

人参的植物化学和抗脑缺血作用机制的研究进展

胡瀕月^{1*}, 卢云^{2#}, 肖月¹

¹成都中医药大学临床医学院, 四川 成都

²成都中医药大学附属医院急诊科, 四川 成都

收稿日期: 2025年5月21日; 录用日期: 2025年6月27日; 发布日期: 2025年7月9日

摘要

人参(*Panax ginseng* C. A. Meyer)作为五加科人参属的多年生草本植物, 在中医药领域备受瞩目, 传统中医药理论将其归类为“补气药”的上品药材, 已被广泛用于脑缺血(Cerebral Ischemia, CI)的临床治疗中。现代药理学研究证实, 该药用植物及其活性成分(如人参皂苷Rg1、Rb1等三萜类化合物)通过抗氧化应激、抑制细胞凋亡、减轻兴奋毒性、保护线粒体等作用机制, 对CI展现出显著的神经保护效应。本综述旨在总结人参的植物化学成分与药理作用, 为人参及其有效成分在CI中的疗效提供证据, 并探讨其中的内在机制。

关键词

人参, 植物化学, 脑缺血, 药理作用

Research Advances in the Phytochemistry of Ginseng and the Mechanism of Its Anti-Cerebral Ischemic Action

Binyue Hu^{1*}, Yun Lu^{2#}, Yue Xiao¹

¹School of Clinical Medicine, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

²Department of Emergency Medicine, Hospital of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

Received: May 21st, 2025; accepted: Jun. 27th, 2025; published: Jul. 9th, 2025

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 胡瀕月, 卢云, 肖月. 人参的植物化学和抗脑缺血作用机制的研究进展[J]. 中医学, 2025, 14(7): 2972-2980.
DOI: 10.12677/tcm.2025.147437

Abstract

Panax ginseng C. A. Meyer, as a perennial herb of the genus *Panax* in the family Araliaceae, has attracted much attention in the field of traditional Chinese medicine (TCM), and has been widely used in the clinical treatment of cerebral ischemic diseases, as it is categorized in traditional Chinese medicine theory as a “qi tonic” herb. Modern pharmacological studies have confirmed that this medicinal plant and its active ingredients (such as ginsenosides Rg1, Rb1 and other triterpenoids) exhibit significant neuroprotective effects against cerebral ischemic diseases through the mechanisms of anti-oxidative stress, inhibition of apoptosis, attenuation of excitotoxicity, and protection of mitochondria. The aim of this review is to summarize the phytochemical constituents and pharmacological effects of ginseng, provide evidence for the efficacy of ginseng and its active ingredients in cerebral ischemic diseases, and explore the underlying mechanisms.

Keywords

Ginseng, Phytochemistry, Cerebral Ischemia, Pharmacological Effects

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

脑卒中是一种严重危害中枢神经系统的急性脑血管疾病。近年来,随着现代社会生活方式及饮食结构的改变,我国脑卒中流行病学数据显示其发病率呈显著上升趋势,且发病年龄逐渐年轻化。这种疾病不仅严重影响患者的生活质量,还对我国国民健康构成了威胁,同时也给社会医疗资源、我国公共卫生体系带来了沉重的负担[1][2]。脑卒中主要分为缺血性脑卒中(也称为脑缺血)和出血性脑卒中两大类。在脑卒中病例中,缺血性脑卒中占比约为80%,是脑卒中的主要发病类型。

脑缺血(CI)的特征是脑血管阻塞导致脑组织血液供应不足,进而引发局部脑组织缺血性损伤。目前神经科学研究表明,CI发生后,局部脑组织所处的缺血缺氧微环境将触发一系列复杂的病理生理级联反应,主要包括:氧化应激反应、炎症反应、兴奋性氨基酸毒性作用、细胞凋亡等[3]。这些反应相互交织、协同作用,进一步加剧脑组织损伤的程度,其进展几乎是不可逆的。西医治疗虽然可以迅速缓解或改善症状,但无法延缓疾病进展或逆转进行性神经变性,从而彻底治愈疾病。此外,副作用大或潜在毒性等问题也影响着患者的健康管理。近年来,中医药以其潜在的疗效、低毒性和低副作用而受到全世界的关注[4]。

