源。研究发现,具有显著降血糖效果的天然多糖主要有灵芝、茶叶、南瓜、枸杞、当归、海带、黑木耳、人参多糖等<sup>[4-11]</sup>。大量的研究证实,天然多糖降血糖机制主要包括以下几个方面:对血糖激素水平的调节;增强胰岛素敏感性与改善胰岛素抵抗;对糖代谢酶活性的调节;保护与修复胰岛  $\beta$  细胞;抗氧化和免疫调节作用等,详见表 1。天然多糖具有毒副作用小、安全性高、疗效好等特点,在降血糖方面已经取得了一定的进展,部分多糖制剂已应用于临床。但由于多糖的制备纯化技术有限,大多数为多糖或糖蛋白的粗制剂,且多数作用机制尚不明确。相信随着多糖纯化技术和制剂技术的进步,天然多糖在抗糖尿病等心血管疾病领域的应用将会更加广泛。

表 1 多糖的降血糖作用

多糖来源	来源部位	药理作用及机制	参考文献
麦冬( <i>Ophiopogon japonicus</i> )	块根	显著降低正常和糖尿病小鼠的血糖水平,减少胰岛素的降解、改善与修复胰岛 $\beta$ 细胞功能	[12]
芦荟( <i>Aloe</i> )	叶	降低正常小鼠血糖水平,促进肝脏中血糖转化为糖元,对血清胰岛素水平无影响	[13]
玉米( <i>Zea mays L.</i> )	花柱与柱头	显著缓解糖尿病小鼠多饮、多食、消瘦症状,拮抗升糖激素作用发挥降糖作用	[14]
黄芪( <i>Astragalus membranaceus Bunge</i> )	根	明显改善 2 型糖尿病小鼠的高血糖症和胰岛素抗性,调节骨骼肌部分胰岛素信号通路增加胰岛素受体量与亲和力,促进胰岛素与胰岛素受体结合	[15]
麦冬( <i>Ophiopogon japonicus</i> )	块根	显著降低 2 型糖尿病小鼠血糖,通过调控胰岛素受体 InsR,影响信号因子改善胰岛素抵抗现象	[16]
茶树( <i>Camellia sinensis L.</i> )	叶	有效治疗 2 型糖尿病小鼠,通过调控胰岛素受体 InsR,影响信号因子(InsR/IRS-1/PI3K/Akt/GSK-3/Glut-4)改善胰岛素抵抗现象	[17]
枸杞( <i>Lycium barbarum L.</i> )	果实	能够保护链脲佐菌素损伤的 NIT-L1 胰岛 $\beta$ 细胞,改善胰岛 $\beta$ 细胞形态,促进肝脏和胰岛 $\beta$ 细胞的功能修复和再生	[18]
羊栖菜( <i>Hizikia fusiforme</i> )	藻体	减轻高糖对胰岛 $\beta$ 细胞的生长抑制和细胞凋亡,修复受损细胞,并明显降低 bax、caspase-3 基因表达	[19]
南瓜( <i>Cucurbita moschata</i> )	果实	显著降低糖尿病兔子血糖水平,促进受损胰岛 $\beta$ 细胞的再生增殖与修复	[20]
枸杞( <i>Lycium barbarum L.</i> )	果实	具有明显的降糖效果,通过抑制 $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性,降低胰岛素敏感性,延缓碳水化合物在小肠内的分解速度	[6]
泥鳅( <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> )	分泌物	显著降低糖尿病大鼠血糖;其机制与降低血液中的肿瘤坏死因子、白介素等炎症因子,升高超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)等抗氧化酶活性有关	[21]
灵芝( <i>Ganoderma Lucidum</i> )	子实体	降低 2 型糖尿病小鼠血糖,与其抗氧化应激作用、阻止细胞凋亡和促进胰岛 $\beta$ 细胞再生有关	[22]
人参( <i>Panax ginseng</i> )	根	对糖尿病小鼠具有显著的降糖效果,与提高机体抗氧化酶活性有关	[23]
海带( <i>Saccharina japonica</i> )	叶	显著降低糖尿病小鼠的血糖,刺激胰腺胰岛素的释放,减少胰岛素的新陈代谢	[24]
仙人掌( <i>Opuntia stricta</i> )	果实	具有明显的抗高血糖效果,与其保护肝脏免受过氧化损伤和维持组织功能,从而改善靶细胞的敏感性等有关	[25]

