中药调控 microRNA 特点分析*

安一珂，苗明三

河南中医药大学豫药全产业链研发河南省协同创新中心，河南 郑州 450046

摘要：目的：分析中药调控 microRNA 的特点，以期为中医药现代化研究提供新的视角。方法：以“中医药”“microRNA”“中药调控 microRNA”为主题词在中国知网进行检索，检索时间 2011 年 5 月 30 日至 2024 年 7 月 19 日的期刊文献，总结文章中收录的疾病名称、药物组成、研究过程中涉及的机制内容，建立数据库进行统计分析。结果：共筛选到 106 篇文献，其中研究疾病类型多为心血管系统疾病，其次为肿瘤；对于调控 microRNA 的中药、中药活性成分及中药复方进行统计发现，对中药复方调控 microRNA 的机制研究最多。结论：中医药在调控 microRNA 方面具有多成分、多靶点、多层次的作用特性。

关键词：中药；microRNA；数据挖掘；疾病类型；单味药；中药单体；复方制剂
DOI：10.16368/j.issn.1674－8999.2025.06.202
中图分类号：R285　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1674－8999(2025)06－1250－08

Analysis of Characteristics of Traditional Chinese Medicine Regulating MicroRNA

AN Yike, MIAO Mingsan

Henan Provincial Collaborative Innovation Center for the Whole Industry Chain of Traditional Chinese Medicine, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou Henan China 450046

Abstract: Objective: To analyze the characteristics of traditional Chinese medicine in regulating microRNA, to provide a new perspective for the modernization of traditional Chinese medicine research. Methods: By using "traditional Chinese medicine" and "microRNA" as keywords, a search was carried out on CNKI for journal literature published from May 30, 2011, to July 19, 2024, summarizing the disease names, drug compositions, and mechanisms involved in the research process. A database was established for statistical analysis. Results: A total of 106 articles were screened, with the majority studying cardiovascular diseases, followed by tumors; in terms of traditional Chinese medicine and its active ingredients and formulas regulating microRNA, the research on the mechanisms of traditional Chinese medicine formulas was the most prevalent. Conclusion: Traditional Chinese medicine has multicomponent, multitarget, and multilevel characteristics in regulating microRNA.

Key words: traditional Chinese medicine; microRNA; data mining; disease type; single herb; monomer of Chinese medicinal; compound preparations

2024 年 10 月 7 日，瑞典卡罗林斯卡医学院诺贝尔奖委员会宣布，维克多·安布罗斯（Victor Ambros）和加里·鲁夫昆（Gary Ruvkun）荣膺 2024 年诺贝尔生理学或医学奖，以表彰他们发现 microRNA（简称 miRNA）及其转录在后基因调控中的作用。miRNA 是一类长度介于 18～25 个核苷酸之间的非编码小 RNA、在进化上高度保留、其作用机制是将 mRNA 的 3′非翻译区（3′ UTR）进行互补配合，以此触发 miRNA 的降解或阻挠其翻译过程，从而实现对特定靶蛋白表达的调节[1]。miRNA 的发现始于 1993 年，国外学者首次在秀丽新小杆线虫体内首次鉴定出一个长度为 22 nt 的 miRNA，该 miRNA 具有调控线虫生长的功能[2]。尽管 *lin－4* 的发现揭示

* **基金项目**：国家自然科学基金面上项目（82074038）；岐黄学者（国中医药人教函 2022－6）；河南省重点科技计划项目（232301420019）；河南省杰出外国专家工作室资助项目（38103029－2024）；河南省中医药科学研究专项资助项目（2024ZYZD15）

了 miRNA 的存在，但科学家们最初认为这种调控方式仅限于线虫。1993—2000 年，Victor Ambros 实验室努力寻找类似于 *lin－4* 的 miRNA，但未有显著进展。直到 2000 年，Gary Ruvkun 实验室成功鉴定了另一个重要的 miRNA——*let－7*[3]；*lin－4* 和 *let－7* 是重要的 miRNA 家族成员。截至目前，研究者们已经在包括线虫、人类、水稻、拟南芥等在内的多种真核生物中发现了大约 200 种 miRNA[4]。研究显示，一个 miRNA 能够与众多，乃至数以百计的不同靶基因相互作用，同时，不同的 miRNA 之间也能相互配合，一同控制单个基因的表达[5]。这一现象构建了一个错综复杂的 miRNA 调控网络。有假设提出，miRNA 在人类中可能对大约 1/3 的基因表达进行调控，显示出其在基因调节方面的影响潜力[6]。

miRNA 的作用机制是在转录后水平上精确调控基因的表达，通过与靶标 mRNA 的碱基互补结合，抑制 mRNA 的翻译或促进其降解。这些非编码 RNA 分子不直接参与蛋白质合成，但调控多种生命活动，包括细胞的生长、分化、凋亡、代谢等方面[7]。随着 miRNA 研究技术的持续进步、优化以及逐步成熟，基于 miRNA 的中医药疗效机理研究将逐步受到重视。中医药影响 miRNA 的调节路径，融合了中医学中“异病同治”和“同病异治”的原则，与 miRNA 的“单一调控多基因”及“多基因共同调控一基因”的靶向特性也相结合，这将进一步增强中西医结合的实践[8]。

1　资料与方法

1.1　数据来源　在中国知网中以“中医药”“microRNA”“中药调控 microRNA”为主题词进行检索，检索 2011 年 5 月 30 日至 2024 年 7 月 19 日的期刊文献建立数据库，共检索出 112 篇文献。