人参为五加科多年生草本植物人参的干燥根及根茎,是中医临床广泛使用的珍贵药材,具有大补元气、复脉固脱、益智安神等功效。其主要具有神经保护、抗炎、抗氧化、抗凋亡等多种药理作用[5]。随着对人参研究的深入,其在治疗CI方面的价值日益凸显,大量研究发现人参可以有效减轻CI损伤,起到保护作用[6]-[8]。本文将系统梳理人参的主要植物化学成分及其分布特征,总结人参及其活性成分在抗CI中的药理作用机制,为其疗效提供证据,并探讨其在CI治疗中的潜在应用价值及未来研究方向。

2. 人参的植物化学

人参的药理活性与其复杂的化学成分密切相关,明确其化学组成是解析抗CI机制的前提。本节简要

概述了人参中已确定的成分,这些成分使人参成为制造医药和保健品的重要原料。现代研究发现,人参的主要化学成分包括人参皂苷(Ginsenoside, GS)、多糖、氨基酸、挥发油、蛋白质和多种微量元素。这些都是人参发挥药效的重要物质基础。

2.1. 人参皂苷

人参皂苷是一类四环三萜类皂苷,为人参中最为关键的活性成分,其在人参总成分中的含量约为3%至6%。尽管人参皂苷的含量相对较低,但这并不削弱其在药用和营养方面的价值。现代药理学研究已证实,人参皂苷能够复现人参的诸多药理作用,诸如增强机体免疫功能、发挥抗疲劳效应、展现抗氧化活性以及改善心血管健康状况等[9]。人参皂苷之所以具备卓越的生物活性,归因于其结构的复杂性与多样性,这主要体现在碳骨架的构象特征以及侧链结构的细微差异上。

依据苷元的结构特征,人参皂苷可划分为达玛烷型、齐墩果酸型和奥克梯隆型三大类。达玛烷型人参皂苷以四环三萜核为结构基础[10],进一步细分为原人参二醇型(Protopanaxadiol, PPD)和原人参三醇型(Protopanaxatriol, PPT)两大亚类。PPD涵盖人参皂苷 G-Ra1、Ra2、Ra3、Rb1、Rb2、Rb3、Rc、Rd、Rg3、Rg5、Rh2、CK、Rs1、Rs2、F2 等化合物;PPT 则包含人参皂苷 G-Re、Rf、Rg1、Rg2、Rh1、Rh3、F1 等。齐墩果酸型人参皂苷属于五环三萜皂苷,以齐墩果酸为母核,包括人参皂苷 G-Ro、G-Ro1、G-Ro 甲基、聚乙炔 G-Ro 和 G-Ri 等[11]。奥克替龙型人参皂苷为四环三萜类皂苷,其特征为含有维丹环侧链,属于达玛烷衍生物,是西洋参中发现的一种特殊类型人参皂苷,典型代表为人参皂苷 RT2 和 RT3。结构分类学研究表明,这三类人参皂苷在植物中的分布具有显著的种属特异性,其结构差异直接影响其生物利用度和药理活性。特别是 C-20 位构型(S/R)和糖基化位点(C-3/C-6/C-20)的不同,导致其表现出差异化的药物代谢动力学特征。此外,还发现了一些未分类的人参皂苷,包括 F3、F5、Rk1、Rk3、CY 等[12]。

文献资料显示,人参根一直是提取人参皂苷的关键原料。然而,人参根的应用受到成本高昂、市场需求量大等因素的限制,这对其广泛使用构成了挑战。后续研究发现,人参的地上部分(尤其是花和茎叶)相较于根部,展现出更高的人参皂苷含量以及更为丰富的化学结构多样性。例如,人参皂苷 G-Rb1、Rc、Rd、Re、Rg 等主要分布于人参的叶和茎组织中;而人参皂苷 G-Ra、Rg1、Re、Rb1 和 Rf 则主要从人参根中提取。值得注意的是,人参花蕾中的总皂苷含量超过根部的五倍,人参果实中的总皂苷含量约为根部的三倍。这一发现引起了广泛关注,人参的地上部分逐渐成为提取人参皂苷的主要原料[13]-[15]。综上所述,这些传统的非药用部位可作为提取人参皂苷及其他有效成分的重要来源,并可用于多种应用领域,包括产品开发。人参皂苷的基本类型包括 Rb1、Rb2、Rb3、Rc、Rd、Re、Rg1 和 Rf,它们广泛分布于人参的不同组织部位。后文将探讨几种人参皂苷在治疗 CI 方面的作用。