## 2 降血脂作用

当人体脂质代谢异常时,血脂浓度持续升高,会发生危害健康的高血脂症。高脂血症是可直接引起一些严重危害人体健康的心血管疾病(动脉粥样硬化、冠心病)的危险因素之一,特别是低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)浓度升高,已被认定是冠心病致病的主要危险因素。而近年来随着生活水平不断提高以及不良饮食习惯,造成了大量的高血脂患者,目前公认调脂最有效并广泛应用的西药是他汀类,但其有肝脏和肌肉毒副作用,严重者可导致横纹肌溶解症,人

们迫切需要能有效降低人体血脂绿色纯天然药物从而降低心血管疾病的发生率。大量实验研究显示,部分多糖具有降血脂功能。随着研究的深入,发现多糖降脂作用主要机制有:调控脂肪细胞增殖分化;调控脂质代谢过程;调节脂质代谢相关酶活性,减少体内游离脂肪酸的产生;促进胆固醇向胆汁酸的转化与排泄,抑制胆酸与脂类物质结合还有一些能减少肠道对脂类物质的吸收等,详见表2。多糖降血脂作用显著,毒副作用小,是天然的降血脂的保健食品,然而目前对其结构分析与降血脂作用关系的研究尚不深入,使得多糖在降血脂领域的应用受到一定的限制。

表2 多糖的降血脂作用

多糖来源	来源部位	药理作用及机制	参考文献
金针菇( <i>Flammulina velutipes</i> )	子实体	显著降低高脂血症仓鼠血清中甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、LDL-C和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、LDL/HDL、磷脂等	[26]
扇贝壳( <i>Patinopecten yessoensis</i> )	壳	对3T3-L1前脂肪细胞增殖、分化具有较强的抑制作用	[27]
附子( <i>Aconitum carmichaelii Debx</i> )	子根	降低3T3-L1前脂肪细胞诱导分化成熟的脂肪细胞的细胞活力	[28]
青钱柳( <i>Cyclocarya paliurus</i> )	叶	抑制脂肪细胞的增殖,降低葡萄糖的消耗和细胞外甘油含量	[29]
黄芪( <i>Astragalus membranaceus Bunge</i> )	根	抑制前脂肪细胞增殖、分化,促进脂联素分泌、脂肪细胞葡萄糖摄取及增加脂质堆积等调脂作用	[30]
金樱子( <i>Rosa laevigata Michx.</i> )	果实	明显降低高脂血症大鼠的血清TC、TG、LDL-C水平,抑制肝脂肪沉积,与调节PPAR介导的脂肪代谢有关	[31]
枸杞( <i>Lycium barbarum L.</i> )	果实	明显降低调节机体脂肪分泌代谢的脂肪因子(瘦素、IL-6及TNF- $\alpha$ )水平,表明其作用机制与脂肪因子水平和缓解脂毒性有关	[32]
仙人掌( <i>Opuntia stricta</i> )	果实	显著降低血清血脂水平;调节参与胆固醇代谢酶活性从而抑制脂质积累和炎性细胞浸润	[33]
青钱柳( <i>Cyclocarya paliurus</i> )	叶	对高脂血症小鼠有明显的治疗效果,通过下调小鼠肝脏FAS mRNA和蛋白表达水平,减少体内游离脂肪酸的产生,从而降低血TC和LDL水平	[34]
青钱柳( <i>Cyclocarya paliurus</i> )	叶	对脂蛋白脂肪酶(LPL)活性具有一定的抑制作用,增加结合胆汁酸的能力和减少胆固醇产生	[35]
蛹虫草( <i>Cordyceps militaris</i> )	子实体	显著降低血脂和肝脏脂质水平,提高谷氨酸丙酮酸转移酶(GPT)和抗氧化活性减轻肝细胞损伤等	[36]
黄连( <i>Coptis Chinensis</i> )	根茎	显著降低高脂血症小鼠血清中TC、TG,清除体内各种ROS,减少脂质过氧化产物丙二醛(MDA)的生成量,提高SOD、Gpx活性	[37]
金桔( <i>Fortunella margarita</i> )	果实	对高脂血症小鼠有降脂作用,与促进胆固醇向胆汁酸的转化与排泄,抑制胆酸与脂类物质结合,抗氧化活性等有关	[38]