1.2　文献纳入标准　选择“中药调控 miRNA”研究相关的文献，筛选阐述完整且与主题相符的文章，最终筛选得到符合标准的 106 篇文献。

1.3　文献排除标准　排除会议、成果等文献。

1.4　数据处理及分析　将纳入标准的 106 篇文献的疾病名称、药物组成、研究过程中涉及的机制等数据录入 Excel 表，建立中药调控 miRNA 机制特点数据库。使用 Excel 2019 进行统计学处理与分析。

2　结果

2.1　涉及“miRNA 机制”的疾病类型　ICD 即国际疾病分类（International Classification of Diseases），是由世界卫生组织（WHO）制定的标准化疾病分类系统，用于记录和分类疾病、病症及死亡原因[9]。ICD 的分类依据既遵循医学科学的核心特征（病因、解剖、病理、临床表现），又兼顾全球卫生管理的标准化需求，并通过动态修订保持与现代医学发展的同步。其分类包括神经系统，含脑、脊髓与周围神经病症；心血管系统，涉及心脏与血管病变；呼吸系统，囊括从鼻、咽等呼吸道至肺部疾患；消化系统，包含肝、胆、胃、结肠及直肠等消化腺疾病；泌尿系统，有肾脏、输尿管等器官异常；代谢与内分泌系统，主要涉及糖、脂、嘌呤代谢紊乱及内分泌腺功能障碍，糖尿病和肥胖是代谢综合征的核心表现；免疫系统，包括自身免疫疾病、过敏反应等；ICD 将肿瘤单独分类，并非否定其解剖学归属，而是基于其独特的生物学行为、诊疗模式及公共卫生需求。这种分类方式平衡了器官系统定位与疾病性质的特殊性，为全球医疗统计、科研和临床实践提供了标准化框架。

将涉及“miRNA 机制”的 106 篇文献中的疾病名称按照以上标准进行分类统计，最多的为心血管系统疾病（21 次，19.81%）、消化系统疾病（19 次，17.92%）、肿瘤（16 次，15.09%）等，具体见表 1，排列规律见图 1。

表 1　涉及“miRNA 机制”的疾病类型

疾病类型	频次/次
心血管系统疾病	21
消化系统疾病	19
肿瘤	16
代谢与内分泌系统疾病	10
骨骼肌肉系统疾病	9
免疫系统疾病	8
神经系统疾病	7
呼吸系统疾病	5
泌尿系统疾病	3
其他	8

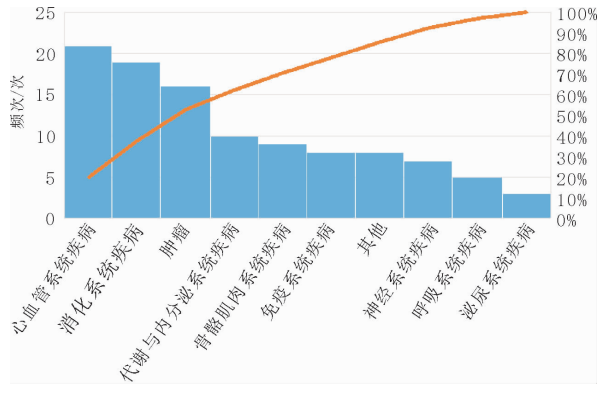


图 1　涉及“miRNA 机制”的疾病类型排列图

2.2　疾病类型的分布特点　中药调控 miRNA 的研究涵盖了多种疾病类型，通过以上统计数据可得其中以心血管系统疾病、肿瘤、消化系统疾病、代谢与内分泌系统疾病为主。

2.2.1　心血管系统疾病　中医药在防治心血管疾病方面具有独到之处。研究发现，中医药能够通过调控与心血管功能相关的 miRNA（miR－155、miR－208a 等）改善心血管系统的健康状况。作为基因表达的关键调控因子，miRNA 在血管新生和胆固醇代谢等过程中扮演着至关重要的角色。它能够通过调节血管平滑肌细胞、内皮细胞、巨噬细胞的生物活性，进而对动脉粥样硬化的发生和发展产生影响[10]。研究证实，miR－33 在动脉粥样硬化发生发展过程中起着重要调控作用[11]。代佩等[12]证实，miRNA－33 mimics 可下调 ABCA1、ABCG1，从而抑制 RCT，引发动脉粥样硬化。研究还发现，循环中的高密度脂蛋白胆固醇水平与动脉粥样硬化的发病率成负相关，抑制 ABCG1 和 ABCA1 的基因表达会导致高密度脂蛋白胆固醇水平降低，进而影响胆固醇的外流，而下调 miR－33 表达能够提高 ABCA1 及 ABCG1 的表达，进而使高密度脂蛋白胆固醇的浓度增加，这一过程对于稳定斑块、降低脂质水平及缓解炎症具有明显的促进作用[13－14]。