2.2. 人参多糖

迄今为止,研究人员已从人参中分离得到约80种多糖类成分,其含量可占人参干重的80%以上。这些多糖主要涵盖单糖、寡糖以及多糖三类。其中,单糖主要由葡萄糖、果糖、鼠李糖、阿拉伯糖和半乳糖这五种不同的化合物组成[16]。在这些单糖中,葡萄糖和半乳糖的含量最为丰富,二者合计占单糖总含量的90%以上。寡糖则由单糖或部分双糖组成,常见的包括乳糖、麦芽糖和蔗糖。相比之下,多糖通常具有较高的分子量以及复杂的结构,它们是由20多种单糖通过缩合反应形成的聚合物。

人参多糖的分类主要依据其单糖组成和结构特征,可大致分为中性多糖和酸性多糖[17]。中性多糖主要由葡萄糖组成的葡聚糖构成,部分也含有阿拉伯半乳糖。酸性多糖通常为杂多糖,含有大量的半乳糖醛酸。酸性多糖中的果胶是一类特殊的酸性多糖,其分类标准较为复杂。果胶可以根据鼠李糖与半乳糖醛酸的比例、是否存在稀有糖苷以及半乳糖醛酸的含量百分比等特征进行分类。具体而言,果胶可细

分为以下几种类型：1) I 型聚鼠李糖半乳糖醛酸：含有较高比例的鼠李糖和半乳糖醛酸，结构较为复杂，常与其他糖侧链结合。2) II 型聚鼠李糖半乳糖醛酸：结构相对简单，含有特定的糖侧链，如鼠李糖、半乳糖醛酸等。3) 聚半乳糖醛酸：主要由半乳糖醛酸组成，结构较为均一，通常不含或含有较少的鼠李糖。这种分类方法有助于更准确地理解人参多糖的结构特征及其在生物活性中的作用机制[18]。

2.3. 其他成分

人参中含有约 9.1%的氨基酸，其中包括精氨酸、丙氨酸、天冬氨酸、谷氨酸等 17 种氨基酸[19]。需要注意的是，人体必需氨基酸是指人体自身不能合成或合成速度不能满足机体需要，必须从食物中摄取的氨基酸。人参中所含的氨基酸种类丰富，但并非所有氨基酸都属于人体必需氨基酸。

人参中的挥发油含量占其总成分的 0.1%至 0.5%，挥发油赋予了人参独特的香气，这是人参具有独特香气的原因之一。其主要化学成分包括烷烃类、酯类、烯类等，其中萜烯类化合物约占 65%，分别为以 β -人参烯为代表的倍半萜烯和主要为 α -蒎烯和柠檬烯的单萜烯；含氧化合物约占 30%，包括人参炔醇、醛类和酯类等；长链烷烃约占 20%，主要为 C21~C35 直链烷烃[20]。

目前已发现人参中所含的微量元素包括 Na、Mg、Al、Ca、Sc、V、Mn、Si、P、S、Cl、K、Cu、Zn、Ge、As、Fe 等。多数微量元素作为酶系统的组成成分或参与生长素和酚类化合物等的代谢过程，对机体的生长发育、能量代谢及免疫功能等具有重要作用[21]。

不过，需要注意的是，不同产地和品种的人参可能表现出不同的化学成分和功效。因此，在选择和使用人参时，必须考虑人参的质量和产地[12]。总之，人参的化学成分复杂多样，其功效与所含的化学物质密切相关。因此，对人参进行深入研究具有重要意义。上述成分中，人参皂苷和多糖因其显著的生物活性成为抗 CI 研究的重点。下文将围绕这两类成分，详细阐述其作用机制。

3. 人参抗脑缺血的作用机制

基于上述化学成分，人参通过多靶点干预 CI 后的多重病理损伤，以下从核心机制展开论述。

3.1. 抗氧化应激

中枢神经系统(Central Nervous System, CNS)中神经元的存活对于维持大脑功能的稳定性和完整性至关重要。神经元的丧失或死亡可直接导致大脑功能缺陷，这是众多神经系统疾病中常见的病理过程。研究表明[22][23]，神经元损伤主要由神经元丢失、氧化应激和神经炎症等因素造成。其中，氧化应激(定义为体内活性氧(Reactive Oxygen Species, ROS)和活性氮的产生与抗氧化防御系统之间的失衡，导致自由基对细胞成分造成损伤)是 CI 发病机制中的一个重要因素。