## 3 降血压作用

高血压也是心血管疾病发生的重要因素,研究表明高血压会增加患者发生血管闭塞和破裂的几率,并且会加速动脉粥样硬化,增加冠心病发病的危险性,因此增加了患者心血管疾病发病风险。高血压理想治疗(HOT)表明控制好患者舒张压及收缩压可降低心血管事件死亡率60%以上;英国前瞻性糖尿病研究(UKPDS)表明,对高血压合并糖尿病(DMH)患者严格控制血压和血糖可降低心血管病死亡率

30%以上。研究表明部分多糖具有降血压作用,并对高血压引起的肾脏、心脏损伤具有改善、保护作用。其作用机制主要包括抑制血管紧张素转换酶、促进血管扩张、抑制氧化应激等,详见表3。

## 4 抗心肌缺血再灌注损伤作用

心肌缺血再灌注损伤在临床中非常常见。目前仍是心肌梗死、中风、器官移植等心血管疾病患者手术(溶栓、经皮冠状动脉腔内血管成形术或搭桥术)后一个重要的并发症,也是致死原因之一。但是实验



表 3 多糖的降血压作用

多糖来源	来源部位	药理作用及机制	参考文献
天麻( <i>Gastrodia elata Bl</i> )	根茎	降低 SHR 血压,抑制血管紧张素 I 转换酶 ACE 活性,明显延缓自发性高血压的发展	[39]
仙人掌( <i>Opuntia stricta</i> )	果实	SHR 血压明显下降,可能与降低大鼠血浆中 AngII 及 ET 含量有关	[40]
天麻( <i>Gastrodia elata Bl</i> )	根茎	对高血压模型大鼠具有良好的降压作用,其机制与促进内源性舒血管物质的生成及抑制内源性缩血管物质的释放,最终恢复二者拮抗效应的平衡有关	[41]
冬虫夏草( <i>Cordyceps sinensis</i> )	全体	SHR 血压明显下降,与刺激血管扩张剂 NO 的分泌量,减少 ET-1、肾上腺素、去甲肾上腺素、TGF-1 的水平和降低 C 反应蛋白的炎性介质有关	[42]
灵芝( <i>Ganoderma Lucidum</i> )	子实体	降低高血压大鼠血压,抑制氧化应激诱导的组织损伤,降低已增强的 NADPH 氧化酶的活性	[43]
灰树花( <i>Grifola frondosa</i> )	子实体	对高血压大鼠有降血压的作用,对高血压导致的心脏、肾脏损害有一定的保护作用	[44]
枸杞( <i>Lycium barbarum L.</i> )	果实	显著降低高血压模型大鼠,其机制与下调 lncRNA sONE 的表达,上调 eNOS 的表达有关	[45]
铁皮石斛( <i>Dendrobium officinale</i> )	茎	对易卒中型自发性高血压大鼠有降低血压、延长生存期、改善器官功能和预防中风作用	[46]
牡蛎( <i>Crassostrea gigas</i> )	蛎肉	显著降低高血压模型大鼠的收缩压和舒张压	[47]

和临床的一些研究表明,有时在缺血心肌恢复灌注后,缺血区的组织学损伤反较永久性缺血区严重。因此减轻心肌缺血灌注损伤对于防治心血管损伤有着重要的临床意义。研究表明许多多糖可通过多种机制防治心肌缺血再灌注损伤显示出多靶点效应,

氧化途径是再灌注损伤的主要机制之一,涉及多个层次、多条信号通路。另外,多糖通过调节离子转运,减轻钙离子超载;减轻炎症反应;调节细胞凋亡相关分子表达,抑制心肌细胞凋亡;改善内皮功能等途径发挥抗心肌缺血再灌注损伤作用。详见表 4。