2.2.2　肿瘤　中医药在调控与肿瘤相关的 miRNA 方面取得了显著成果。研究发现，多种中药成分能够调节与肿瘤生长、转移和凋亡相关的 miRNA，如抑制肿瘤生长的 miR－21、促进肿瘤细胞凋亡的 miR－186 等。研究显示，姜黄素可显著降低 miR－21 转录活性，且与 AP－1 存在浓度依赖性。这进一步增加了其靶基因 PDCD4 的表达，促进其细胞凋亡过程，进而起到抑制肿瘤生长的作用[15]。研究表明，王不留行中的邻苯二甲酸二丁酯能够显著抑制 miR－21 的表达，在泌乳中期的奶牛乳腺上皮细胞中，邻苯二甲酸二丁酯对 miRNA 的调控作用与催乳素作用相似，两者都能减少 miR－125、miR－195 和 miR－143 的表达。不过，邻苯二甲酸二丁酯对 miR－21 的抑制效果更为突出，而催乳素对 miR－21 的影响还需进一步探讨以获得确凿证据[16]。通过前期研究发现，在肺腺癌 A549/DDP 细胞中，姜黄素下调 miR－186 的表达，促进细胞凋亡；miR－186 mimics 转染后，miR－186 的表达明显上调，抑制了细胞凋亡。这表明，姜黄素通过抑制 miR－186 的表达促进细胞凋亡，这是其抗肿瘤作用机制的一个方面[17]。Zhou 等[18]研究证实，葛根中的葛根素可以通过激活 miRNA－21/PTEN/AKT 通路，诱导上调 E－钙黏蛋白上调、下调波形蛋白和 N－钙黏蛋白，逆转上皮到间充质转化事件，从而抑制肝细胞癌细胞增殖和迁移。Cui 等[19]发现，黄芪甲苷可以通过提高 miRNA－150－5p 的水平抑制 β－catenin 水平，提高肝癌细胞凋亡率，有效抑制肿瘤进展。

2.2.3　消化系统疾病　中医药在神经系统疾病的防治中同样表现出良好的效果。例如，通过调控 miR－122、miR－155 等与肝脏保护相关的 miRNA，中医药能够改善肝脏脂质变性的症状。miR－122 约占人体肝脏 miRNA 总量的 70%，对肝脏脂肪变性起到一定的保护作用。在通过饲料中缺少胆碱和叶酸的方法诱发近交系雄性小鼠产生类似非酒精性脂肪性肝病的肝损伤模型中，发现 miR－122 的表达有所降低[20]。miR－155 在调节非酒精性脂肪性肝病中扮演着关键角色，它通过精细调控肝脏中与脂肪相关的转运蛋白。miR－155 与 LXR/SREBP2/FAS 轴的活性水平呈正相关，其表达量的提升能够促进肝脏胰岛素的分泌和脂肪的分解，从而减轻肝内脂肪的积累[21]。Ji 等[22]研究发现，绿原酸通过防止细胞凋亡和氧化应激损伤在不同水平上抵消对乙酰氨基酚诱导的肝损伤。王晶等[23]研究发现，党参水提液对衰老模型小鼠肝组织 miRNA 表达谱有正向影响。

2.2.4　代谢与内分泌系统疾病　中医药在调控与代谢性疾病相关的 miRNA 方面也取得了一定的成果。如通过调节 miR－375、miR－192－5p 等[24]，中医药能够影响胰岛素信号通路，改善糖尿病糖代谢状况。张茜等[25]利用实时定量 PCR 发现，天麦消渴片对 DM 模型大鼠胰腺组织中的 miRNA－30d 和 miRNA－375 的表达水平有显著的提高作用。结果证实，miRNA－375 可能有助于增加胰岛 A 细胞的数量、促进糖异生和肝脏糖输出、提升血浆胰高血糖素的浓度。淫羊藿的干燥部分茎叶中所含的淫羊藿苷能够通过降低 miR－192－5p 的表达，特异性地提高胰高血糖素样肽－1 受体（glucagon like peptide－1 receptor，GLP－1R）的表达。GLP－1 为糖尿病肾脏病治疗中的一个重要药物靶标，通过与 GLP－1R 的结合，能够依赖于葡萄糖水平刺激胰岛素的释放，减少肝糖原生成，并促进 B 细胞的增殖与再生，同时抑制 B 细胞死亡，进而发挥肾脏保护作用[26]。

2.3　中药及其活性成分的分布特点　中药不但可以对体内 miRNAs 进行调节，其自身含有的 miRNAs

也可以直接干预和调控机体的生物学进程。这些药物 miRNAs 已被证实具有类似于人类 miRNAs 的结构与功能，但其作用机制尚不明确。某些药物中含有的 miRNAs 可以经消化道进入机体，对组织细胞进行生物学功能调控[27]。研究提示，miRNAs 可能是中药发挥药效的重要物质基础，有别于中医对其传统作用机理的认识。中药所含 miRNAs 可对人体内的 miRNA 进行直接调节，为中药研究开启了新的视角，中药中的有效活性成分不仅能针对单一 miRNA 进行特异性调控，还能调节多个 miRNAs 的表达。此外，某一具体的 miRNA 还可能受到多味中药活性成分的协同调控，这一复杂的调控网络与中医对疾病的理解相契合[28]。通过挖掘文献发现，中药调控 miRNA 的药物组成具有多样性，包括中药单体、单味药、复方制剂以及中药提取物。中药单体化学结构单一，是从中药分离出的单个有效成分；单味药是基于传统中医药理论，以完整天然药材为单元，有独特的性味归经；复方制剂按中医配伍理论，由多味药（两味及以上）配伍协同；中药提取物则根据提取工艺而成；药对是指基于中医理论和实践经验将两两中药配伍成药对，见表 2。