在脑缺血再灌注损伤(Cerebral Ischemia-Reperfusion Injury, CIRI)的情况下，脑组织对氧气的需求显著增加，这可能会间接导致 ROS 的过度产生[24]。ROS 在细胞内信号传递中发挥着重要作用，尤其是在血管细胞生长的背景下，并与一系列血管疾病状态密切相关。此外，ROS 能够直接与缺血脑组织中的生物大分子相互作用，从而对脑组织造成氧化损伤。

实验研究结果表明，人参皂苷 Rd 通过上调内源性抗氧化分子(包括谷胱甘肽和抗氧化酶)，有效抑制 ROS 的产生和脂质过氧化，从而延长神经细胞的存活时间[25]。曲莉等人证实，人参皂苷 Rb3 可通过抑制氧自由基的过度产生来降低机体的氧化损伤程度。此外，还观察到人参皂苷 Rb3 能够减少脑组织的梗死体积，增强其抗氧化能力[26]。然而，其确切的作用机制仍有待进一步阐明。Chu 等人的研究表明[27]，人参皂苷 Rg1 可通过抑制 CIRI 后 miR-144 的活性，激活 Nrf2/抗氧化反应元件通路，从而减少氧化损伤。Dong 等人的研究发现[28]，人参皂苷 Rb1 在 CI 的氧化应激和细胞外信号调节激酶激活机制中发挥显著的抗氧化作用，从而有效防止脑损伤。Ye 等人的研究表明，在缩小脑梗塞面积方面，人参皂苷 Rd 的效

果明显优于依达拉奉[29]。Zhang 等人发现, 人参皂苷 Rb1 可抑制铁死亡, 从而通过减轻氧化应激和炎症反应发挥神经保护作用[30]。Wang 等人发现, 人参多糖可减轻大鼠肝细胞的氧化应激损伤, 诱导红细胞中糖酵解相关酶活性增加, 增强红细胞的糖酵解能力, 从而保护红细胞免受氧化应激损伤[31]。人参多糖能够有效清除机体代谢产生的自由基, 减轻氧化应激对细胞的损伤。研究表明, 人参多糖通过提高抗氧化酶(如超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶)的活性, 降低丙二醛含量, 从而减少自由基对细胞膜和组织的氧化损伤[32]。

综上所述, 人参在 CIRI 中的抗氧化作用及其潜在机制得到了多方面的研究证实, 但仍需进一步深入研究以明确其具体作用途径和靶点, 为临床应用提供更坚实的理论依据。

3.2. 降低兴奋毒性

谷氨酸(Glutamate, Glu)是 CNS 中一种主要的兴奋性神经递质。在 CI 发生时, 大量 Glu 被释放到细胞外间隙。这一过程会导致神经细胞内钙离子浓度显著升高以及细胞内渗透压的增加。钙离子(Ca^{2+})的过量内流会激活多种钙依赖性酶, 如磷脂酶、蛋白酶和核酸酶, 进而引发细胞内一系列的级联反应, 导致细胞结构和功能的破坏。细胞内渗透压的升高会引起细胞过度肿胀, 即细胞水肿, 进一步导致细胞器的功能障碍。这种过度的兴奋性刺激还会引发细胞内的水解反应, 最终导致细胞的溶解和死亡。这一过程被称为兴奋毒性, 是 CI 病理损伤的主要机制之一[33]。兴奋毒性效应不仅直接导致神经元的损伤和死亡, 还会引发一系列继发性损伤, 如炎症反应和氧化应激, 进一步加重脑组织的损伤。因此, Glu 的过度释放及其引发的兴奋毒性在 CI 损伤中扮演着关键角色。

研究表明, 人参皂苷 Rb2 能够有效减少谷氨酸介导的 Ca^{2+} 流入和细胞内 ROS 的积累[34]。Sun 等人的研究表明, 人参皂苷 Rg1 可抑制受损脑组织细胞内 Ca^{2+} 的积累和一氧化氮的过度产生, 从而缓解 CIRI 后的神经功能障碍[35]。Guo 等人证实, 人参皂甙 Rd1 有可能通过降低细胞内 Ca^{2+} 浓度来减轻 CI 中神经细胞的损伤[36]。李明阳等人发现, 过量的人参皂苷可能会导致小鼠脑内谷氨酰胺酶活性增强和谷氨酸水平升高。这种现象与神经兴奋毒性损伤和随后的神经细胞死亡有关[37]。