表 4 多糖抗心肌缺血再灌注损伤作用

多糖来源	来源部位	药理作用及机制	参考文献
杜仲( <i>Eucommiaulmoides Oliv</i> )	树皮	可明显减轻心肌损伤,通过保护 SOD 活力、提高清除氧自由基的能力、抑制氧自由基介导的心肌细胞损害等机制对心肌缺血再灌注损伤起保护作用	[48]
黑木耳( <i>auricularia auricula</i> )	子实体	具有抗心脏心肌缺血/再灌注(I/R)损伤的作用,这种保护作用可能与其增加心肌 SOD 活性,减少脂质过氧化损伤有关	[49]
苦瓜( <i>Momordica charantia</i> )	果实	明显减少缺血性脑梗死体积,其机制可能由于其抗氧化活动和抑制 JNK3 信号级联反应	[50]
灵芝( <i>Ganoderma Lucidum</i> )	子实体	对再灌注损伤具有保护作用,其机制可能是由于减少氧化应激,减轻依赖细胞凋亡的线粒体和内质网(ER)应激	[51]
辽东楸木( <i>Aralia elata</i> )	根	减少缺血再灌注心肌损伤,其保护作用可能是通过改善内源性抗氧化、调节炎症反应和抑制心肌细胞凋亡	[52]
丹参( <i>Salvia miltiorrhiza</i> )	根和根茎	显著减小心肌梗死的面积,通过改善氧化应激,抑制心肌细胞凋亡对心肌损伤有保护作用	[53]
枸杞( <i>Lycium barbarum L.</i> )	果实	对心脏缺血再灌注大鼠显著降低心肌酶,增加 Na <sup>+</sup> -k <sup>+</sup> -ATP 酶和 Ca <sup>2+</sup> -ATP 酶活性,改善钙超载和心肌能量代谢	[54]
褐藻( <i>Phaeophyta</i> )	藻体	明显改善大鼠心肌缺血再灌注损伤,减少了心肌 TNF- $\alpha$ 和 IL-6 水平和 MPO 的活性,降低(多形核白细胞)PMN 渗透和心肌损害	[55]
红豆杉( <i>Taxus chinensis</i> )	树皮	减轻缺血再灌注导致的心肌损伤,其机制可能与保护心肌细胞线粒体、胞核、肌丝,抑制心肌细胞凋亡有关	[56]
麦冬( <i>Ophiopogon japonicus</i> )	块根	具有抗局部心肌缺血作用,其机制与诱导心肌细胞中鞘氨醇激酶的释放及其受体的表达有关	[57]
黄芩( <i>Scutellaria baicalensis</i> )	根	显著减小心肌梗死面积,对其心脏保护作用主要通过刺激过氧化氢酶活性、提高乙酰胆碱诱导的血管舒张,改善血管弹性	[58]
黄芪( <i>Astragalus membranaceus</i> )	根	对缺血再灌注损伤内皮细胞具有保护作用,机制可能与促进血管内皮细胞增殖修复,降低细胞间黏附分子 1 蛋白表达,进而抑制与外周血中性粒细胞的黏附有关	[59]

## 5 抗凝血、抗血栓等作用

凝血因素导致的心血管疾病已经严重威胁到公众健康。抗凝血治疗主要是通过抑制血小板功能、限制凝血因子、刺激血管内皮抗血栓作用、增强纤溶及改善血流条件等途径实现的。目前应用于临床治疗的抗凝血药物主要是肝素和香豆素类。但是这些药物具有诱发血小板减少症、出血症和高血钾症等

副作用,开发具有预防血管血栓性疾病的功能性食品日趋成为研究的焦点。硫酸酯基对抗凝血活性有着重要的作用,含有丰富的天然硫酸多糖的海洋生物藻类,在过去的研究中被证实具有良好的抗凝血活性<sup>[60]</sup>。这些天然多糖可以作为没有不良出血风险的新抗凝、抗血小板、抗血栓形成的化合物来源,有些多糖的抗凝活性详细的机制尚不清楚,但自然潜在的抗凝剂值得探索与开发。详见表5。