表 2　调控 miRNA 的中药、中药活性成分及中药复方

分类	名称
中药单体	姜黄素[29]、藏红花素[30]、葛根素[31]、异补骨脂素[31]、三七总皂苷[31]、淫羊藿苷[31]、金丝桃苷[31]、小檗碱[32]、苦参碱[33]、紫檀芪[34]、大黄素[34]、五味子乙素[35]、桂皮醛[36]、汉黄芩苷[37]、盐酸小檗碱[37]、京尼平、吴茱萸碱[37]、白藜芦醇[37]、莪术醇[38]、异甘草素[38]、丹皮酚（Pae）[38]、淫羊藿苷[38]、肉桂醛[38]、二氢杨梅素[39]、丹参酮ⅡA[39]、栀子苷[39]、黄芪甲苷[40]、人参皂苷 Rg[40]、甘草酸[41]、桂皮酸[41]、白杨素[42]、红景天苷[43]、千金藤素[43]、野黄芩苷[43]、飞燕草素[43]、青蒿素[43]、冬凌草甲素[43]、丹酚酸 A、β－榄香烯[33]等
中药提取物	沙参提取物[34]、番石榴叶提取物[44]、衢枳壳提取物（QAF）[38]、白芍总苷[38]、茵陈提取物[43]、叶下珠提取物[43]、桑叶提取物[43]、漏芦提取物[43]、延胡索总碱[43]等
单味药	川芎[45]、龟板[31]、黄芪[32]、白术[32]、五味子[32]、赤芍[32]、茵陈[32]等
中药复方	清肾颗粒（复方制剂）、栝楼桂枝汤[45]、补肾方[31]、健骨颗粒[31]、补肾活血汤[31]、滋肾降糖丸[31]、天贝止喘汤[46]、平喘颗粒[46]、玉屏风散[46]、清润汤[32]、益气补肾调脂方[32]、健脾祛痰配方[47]、麻防犀角地黄汤[48]、新加良附方[33]、化痰散结方[33]、健脾清化化瘀汤[33]、消痞颗粒[33]、养正散结汤[33]、参苓白术散[34]、加味茵陈汤[34]、六君子汤[35]、平喘方[35]、五苓散[35]、小柴胡汤[35]、清脂通脉颗粒[49]、麝香保心丸[50]、羌归膝舒丸[36]、独活寄生汤[36]、青石止痒软膏、化痰祛瘀中药方[39]、麝香通心滴丸[39]、清脂通脉颗粒[39]、天香丹[39]、痉瘫康胶囊[51]、血管软化丸[40]、冠心康[40]、丹蒌片[40]、疏肝清脂颗粒[40]、半夏白术天麻汤[52]、参附注射液[53]、加味丹参饮、滋阴补阳序贯中药[54]、虫草益肾方[55]、降糖三黄片[56]、复方丹参滴丸[56]、丹红注射液[56]、益气养阴活血方[43]、活血解毒方[43]、通心络胶囊[43]、六味地黄汤[43]、养正散结汤[43]、消癌解毒方[43]、加味黄芪建中汤[43]、芪玉三龙汤[43]、血复生浸膏[57]、加味黄芪建中汤[58]、叶下珠复方Ⅱ号[59]等
药对	淫羊藿－仙茅[31]、大黄－黄连[60]、黄芩－黄连[61]、红花－葶苈子[62]等

2.3.1　单味药　研究发现，某些单味药如川芎、黄芪、龟板等，能够通过调控特定的 miRNA 发挥治疗作用。川芎嗪为川芎中的主要有效成分，能够阻止血小板与内皮细胞的粘连，抑制 NF－κB 信号通路，从而减少炎症细胞因子和细胞间黏附分子 1 的生成，起到抗炎效果，并因此有助于缺血性脑卒中的治疗[63]。Mao 等[64]研究发现，miR－29a 在糖尿病性脂肪肝大鼠模型的肝脏胰岛素受体信号传导中扮演着关键角色，黄芪、白术、五味子、赤芍等能够通过调节 miR－29a 及其下游基因减轻胰岛素抵抗和肝细胞炎症。侯秋科[65]研究发现，miR－351 能够在翻译阶段抑制维生素 D 受体基因的表达，其作用机理是与维生素 D 受体基因直接结合。龟板中的有效成分群可能是通过抑制 miR－351 的表达，从而阻止其对维生素 D 受体基因的抑制，进而加强维生素 D 受体的协同作用，促进骨髓间充质干细胞的成骨分化。

2.3.2　中药单体　大量的中药单体可以靶向调控特定的 miRNA 发挥治疗作用，比如白藜芦醇、丹皮酚 A、红景天苷等。白藜芦醇能够保护缺血性心脏病患者的心脏，这一作用与其对心肌细胞中多种 miRNA 的调控有关。miR－539 可调控多个靶基

因，如 clathrin、FGF－14、Osteoidin、轻链多肽、转录因子的类似物叉头框 B1 等，以此参与心肌重构的调节过程[66]。常环环等[67]研究显示，奥沙利铂配伍白藜芦醇能显著遏制结直肠癌细胞增长，其作用机理可能与上调结直肠癌细胞中的 miR－34c 抑癌基因的表达有关。陈飞燕等[68]研究显示，丹酚酸 A 在特定浓度下能够降低多药耐药基因 MDR1 的表达，并且还能提高相关 miRNA 的水平。这可能是因为丹酚酸 A 影响肿瘤细胞后，通过增加 miRNA 的表达进一步调节其目标基因 MDR1。张新茹[69]采用链脲佐菌素诱导的糖尿病动物模型，观察红景天苷对糖尿病模型小鼠的疗效，发现其可明显降低小鼠血清及肝组织中的 miRNA－370，并上调磷酸腺苷活化蛋白激酶表达水平，还能抑制肝脏糖异生及脂质合成，提示红景天苷或许是通过调控 miRNA－370 发挥其抗 2 型糖尿病的作用。