总之, 人参皂苷通过防止谷氨酸积累、降低脑组织中的谷氨酸含量和减少细胞内 Ca^{2+} 过量, 从而限制兴奋性毒性效应, 被证明可对 CIRI 提供保护。然而, 需要注意的是, 过量的人参皂苷可能会导致细胞内 Glu 的积累, 从而加剧兴奋性毒性反应。因此, 在应用人参皂苷时, 需要精确控制剂量, 以确保其发挥最佳的神经保护作用, 同时避免潜在的副作用。

3.3. 抗神经炎症

神经炎症(Neuroinflammation)是指 CNS 内发生的炎症过程, 是机体对组织损伤或感染的一种适应性免疫反应[38]。在 CI 期间, 血流停滞、血管内白细胞活化以及缺血区域血管内皮和脑实质释放促炎介质所引发的炎症反应, 不仅可能加剧脑组织的损伤, 还在其发病机制中发挥重要作用[39]。随着炎症刺激的持续, 一系列复杂的级联反应接踵而至, 导致继发性脑组织损伤和功能恢复受损。若炎症反应失控, 还可能进一步发展为全身性免疫反应, 对机体造成更广泛的损害。

近年来的研究表明, 人参皂苷在减轻神经炎症方面具有显著的潜力。Guan 等人的研究揭示, 人参皂苷 Rc 能够显著影响人类丝裂原活化蛋白激酶 14 的活性和表达, 进而减少小胶质细胞的死亡以及炎症因子的分泌, 从而有效减轻神经炎症损伤并抑制炎症反应[40]。王兴航等人的研究进一步证实, 人参皂苷 Rg1 能够抑制核苷酸结合寡聚化结构域样受体蛋白 3 (Nucleotide-Binding Oligomerization Domain-like Receptor 3, NLRP3)炎性体的激活, 干扰 NLRP3 炎性体的合成, 显著减少白细胞介素(Interleukin, IL)-18 和 IL-1 β 的释放, 从而抑制炎症反应[41]。此外, 武文文等人的研究表明, 人参皂苷 Rg1 能显著降低 CIRI 大

鼠血清中 IL-1 β 和 IL-6 的水平, 缓解脑梗死症状, 进而抑制神经炎症, 保护神经细胞[42]。Hou 等人的研究也证实, 预处理人参皂苷 Rg3 或 Rh2 不仅能显著减轻细胞死亡, 还能有效抑制炎症细胞因子(如 IL-1 α/β 、IL-6、肿瘤坏死因子(Tumor Necrosis Factor, TNF)- α 和单核细胞趋化蛋白(Monocyte Chemoattractant Protein, MCP)-1 的大量分泌[43]。Lee 等人的研究进一步证实, 人参皂苷 Rb1 能显著抑制 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 及其 mRNA 的表达, 从而在调节神经炎症中发挥重要作用[44]。刘俊伟等人的研究发现, 人参皂苷 Rb1 能够降低大鼠的神经功能缺损评分, 减少脑组织中 IL-1 β 阳性细胞的数量, 并降低血清中 IL-1 β 的含量[45], 这表明人参皂苷 Rb1 可能通过下调 IL-1 β 的表达来缓解大鼠局灶性 CIRI。人参皂苷 Rb3 和 Rg1 也具有类似的作用机制, 能够显著降低脑组织中促炎因子 IL-1 β 、IL-6 和 TNF- α 的水平, 从而改善 CIRI [26]。