表5 多糖抗血凝、血栓作用

多糖来源	来源部位	药理作用及机制	参考文献
野茶树( <i>Camellia sinensis</i> )	叶	显著延长活化部分凝血活酶时间(APTT)和凝血酶时间(TT),其抗凝通过抑制内在和常见的凝固途径和控制纤维蛋白原转换成纤维蛋白的凝血酶活性,不抑制外在途径	[61]
刺松藻( <i>Codium fragile</i> )	藻体	显著延长家兔血浆 APTT、凝血酶原时间(PT)、TT,显著抑制二磷酸腺苷(ADP)引起的家兔血小板聚集	[62]
<i>Geoffroea spinosa</i>	树皮	明显延长 APTT,抑制 ADP 诱导的血小板聚集,表现出强大的抗血栓的效果,没有出血倾向	[63]
海带( <i>Laminaria japonica</i> )	叶	显著延长 APTT 和 PT,具有良好的抗血栓效果	[64]
浒苔( <i>Enteromorpha clathrata</i> )	藻体	显著延长 APTT 和 TT,是一种新颖结构的硫酸酯多糖	[65]
石耳( <i>Umbilicaria esculenta</i> )	子实体	对动静脉旁路血栓形成模型小鼠的血栓形成有明显抑制作用,体内体外都具有抗血栓作用	[66]

## 6 展望

21 世纪,医学模式将从治疗型向预防型逐渐转变,人类将趋向回归自然,在国际上正掀起对天然药物的研究热潮。天然多糖广泛的生物活性已被人们认知,其独特活性和来源的天然性在保障人体健康应用中具有很大潜力与优势。随着对多糖生物活性的研究深入,多糖的活性机制、功效因子更加明确,它的应用领域也更加拓宽。根据其调节血管舒缩、抗血小板、降血糖、血脂、抗心肌缺血灌注损伤、抗氧化及保护心肌等作用,表明天然多糖对防治心血管疾病具有良好前景,但目前国内对多糖的研究比较偏重于其调节免疫及抗肿瘤方面,对其心血管作用研究内容相对较少,基础也相对薄弱,且研究仅停留在动物实验水平,离临床治疗还有较大的差距,并且较多活性多糖的结构分析难度较大,作用机制尚不明确,都有待于今后临床和科研工作者更深入更细致的探讨。相信随着多糖在心血管方面的研究日益增多,研究方法的不断改进,多糖的临床应用也不断增多,并开发出更多有效的保健食品与天然无毒副作用来预防和治疗心血管疾病。

### 参考文献:

[1] Chu TTW, Benzie IFF, Lam CWK, et al. Study of potential

cardioprotective effects of *Ganoderma lucidum* (Lingzhi): results of a controlled human intervention trial [J]. *British Journal of Nutrition*, 2012, 107(7): 1017-1027.

- [2] 李瑞杰,李贵华.构筑六条防线,阻断心血管事件链:心血管疾病的现代综合防治观[J].*中国临床医生杂志*,2007,35(1):70-72.
- [3] Dahech I, Belghith KS, Hamden K, et al. Antidiabetic activity of levan polysaccharide in alloxan-induced diabetic rats [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2011, 49(4): 742-746.
- [4] Xiao C, Wu QP, Cai W, et al. Hypoglycemic effects of *Ganoderma lucidum* polysaccharides in type 2 diabetic mice [J]. *Archives of pharmacal research*, 2012, 35(10): 1793-1801.
- [5] Wang K, Cao P, Shui W, et al. *Angelica sinensis* polysaccharide regulates glucose and lipid metabolism disorder in prediabetic and streptozotocin-induced diabetic mice through the elevation of glycogen levels and reduction of inflammatory factors [J]. *Food & function*, 2015, 6(3): 902-909.
- [6] Tang HL, Chen C, Wang SK, et al. Biochemical analysis and hypoglycemic activity of a polysaccharide isolated from the fruit of *Lycium barbarum* L [J]. *International journal of biological macromolecules*, 2015, 77: 235-242.
- [7] Zhao M, Zhang ZF, Ding Y, et al. Astragalus polysaccharide improves palmitate-induced insulin resistance by inhibiting PTP1B and NF- $\kappa$ B in C2C12 myotubes[J]. *Molecules*, 2012, 17(6): 7083-7092.
- [8] Zeng F, Zhao C, Pang J, et al. Chemical Properties of a Polysaccharide Purified From Solid-State Fermentation of *Auricularia Auricular* and its Biological Activity as a Hypolipidemic