2.3.3　复方制剂　复方制剂是中医药的特色之一，如清肾颗粒、栝楼桂枝汤等，通过多种成分的协同作用，调控多个 miRNA，以达到治疗疾病的目的。任克军等[70]研究发现，清肾颗粒的作用机理可能涉及降低 miRNA－21 的表达，进而特异性抑制 Wnt/β－catenin 信号通路的激活，以此达到抗肾脏纤维化的效果并减缓非透析慢性肾脏病的病情发展。Yang 等[71]研究证实，栝楼桂枝汤能够通过降低 miR－155 的表达，同时，针对缺血脑组织中的细胞因子信号传导抑制物 1、Smad2、IKK 和 CEBPβ 的靶向作用，增强缺血后转化生长因子 β 及 IL－10 等抗炎细胞因子的释放。

2.4　中药调控 miRNA 表达的机制特点　中药调控 miRNA 的表达具有多样性，包括抑制 miRNA 表达、促进 miRNA 表达以及调控 miRNA 靶向基因等。中医学作为中国传统医学的核心分支，具有独到的理论架构和丰富的实践经验。近年来，随着分子生物学技术的不断发展，中药调控 miRNA 表达的机制特点逐渐受到关注。研究发现，中医药可以通过多种途径影响 miRNA 的表达，从而在基因调控网络中发挥重要作用。（1）中医药通过调节机体内部的阴阳平衡，达到调控 miRNA 表达的目的。阴阳平衡是中医药理论的核心观念，许多中药成分能够通过调节阴阳平衡影响 miRNA 的表达，进而影响疾病的发生和发展。（2）中药调控 miRNA 表达具有多成分、多途径、多靶点的特点。中药复方是由多味药材组成，这些复方中的每一种药物都含有众多有效成分，这些有效成分通过相互作用，共同调节机体内部的生理和病理过程，从而影响 miRNA 的表达。（3）中药调控 miRNA 表达方面还具有组织特异性和时序性，不同的组织和器官在生理和病理状态下，miRNA 的表达谱有所不同。中医药可以通过调整特定组织或器官的 miRNA 表达，以实现对该组织或器官功能的调节。（4）中药调控 miRNA 表达与细胞生长发育、分化、免疫调节等生物过程密切相关。通过调控 miRNA 表达，中医药可以在多个层面上干预疾病的发生和发展，从而发挥治疗作用。

总之，中药调控 miRNA 表达的机制特点为中医药现代化研究提供了新的思路和方法，有助于揭示中医药防治疾病的分子机制，为临床应用提供理论基础与实践指引。随着研究的深入，中医药在调控 miRNA 表达方面的潜力有望得到更充分地挖掘和利用。

3　讨论

miRNA 的功能发挥主要受其与目标基因转录序列匹配程度的直接影响，有 3 种方式[72]。（1）miRNA 通过与其靶基因的 mRNA 完全互补配对抑制基因表达，这一机制与 siRNA 类似，导致 mRNA 的切割和降解。在植物中，大部分 miRNA 以此方式作用，但也有些 miRNA 与潜在靶基因形成完全互补。这可能是 miRNA 作用的一种新模式，这种模式通常少见。（2）miRNA 通过抑制靶基因的翻译过程——在这种情况下，miRNA 与靶基因的部分序列结合，而不是完全互补，从而阻止翻译的发生，但不会影响 mRNA 的稳定性。这类 miRNA 是目前已知的最为常见的类型，例如线虫中的 *lin－4*。在植物中，仅有极少数 miRNA 采取这种方式抑制其靶基因的表达[35]。（3）结合了前两种作用的特性：在与靶基因完全互补结合的情况下，可以直接切割 mRNA；而在与靶基因部分结合时，可发挥调节基因表达的功能[73]。

中药及药效物质对 miRNAs 的调节具有重要作用，miRNAs 对机体的各种生理、病理过程也具有重要意义。这提示 miRNA 介导的治疗效果可能是中药发挥作用的全新机制之一，对 miRNA 的进一步研究为深入理解中药的作用机理提供了新的研究方向。

中药调控 miRNA 的特点体现在其整体性、多靶点、动态平衡、温和性、安全性和个体化治疗等方面，通过数千年的实践经验和现代分子生物学研究的结合。中医药利用多种成分的整体作用，对多个

miRNA 进行综合调控，以恢复和维持人体内部的阴阳平衡状态。这种调控不是单一靶点的直接干预，而是通过调节复杂的分子网络实现细胞功能的优化。中医药的调控作用温和而不剧烈，避免了对细胞和组织的伤害，确保了治疗的安全性。此外，中医药还注重根据不同个体的体质和病情，通过个性化的治疗方案，精准调控 miRNA 的表达，从而达到预防和治疗疾病的目的。这种全面而细腻的调控方式为中医药在现代精准医疗领域的发展提供了独特的优势和潜力。

综上，中药调控 miRNA 的分布特点展示了中医药治疗疾病的多靶点、多途径调控优势。这些特点不仅为中医药的现代化研究提供了理论基础，也为中医药在临床上的应用提供了新的思路，丰富了中医药治疗机制的理论内涵，也为中医药现代化研究和临床应用提供了新的视角和策略。未来的研究应继续深入探讨中药调控 miRNA 的作用机制，以更好地发挥中医药在预防和治疗疾病中的作用。

参考文献：

[1] KIM J, YAO F, XIAO Z N, et al. microRNAs and metastasis: small RNAs play big roles[J]. Cancer Metastasis Rev, 2018, 37(1): 5 – 15.