综上, 人参皂苷通过特异性调控炎症信号通路及关键因子, 显著抑制神经炎症反应, 为 CI 的抗炎治疗提供了极具潜力的多靶点干预新策略。

3.4. 抑制细胞凋亡

CIRI 会导致梗死灶附近的神经细胞凋亡和坏死。因此, 调节神经细胞凋亡和坏死是治疗干预的关键方面。神经细胞凋亡与多种蛋白质有关, 包括 B 细胞淋巴瘤 2 (Bcl-2) 蛋白家族成员、半胱氨酸蛋白酶 (Cystein-Aspartate Protease, Caspase) 蛋白家族成员等[46] [47]。Bcl-2 蛋白家族在调节细胞凋亡中起着关键作用, 其中 Bcl-2 蛋白主要抑制细胞凋亡, 而 Bax (Bcl-2-associated X) 蛋白则促进细胞凋亡; Caspase 蛋白家族是细胞凋亡过程中的关键执行蛋白, 其中 Caspase-3 是细胞凋亡的效应分子, 其激活后可导致细胞凋亡。Xie 等人证实, 人参皂苷 Rg1 可改善局灶性 CI 大鼠的神经功能损伤、缩小脑梗死体积, 并降低血脑屏障通透性, 其神经保护作用机制可能与下调蛋白酶激活受体-1 的表达有关[48]。包翠芬等人证实, 人参皂苷 Rg1 可通过促进 Bcl-2 蛋白的表达, 抑制 Bax 和 Caspase-3 蛋白的表达, 从而抑制 CIRI 诱导的大鼠神经细胞凋亡和坏死[49] [50]。

由此可见, 人参皂苷 Rg1 通过靶向调控 Bcl-2/Bax 平衡及抑制 Caspase-3 活化, 显著减轻脑缺血再灌注损伤中的神经元凋亡, 证实其具有明确的神经保护作用。

3.5. 保护线粒体

线粒体是细胞能量代谢的主要场所, 为大脑神经元和神经胶质细胞等细胞的活动提供能量。在 CI 中, 线粒体损伤直接导致神经元能量代谢功能障碍, 进而引发细胞死亡。此外, 线粒体是 ROS 的主要来源, 并且是细胞凋亡的关键调节器。因此, 线粒体功能的正常与否起着至关重要的作用[51]。

Ni 等人证实, 人参皂苷 Rb1 能够保护星形胶质细胞免受缺血性损伤, 维持线粒体的完整性, 并为神经元的存活和功能提供代谢支持[52]。程斌等人的研究表明[53], 人参皂苷 Rb1 能够抑制线粒体损伤, 通过提高细胞色素 C 氧化酶和超氧化物歧化酶的活性, 并减少丙二醛的产生, 从而缓解大鼠 CIRI 后的氧化应激(上述三种物质的水平是 CIRI 期间氧化应激损伤的重要监测指标)。胡霞敏等人的研究表明, 人参皂苷 Rg1 能显著降低脑梗死范围和脑水肿的严重程度, 并改善神经功能。此外, 人参皂苷 Rg1 还能减轻线粒体损伤, 对 CIRI 具有显著的保护作用[54]。

实验证据表明, 人参皂苷可通过维持线粒体结构的完整性、增强抗氧化酶活性等多途径保护线粒体功能, 为 CIRI 的神经保护提供了新的治疗靶点。

3.6. 其他机制

陈美华等人的研究表明, 人参皂苷 Rg2 对 CIRI 具有保护作用, 主要表现为脑梗死面积的减少和胆碱能神经活动的增强[55]。胡光强等人观察到人参皂苷 Rb1 对 CIRI 大鼠的白质神经胶质细胞、轴突和髓鞘

具有修复作用, 并且对神经元具有显著的保护作用[56]。田建明等人证实, 人参皂苷 Rg2 具有减轻脑水肿、增加脑血流量和降低脑血管阻力的潜在神经保护作用[57]。田建明等人观察到[58], 人参皂苷 Rg2 能显著延长血栓形成的时间, 并降低血小板聚集率。这表明人参皂苷 Rg2 具有预防血栓形成和抑制血小板聚集的潜力。

4. 总结与展望

综上所述, CI 是一个复杂的病理生理过程, 涉及多个环节、多种因素和多条信号传导途径。人参的药用历史悠久, 临床应用广泛, 疗效确切。越来越多的研究结果表明, 人参与其活性成分已被证实通过多种机制对 CI 发挥保护作用, 这些机制包括抗氧化应激、降低谷氨酸兴奋毒性、抑制神经炎症、防止神经元凋亡以及保护线粒体功能等。这些特性使人参与其活性成分成为治疗 CI 的潜在有效药物。此外, 人参与其活性成分在临床应用中显示出一定的前景, 通过多靶点、多途径调节以及预防和治疗相结合的方式, 且毒副作用极小, 具有潜在的临床意义。

然而, 目前关于人参与在 CI 治疗中的应用仍存在诸多问题。首先, 人参的化学成分复杂多样, 不同产地和品种的人参与在化学成分和功效上存在差异。其次, 人参的作用机制尚未完全明确, 其在 CI 中的具体作用途径和靶点仍需进一步研究。此外, 人参的临床应用研究相对较少, 缺乏大规模的临床试验数据支持其在 CI 治疗中的应用。