- Agent[J]. *Journal of food science*, 2013, 78(9): 1470–1475.
- [9] Zhao XH, Qian L, Yin DL, et al. Hypolipidemic effect of the polysaccharides extracted from pumpkin by cellulase-assisted method on mice[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2014, 64: 137–138.
- [10] Deng YT, Lin-Shiau SY, Shyur LF, et al. Pu-erh tea polysaccharides decrease blood sugar by inhibition of  $\alpha$ -glucosidase activity in vitro and in mice [J]. *Food & Function*, 2015, 6(5): 1539–1546.
- [11] Zhu J, Liu W, Yu JP. Characterization and hypoglycemic effect of a polysaccharide extracted from the fruit of *Lycium barbarum* L[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 98(1): 8–16.
- [12] Chen XM, Jin J, Tang J. Extraction, purification, characterization and hypoglycemic activity of a polysaccharide isolated from the root of *Ophiopogon japonicus* [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2011, 83(2): 749–754.
- [13] 叶俊,磨洁琳,于兰,等.芦荟多糖对大鼠重型颅脑损伤继发高血糖的影响及机制[J].*华夏医学*,2014,27(1):9–12.
- [14] 张艳,李永哲,周鸿立,等.玉米须多糖对肾上腺素所致高血糖小鼠的影响[J].*吉林化工学院学报*,2011,28(7): 27–29.
- [15] Liu M, Wu K, Mao X, et al. Astragalus polysaccharide improve insulin sensitivity in KKAY mice, regulation of PKB/GLUT4 signaling in skeletal muscle [J]. *J Ethnopharmacol*, 2010, 127(1): 32–37.
- [16] Wang LY, Wang Y, Xu DS. MDG-1, apolysaccharide from *Ophiopogon japonicus* exerts hypoglycemic effects through the PI3K/Akt pathway in a diabetic KKAY mouse model[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2012, 143(1): 347–354.
- [17] Li SQ, Chen HX, Wang J. Involvement of the PI3K/Akt signal pathway in the hypoglycemic effects of tea polysaccharides on diabetic mice [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2015, 81:967–974.
- [18] 李朝晖,马晓鹂,吴万征.枸杞多糖降血糖作用的细胞实验研究[J].*中药材*,2012,35(1):124–127.
- [19] 张杰,杨旭东,申梅淑,等.羊栖菜联合姬松茸多糖对胰岛 $\beta$ 细胞保护作用[J].*中国食用菌*,2014,33(5):37–39.
- [20] Zhang Y, Chen P, Zhang Y, et al. Effects of polysaccharide from pumpkin on biochemical indicator and pancreatic tissue of the diabetic rabbits [J]. *International journal of biological macromolecules*, 2013, 62: 574–581.
- [21] Zhou J, Yan JY, Bai ZS. Hypoglycemic activity and potential mechanism of a polysaccharide from the loach in streptozotocin-induced diabetic mice [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2015, 121: 199–206.
- [22] Zheng J, Yang B, Yu Y, et al. *Ganoderma lucidum* polysaccharides exert anti-hyperglycemic effect on streptozotocin-induced diabetic rats through affecting  $\beta$ -cells [J]. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 2012, 15(7): 542–550.