[2] LEE R C, FEINBAUM R L, AMBROS V. The C. elegans heterochronic gene Lin – 4 encodes small RNAs with antisense complementarity to Lin – 14[J]. Cell, 1993, 75(5): 843 – 854.

[3] REINHART B J, SLACK F J, BASSON M, et al. The 21 – nucleotide let – 7 RNA regulates developmental timing in Caenorhabditis elegans[J]. Nature, 2000, 403(6772): 901 – 906.

[4] 江舸，金由辛. 微 RNA——Science 杂志 2002 年十大科技突破第一名[J]. 生命的化学，2003(1): 1 – 3.

[5] DALMAY T. Mechanism of miRNA – mediated repression of mRNA translation[J]. Essays Biochem, 2013, 54(1): 29 – 38.

[6] 刘洋，史丙俊，刁庆春. 长链非编码 RNA 在皮肤病中的研究进展[J]. 临床皮肤科杂志，2017，46(5): 371 – 374.

[7] GHINI F, RUBOLINO C, CLIMENT M, et al. Endogenous transcripts control miRNA levels and activity in mammalian cells by target – directed miRNA degradation[J]. Nat Commun, 2018, 9(1): 3119.

[8] 安月鹏，杨素清，张晴，等. 中医药调控 microRNA 治疗银屑病的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志，2022，28(11): 206 – 216.

[9] 周婧雅，廖爱民，关凯，等. 国际疾病分类在过敏性疾病中的应用进展[J]. 医学研究杂志，2024，53(10): 178 – 182.

[10] 梁斌，蒋晓，边云飞，等. MicroRNA 在胆固醇逆转运中的调节作用[J]. 中国动脉硬化杂志，2014，22(2): 196 – 199.

[11] CHEN W J, ZHANG M, ZHAO G J, et al. microRNA – 33 in atherosclerosis etiology and pathophysiology[J]. Atherosclerosis, 2013, 227(2): 201 – 208.

[12] 代佩，高奋，高宏伟，等. miRNA – 33 对 Hcy 干预 RAW264.7 巨噬细胞衍生的泡沫细胞表达 ABCA1/ABCG1 的影响[J]. 中国病理生理杂志，2019，35(2): 212 – 217.

[13] RAYNER K J, SUAREZ Y, DAVALOS A, et al. miR – 33 contributes to the regulation of cholesterol homeostasis[J]. Science, 2010, 328(5985): 1570 – 1573.

[14] 张立. 健脾祛痰化瘀法通过 miRNA – 33 及其下游通路调控胆固醇代谢的实验研究[D]. 沈阳：辽宁中医药大学，2019.

[15] MUDDULURU G, GEORGE – WILLIAM J N, MUPPALA S, et al. Curcumin regulates miR – 21 expression and inhibits invasion and metastasis in colorectal cancer[J]. Biosci Rep, 2011, 31(3): 185 – 197.

[16] 万中英，佟慧丽，李庆章，等. 中药王不留行增乳活性单体及催乳素对奶牛乳腺上皮细胞特异性 miRNA 的影响[J]. 中国畜牧兽医，2010，37(8): 230 – 232.

[17] ZHANG J, ZHANG T, TI X Y, et al. Curcumin promotes apoptosis in A549/DDP multidrug – resistant human lung adenocarcinoma cells through an miRNA signaling pathway[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2010, 399(1): 1 – 6.

[18] ZHOU Y, XUE R F, WANG J L, et al. Puerarin inhibits hepatocellular carcinoma invasion and metastasis through miR – 21 – mediated PTEN/AKT signaling to suppress the epithelial – mesenchymal transition[J]. Braz J Med Biol Res, 2020, 53(4): e8882.

[19] CUI X, JIANG X Y, WEI C S, et al. Astragaloside IV suppresses development of hepatocellular carcinoma by regulating miR – 150 – 5p/β – catenin axis[J]. Environ Toxicol Pharmacol, 2020, 78: 103397.

[20] WU G Y, RUI C, CHEN J Q, et al. microRNA – 122 inhibits lipid droplet formation and hepatic triglyceride accumulation via Yin Yang 1[J]. Cell Physiol Biochem, 2017, 44(4): 1651 – 1664.

[21] 刘颖初，汪红兵，于金德，等. microRNA 调控非酒精性脂肪肝及中医药干预研究进展[J]. 西藏科技，2022(10): 28 – 33.

[22] JI L L, JIANG P, LU B, et al. Chlorogenic acid, a dietary polyphenol, protects acetaminophen – induced liver injury and its mechanism[J]. J Nutr Biochem, 2013, 24(11): 1911 – 1919.