未来需要进一步深入研究人参与其活性成分的作用机制和临床应用价值, 为 CI 的治疗提供更加有效的手段和方法。具体而言, 未来的研究方向可以包括以下几个方面: 一是深入研究人参不同化学成分的作用机制, 明确其在 CI 中的具体作用靶点; 二是开展大规模的临床试验, 验证人参与其活性成分在 CI 治疗中的疗效和安全性; 三是探索人参与其他药物的联合应用, 提高 CI 的治疗效果; 四是开发新型的人参制剂, 提高其生物利用度和药效。

参考文献

- [1] 涂雪松. 缺血性脑卒中的流行病学研究[J]. 中国临床神经科学, 2016, 24(5): 594-599.
- [2] 王亚楠, 吴思缈, 刘鸣. 中国脑卒中 15 年变化趋势和特点[J]. 华西医学, 2021, 36(6): 803-807.
- [3] 郑晓娇. 缺血性脑中风的病因及发病机制的研究情况[J]. 中国卫生产业, 2017, 14(4): 189-191.
- [4] 彭俊亮, 祝美珍. 中医药治疗缺血性脑中风的研究概况[J]. 湖南中医杂志, 2019, 35(6): 145-147.
- [5] 王树明, 陈曦, 孙琦, 等. 人参的化学成分及药理作用研究进展[J]. 感染、炎症、修复, 2024, 25(3): 250-254.
- [6] Jin, M., Kim, K., Lim, C., Cho, S. and Kim, Y.K. (2022) Neuroprotective Effects of Korean White Ginseng and Red Ginseng in an Ischemic Stroke Mouse Model. *Journal of Ginseng Research*, **46**, 275-282. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2021.06.012>
- [7] Liu, B., Zhang, Q., Ke, C., Xia, Z., Luo, C., Li, Y., et al. (2019) Ginseng-Angelica-Sansheng-Pulvis Boosts Neurogenesis against Focal Cerebral Ischemia-Induced Neurological Deficiency. *Frontiers in Neuroscience*, **13**, Article 515. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00515>
- [8] Hu, J., Zeng, C., Wei, J., Duan, F., Liu, S., Zhao, Y., et al. (2020) The Combination of *Panax ginseng* and *Angelica sinensis* Alleviates Ischemia Brain Injury by Suppressing NLRP3 Inflammasome Activation and Microglial Pyroptosis. *Phytomedicine*, **76**, Article ID: 153251. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2020.153251>
- [9] 朱晓丽. 人参皂苷药理作用研究进展[J]. 中国药物经济学, 2017, 12(12): 152-154.
- [10] 杨秀伟. 人参中三萜类化学成分的研究[J]. 中国现代中药, 2016, 18(1): 7-15+55.
- [11] 高健, 吕邵娃. 人参化学成分及药理作用研究进展[J]. 中医药导报, 2021, 27(1): 127-130+137.
- [12] 刘伟, 刘永博, 王梓, 等. 人参的化学成分与转化机理研究进展[J]. 吉林农业大学学报, 2023, 45(6): 664-673.
- [13] 周卫松. 人参不同部位中人参皂苷成分的分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2014, 16(4): 834-838.
- [14] 谢蕊秀, 余远迪, 杨柳, 等. 人参皂苷的结构修饰及其活性研究进展[J/OL]. 食品工业科技: 1-21.