- [23] Sun C, Chen Y, Li X, et al. Anti-hyperglycemic and anti-oxidative activities of ginseng polysaccharides in STZ-induced diabetic mice [J]. *Food & Function*, 2014, 5(5): 845–848.
- [24] Wang J, Jin W, Zhang W, et al. Hypoglycemic property of acidic polysaccharide extracted from *Saccharina japonica* and its potential mechanism[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 95(1): 143–147
- [25] Zhao L Y, Lan Q J, Huang Z C, et al. Antidiabetic effect of a newly identified component of *Opuntia dillenii* polysaccharides[J]. *Phytomedicine*, 2011, 18(8): 661–668.
- [26] Yeh M Y, Ko W C, Lin L Y. Hypolipidemic and antioxidant activity of enoki mushrooms (*Flammulina velutipes*)[J]. *BioMed research international*, 2014.
- [27] Takahashi K, Hasegawa Y. Glycoproteins isolated from scallop shells inhibit differentiation of 3T3-L1 preadipocyte cells[J]. *Fisheries Science*, 2014, 80(6): 1301–1310.
- [28] 于乐,吴伟康.附子多糖对胰岛素抵抗脂肪细胞模型葡萄糖摄取的影响[J].*亚太传统医药*,2009,5(7):11–13.
- [29] 刘姚,傅凌韵,叶振南,等.青钱柳多糖对 3T3-L1 前脂肪细胞增殖分化的影响[J].*食品科学*,2013,34(23):291–295.
- [30] 刘毅,王文健,陈伟华.黄芪多糖对 3T3-L1 前脂肪细胞增殖和分化的影响[J].*中西医结合学报*,2007,5(4):421–426.
- [31] Yu CH, Dai XY, Chen Q, et al. Hypolipidemic and antioxidant activities of polysaccharides from *Rosae Laevigatae Fructus* in rats[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 94(1): 56–62.
- [32] 黄云兰,梁耿,韦凯东.枸杞多糖对大鼠糖尿病的作用研究[J].*中国实验方剂学杂志*,2012,18(22):275–278.
- [33] Zhao LY, Huang W, Yuan QX, et al. Hypolipidaemic effects and mechanisms of the main component of *Opuntia dillenii* Haw. polysaccharides in high-fat emulsion-induced hyperlipidaemic rats[J]. *Food chemistry*, 2012, 134(2): 964–971.
- [34] 刘姚,陈婷婷,傅凌韵.青钱柳多糖对高脂血症小鼠脂肪酸合成酶(FAS)表达影响[J].*江西农业大学学报*,2013,35(2):392–397.
- [35] 黄明圈,上官新晨,徐明生,等.青钱柳多糖降血脂作用的研究[J].*江西农业大学学报*,2011,33(1):157–161.
- [36] Wang L, Xu N, Zhang J, et al. Antihyperlipidemic and hepatoprotective activities of residue polysaccharide from *Cordyceps militaris* SU-12 [J]. *Carbohydrate polymers*, 2015, 131: 355–362.
- [37] Jiang S, Du PG, An LP, et al. Anti-diabetic effect of *Coptis chinensis* polysaccharide in high-fat diet with STZ-induced diabetic mice [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2013, 55: 118–122.
- [38] Zeng H, Miao S, Zhang Y, et al. Isolation, preliminary structural characterization and hypolipidemic effect of polysaccharide fractions from *Fortunella margarita* (Lour.) Swingle[J]. *Food Hydrocolloids*, 2016, 52: 126–136.
- [39] Lee OH, Kim KI, Han CK, et al. Effects of acidic polysaccharides from *Gastrodia rhizome* on systolic blood pressure and serum lipid concentrations in spontaneously hypertensive rats