[23]王晶,李海龙,耿广琴,等. 党参水提物对 D－半乳糖致衰老小鼠肝组织 microRNA 表达谱的影响[J]. 中药新药与临床药理,2016,27(1):11－15.
[24]吕嘉欣,刘阳,王楚翘,等. 中药有效成分通过调控 miRNA 的表达治疗糖尿病肾病机制的研究进展[J]. 实用中医内科杂志,2024,38(4):64－67.
[25]张茜,肖新华,黎明,等. 天麦消渴片通过 miRNA 改善糖尿病大鼠血糖的机制[J]. 中国实验动物学报,2015,23(1):1－6.
[26]王洁,郑宪玲. GLP－1RA 对肥胖 2 型糖尿病肾损伤防治作用的研究进展[J]. 世界最新医学信息文摘,2019,19(98):168－169,172.
[27]ZHANG L, HOU D X, CHEN X, et al. Exogenous plant MIR168a specifically targets mammalian LDLRAP1: evidence of cross－Kingdom regulation by microRNA[J]. Cell Res,2012,22(1):107－126.
[28]杨飞,陈金妍,谭从娥. microRNA 组学在中医药研究中的应用[J]. 河南中医,2017,37(6):1119－1121.
[29]郭霖,姜希娟,张艺琳,等. microRNA 调控血管平滑肌细胞参与动脉粥样硬化的研究进展[J]. 中国老年学杂志,2023,43(14):3572－3576.
[30]SALAMA R M, ABDEL－LATIF G A, ABBAS S S, et al. Neuroprotective effect of crocin against rotenone－induced Parkinson′s disease in rats: Interplay between PI3K/Akt/mTOR signaling pathway and enhanced expression of miRNA－7 and miRNA－221[J]. Neuropharmacology, 2020, 164:107900.
[31]翟柏宇,谢兴文,李鼎鹏,等. miRNA 在骨质疏松症中的作用及中医药干预研究进展[J]. 中国骨质疏松杂志,2023,29(5):695－700.
[32]侯雨君,王楷,陈颖,等. microRNA 调控肠道屏障机制的研究进展[J]. 中国比较医学杂志,2022,32(11):95－100.
[33]付越,陈成,谢梦洲,等. 中医药调节微小核糖核酸干预胃癌的研究进展[J]. 湖南中医药大学学报,2022,42(5):862－866.
[34]丘佩容,邓鑫,陈泽山,等. microRNA－34a 在肝病发生发展中的作用[J]. 中华中医药学刊,2022,40(11):205－209.
[35]李星,李竹英,田春燕,等. microRNA 与支气管哮喘相关性及中药调控机制研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2022,28(14):209－215.
[36]张涛,严隽陶,叶斌. 基于 microRNA 探讨中医药在骨关节炎软骨细胞衰老中的调控作用[J]. 中医学报,2022,37(1):88－93.
[37]彭俊,吕慧婕,丁星星,等. MicroRNA 在结肠癌诊断及中医药防治的研究进展[J]. 医学理论与实践,2021,34(21):3713－3714.
[38]郭新华,郑洋,王佳慧,等. 基于 miRNA 介导的 NLRP3 炎症小体活化探讨中医药在肝纤维化发生中作用的研究进展[J]. 中国中药杂志,2022,47(9):2409－2418.
[39]李帅帅,于红红,田维毅. 中医药通过调节 microRNAs 干预动脉粥样硬化研究进展[J]. 时珍国医国药,2021,32(8):1968－1971.
[40]文琦,何贵新,玉黎燕,等. 外泌体 MicroRNA 在动脉硬化中调控机制及中医药干预进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2021,23(12):98－103.
[41]邹俊萍,王永萍,张阳. 甘草酸、桂皮酸干预类风湿关节炎的作用研究:基于 MicroRNA22 调控 HIF－1α－MMP1/3 通路[J]. 亚太传统医药,2021,17(3):16－22.
[42]胡子旋,蔡大可,李钰婷,等. 基于自噬基因 mRNA－microRNA 研究白杨素抑制 LPS 所致 RAW264.7 细胞炎症的机制[J]. 广东药科大学学报,2020,36(6):820－826.
[43]许晨曦,刘哲,张继. 中药通过调节 microRNA 治疗糖尿病研究进展[J]. 辽东学院学报:自然科学版,2019,26(1):18－23.
[44]苏通,代培,丁雷,等. 番石榴叶通过 miR－361－5p 调控 Zucker 糖尿病肥胖大鼠胰岛 β 细胞功能的机制研究[J]. 环球中医药,2022,15(2):181－187.
[45]谭庆晶,张雪,窦维华,等. 微小 RNA 及相关信号通路参与缺血性脑卒中炎症反应的机制及中医药干预研究进展[J]. 中国医药,2023,18(10):1582－1586.
[46]熊加秀. microRNA 在中医药防治支气管哮喘中的应用[J]. 江西中医药,2022,53(12):67－69.
[47]刘悦,赵誉,徐宁阳,等. 基于 microRNA155－SOCS1 信号通路探讨“心受气于脾”理论对高脂血症脾虚痰浊大鼠血管内皮的保护机制[J]. 中华中医药学刊,2023,41(3):33－37,267.
[48]刘爱民,张步鑫,赵巍,等. 麻防犀角地黄汤通过调控 microRNA－491－5p 影响 PI3K/Akt/mTOR 通路治疗银屑病的机制[J]. 中华中医药学刊,2023,41(5):10－13,261－262.
[49]张欢,于睿,于游,等. 肝心和合法调控 microRNAs 及其靶基因表达稳定 AS 易损斑块作用机制研究[J]. 辽宁中医杂志,2022,49(4):46－49.
[50]李芳芳,陈钰森,杨惠娟,等. 麝香保心丸联合瑞舒伐他汀治疗冠心病的效果[J]. 西北药学杂志,2022,37(2):149－153.
[51]齐培荣,杨飞,谭从娥,等. 痉瘫康胶囊治疗痉挛型脑瘫的临床效果及 microRNA 研究[J]. 临床医学研究与实践,2021,6(25):1－5.
[52]姜月华,张鹏,李兆钰,等. 基于 microRNA 探讨半夏白术天麻汤内皮保护机制[J]. 中华中医药杂志,2021,36(4):1995－1999.
[53]苏天生,罗继红,卢静,等. 参附注射液调控大鼠心肌梗

死模型 microRNA－135a 的表达机制[J]. 中外医学研究,2020,18(16):1－3.
[54]马倩雯,谈勇. 光污染对大鼠卵巢 MicroRNA 的影响及滋阴补阳方序贯干预作用的研究[J]. 世界科学技术:中医药现代化,2019,21(11):2499－2507.
[55]莫陶然,宋立群,付强,等. 虫草益肾方对 UUO 大鼠 Notch1 及相关 microRNA 表达影响[J]. 辽宁中医药大学学报,2019,21(7):42－46.
[56]郑思道,杨翠,余少军. 血瘀证的 microRNA 分子机制及中药干预作用[J]. 环球中医药,2019,12(4):645－649.
[57]李峻,陈劼,孙雪梅,等. 血复生浸膏结合辨证治疗对重型再障患者外周血 microRNA、淋巴细胞亚群及细胞因子的影响[J]. 中医药信息,2017,34(6):77－83.
[58]魏自太,包素珍,李恒楠,等. 肺癌微环境脾气虚证肿瘤组织相关巨噬细胞 microRNA 的表达及加味黄芪建中汤干预机制研究[J]. 云南中医学院学报,2017,40(2):11－17.
[59]李常青,王小龙,康水胜,等. 叶下珠复方Ⅱ号对肝癌 Huh7 细胞白细胞介素－6 信号通路与微小 RNA let－7a 网络的调控作用[J]. 广州中医药大学学报,2012,29(6):683－690.
[60]朱晓彤,曾梅艳,宋厚盼,等. 基于关键基因与核心 microRNA 探讨大黄－黄连药对抗 Hp 感染的分子机制[J]. 中国中西医结合消化杂志,2021,29(1):36－44.
[61]陈新怡,宋厚盼,陈小娟,等. 黄芩－黄连药对治疗幽门螺杆菌相关性消化性溃疡的核心基因与关键 microRNA 筛选研究[J]. 天然产物研究与开发,2020,32(9):1456－1469.
[62]王咏,马度芳,王成,等. 基于心脏成纤维细胞 microRNA－22/TGFβ－1 信号通路研究红花－葶苈子对心肌纤维化的抑制作用[J]. 辽宁中医杂志,2020,47(12):171－175.
[63]ZHANG H, TANG W W, WANG S, et al. Tetramethylpyrazine inhibits platelet adhesion and inflammatory response in vascular endothelial cells by inhibiting P38 MAPK and NF－κB signaling pathways[J]. Inflammation, 2020,43(1):286－297.
[64]MAO Z J, WENG S Y, LIN M, et al. Yunpi Heluo decoction attenuates insulin resistance by regulating liver miR－29a－3p in Zucker diabetic fatty rats[J]. J Ethnopharmacol,2019,243:111966.
[65]侯秋科. 龟板有效成分促间充质干细胞成骨分化的 miRNA－VDR 网络机制[D]. 广州:广州中医药大学,2016.
[66]郑思道,吴红金,刘宇娜. microRNA 在现代中医药研究中的作用和意义[J]. 中西医结合心脑血管病杂志,2012,10(7):857－860.
[67]常环环,杨姝,李文帅,等. 白藜芦醇与奥沙利铂联合应用抑制结直肠癌细胞增殖的机制[J]. 解剖学杂志,2017,40(2):125－128.
[68]陈飞燕,毕蕾,钱磊,等. 丹酚酸 A 逆转肺癌多药耐药基因 MDR1 相关 microRNA 的筛选与鉴定[J]. 中国中药杂志,2016,41(17):3279－3284.
[69]张新茹. 红景天苷在 2 型糖尿病小鼠中通过 microRNA 改善糖脂代谢的机制研究[D]. 长春:吉林大学,2016.
[70]任克军,张磊,金华,等. 清肾颗粒对非透析慢性肾脏病湿热证患者血清 microRNA－21、Wnt4 及 β－catenin 的影响[J]. 安徽中医药大学学报,2024,43(4):30－35.
[71]YANG J B, ZHU X Q, HU H X, et al. The inhibitory effect of Gualou Guizhi Decoction on post－ischemic neuroinflammation via miR－155 in MCAO rats[J]. Ann Palliat Med,2021,10(2):1370－1379.
[72]班维固,滕秀英,齐辉. 针灸疗法调控 microRNA 在基础实验中应用的研究进展[J]. 中医药导报,2021,27(7):138－142.
[73]MALIK S, LIM J, SLACK F J, et al. Next generation miRNA inhibition using short anti－seed PNAs encapsulated in PLGA nanoparticles[J]. J Control Release, 2020, 327:406－419.

收稿日期:2024－12－13
作者简介:安一珂(1999－),女,河南安阳人,硕士研究生,研究方向:中药学。
通信作者:苗明三,男,教授。E－mail:miaomingsan@163.com

编辑:秦小川