- fed a high-fat diet [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, 13(1): 698-709.
- [40] 梁秋云,刘华钢,黄慧学,等.仙人掌果多糖对自发性高血压大鼠血压的调节及机制[J].*中国实验方剂学杂志*,2010,16(6):167-170.
- [41] 缪化春,沈业寿.天麻多糖的降血压作用[J].*高血压杂志*,2006,14(7):531-534.
- [42] Xiang FX, Lin LM, Hu M. Therapeutic efficacy of a polysaccharide isolated from *Cordyceps sinensis* on hypertensive rats [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, 82: 308-314.
- [43] 胡太平,蔡允彪.灵芝多糖对 DOCA 高血压大鼠主动脉 NADPH 氧化酶活性的影响[J].*社区医学杂志*,2007,5(13):1-3.
- [44] 张立霞,杨静,倪艳波,等.灰树花多糖对高血压大鼠的血压及心脏、肾脏超微结构的影响 [J]. *中国老年学杂志*,2013,33(19): 4764-4766.
- [45] Zhang X, Yang X, Lin Y, et al. Anti-hypertensive effect of *Lycium barbarum* L. with down-regulated expression of renal endothelial lncRNA sONE in a rat model of salt-sensitive hypertension [J]. *International Journal of Clinical and Experimental Pathology*, 2015, 8(6): 6981.
- [46] 吴人照,杨兵勋,李亚平,等.铁皮石斛多糖对 SHR-sp 大鼠抗高血压中风作用的实验研究 [J]. *中国中医药科技*,2011,18 (3):204-205,210.
- [47] Wang T, Ding J, Li H, et al. Antihypertensive activity of polysaccharide from *Crassostrea gigas*[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, 83: 195-197.
- [48] 郭晓臣,欧阳辉,张近宝,等.杜仲多糖对兔心肌缺血再灌注损伤的保护作用[J].*药物评价研究*,2014,37(1):34-36.
- [49] 叶挺梅,钱令波,崔洁,等.黑木耳多糖对抗离体心脏缺血/再灌注损伤的研究[J].*中国应用生理学杂志*,2010,26(2):154-158.
- [50] Gong J, Sun F, Li Y, et al. *Momordica charantia* polysaccharides could protect against cerebral ischemia/reperfusion injury through inhibiting oxidative stress mediated c-Jun N-terminal kinase 3 signaling pathway [J]. *Neuropharmacology*, 2015, 91: 123-134.
- [51] Zhong D, Wang H, Liu M, et al. *Ganoderma lucidum* polysaccharide peptide prevents renal ischemia reperfusion injury via counteracting oxidative stress[J]. *Scientific Reports*, 2015, 5.
- [52] Zhang J, Wang H, Zheng Q. Cardioprotective effect of *Aralia elata* polysaccharide on myocardial ischemic reperfusion (IR) injury in rats [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2013, 59: 328-332.
- [53] Song M, Huang L, Zhao G, et al. Beneficial effects of a polysaccharide from *Salvia miltiorrhiza* on myocardial ischemia-reperfusion injury in rats [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 98(2): 1631-1636.
- [54] Lu SP, Zhao PT. Chemical characterization of *Lycium barbarum* polysaccharides and their reducing myocardial injury in ischemia/reperfusion of rat heart *International*[J]. *Journal of Biological Macromolecules*, 2010, 47: 681-684.
- [55] Li CM, Gao YL, Xing YL. Fucoidan, a sulfated polysaccharide from brown algae, against myocardial ischemia reperfusion injury in rats via regulating the inflammation response [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2011, 49: 2090-2095.
- [56] 李辉,石涵,朱天民,等.红豆杉多糖对犬心肌缺血再灌注损伤模型心肌组织损伤及超微结构的影响 [J]. *中华中医药杂志*, 2012,27(1):222-226.
- [57] Wang S, Lin X, Wang LY, et al. A polysaccharides MDG-1 augments survival in the ischemic heart by inducing SIP release and SIP 1 expression[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2012, 50(3): 734-740.
- [58] Chan E, Liu XX, Guo DJ, et al. Extract of *Scutellaria baicalensis* Georgi root exerts protection against myocardial ischemia-reperfusion injury in rats [J]. *The American Journal of Chinese Medicine*, 2011, 39(04): 693-704.
- [59] 陈立新,朱海燕,朱陵群,等.黄芪多糖对人心脏微血管内皮细胞增殖及再灌注后内皮细胞与中性粒细胞黏附的影响[J]. *中国组织工程研究与临床康复*,2007,11(27):5382-5386.
- [60] Moura LA, Ortiz-Ramirez F, Cavalcanti DN, et al. Evaluation of marine brown algae and sponges from Brazil as anticoagulant and antiplatelet products [J]. *Marine Drugs*, 2011, 9(8): 1346-1358.
- [61] Cai WR, Xie LL, Chen Y. Purification, characterization and anticoagulant activity of the polysaccharides from green tea[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 92: 1086-1090.
- [62] 汪艳秋,刘宪丽,刘东颖,等.刺松藻多糖抗凝血及抗血栓作用的研究[J].*安徽医药*,2011,15(7):804-806.
- [63] Racquel OS, Souza Ana MS, Assreuya Juliana C. Madeiraa. Purified polysaccharides of *Geoffroea spinosa* barks have anticoagulant and antithrombotic activities devoid of hemorrhagic risks[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2015, 124: 208-215.
- [64] Xie L, Chen MH, Li J, et al. Antithrombotic effect of a polysaccharide fraction from *Laminaria japonica* from the South China Sea[J]. *Phytotherapy Research*, 2011, 25(9): 1362-1366.
- [65] Qi X, Mao W, Gao Y, et al. Chemical characteristic of an anticoagulant-active sulfated polysaccharide from *Enteromorpha clathrata*[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2012, 90(4): 1804-1810.
- [66] Wang Y, Shao J, Yao S, et al. Study on the antithrombotic activity of *Umbilicaria esculenta* polysaccharide[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2014, 105: 231-236.

(本文编辑 匡静之)