- <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2024090272>, 2025-05-10.
- [15] 谢丽娟, 冯惠柳, 李健豪, 等. HPLC 法同时测定人参根、茎叶、花中 6 种人参皂苷含量[J]. 人参研究, 2023, 35(4): 24-26.
- [16] 王一鸣, 王兴录. 人参多糖提取分离及药理作用研究进展[J]. 东北农业科学, 2021, 46(2): 103-107+119.
- [17] 王国明, 徐清华, 谢丽娟, 等. 人参、西洋参中多糖成分分析及其抗氧化活性研究[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(6): 143-146+150.
- [18] 郁胜男, 尹福泉. 人参多糖的理化性质、生物学作用及其在动物生产中的应用[J]. 动物营养学报, 2024, 36(12): 7626-7634.
- [19] 张浩. 人参活性成分蛋白质、氨基酸、有机酸及核苷类成分研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [20] 张维玲, 杨悦武, 孙艳, 等. 人参挥发油化学成分比较研究[J]. 中药材, 2019, 42(4): 813-817.
- [21] 王庆喜. 人参有效成分糖类、挥发油及无机元素的研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [22] Zhao, Y., Zhang, X., Chen, X. and Wei, Y. (2021) Neuronal Injuries in Cerebral Infarction and Ischemic Stroke: From Mechanisms to Treatment (Review). *International Journal of Molecular Medicine*, **49**, Article No. 15. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2021.5070>
- [23] Dean, T., Mendiola, A.S., Yan, Z., Meza-Acevedo, R., Cabrera, B., Akassoglou, K., *et al.* (2024) Fibrin Promotes Oxidative Stress and Neuronal Loss in Traumatic Brain Injury via Innate Immune Activation. *Journal of Neuroinflammation*, **21**, Article No. 94. <https://doi.org/10.1186/s12974-024-03092-w>
- [24] 刘莹, 祝琳琳, 尤诗晴, 等. 具有防治脑缺血再灌注损伤的中药有效成分研究进展[J]. 药学研究, 2024, 43(8): 785-792.
- [25] González-Burgos, E., Fernández-Moriano, C., Lozano, R., Iglesias, I. and Gómez-Serranillos, M.P. (2017) Ginsenosides Rd and Re Co-Treatments Improve Rotenone-Induced Oxidative Stress and Mitochondrial Impairment in SH-SY5Y Neuroblastoma Cells. *Food and Chemical Toxicology*, **109**, 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.08.013>
- [26] 曲莉, 于晓风, 徐华丽, 等. 人参皂苷 Rb3 对大鼠脑缺血再灌注损伤的影响[J]. 中国老年学杂志, 2016, 36(23): 5791-5793.
- [27] Chu, S., Zhang, Z., Zhou, X., He, W., Chen, C., Luo, P., *et al.* (2019) Ginsenoside Rg1 Protects against Ischemic/Reperfusion-Induced Neuronal Injury through miR-144/Nrf2/ARE Pathway. *Acta Pharmacologica Sinica*, **40**, 13-25. <https://doi.org/10.1038/s41401-018-0154-z>
- [28] Dong, X., Zheng, L., Lu, S. and Yang, Y. (2015) Neuroprotective Effects of Pretreatment of Ginsenoside Rb1 on Severe Cerebral Ischemia-Induced Injuries in Aged Mice: Involvement of Anti-Oxidant Signaling. *Geriatrics & Gerontology International*, **17**, 338-345. <https://doi.org/10.1111/ggi.12699>
- [29] Ye, R., Kong, X., Yang, Q., Zhang, Y., Han, J., Li, P., *et al.* (2011) Ginsenoside Rd in Experimental Stroke: Superior Neuroprotective Efficacy with a Wide Therapeutic Window. *Neurotherapeutics*, **8**, 515-525. <https://doi.org/10.1007/s13311-011-0051-3>
- [30] Zhang, M., Lin, W., Tao, X., Zhou, W., Liu, Z., Zhang, Z., *et al.* (2023) Ginsenoside Rb1 Inhibits Ferroptosis to Ameliorate Hypoxic-Ischemic Brain Damage in Neonatal Rats. *International Immunopharmacology*, **121**, Article ID: 110503. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2023.110503>
- [31] Wang, S., Zhao, Y., Yang, J., Liu, S., Ni, W., Bai, X., *et al.* (2023) Ginseng Polysaccharide Attenuates Red Blood Cells Oxidative Stress Injury by Regulating Red Blood Cells Glycolysis and Liver Gluconeogenesis. *Journal of Ethnopharmacology*, **300**, Article ID: 115716. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115716>
- [32] 田耀博, 赵大庆, 李香艳, 等. 人参多糖通过抑制 ROS 水平和凋亡保护 H₂O₂ 诱导的心肌细胞氧化应激损伤[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2018, 52(2): 240-247.
- [33] Krzyżanowska, W., Pomierny, B., Filip, M. and Pera, J. (2014) Glutamate Transporters in Brain Ischemia: To Modulate or Not? *Acta Pharmacologica Sinica*, **35**, 444-462. <https://doi.org/10.1038/aps.2014.1>
- [34] Kim, D.H., Kim, D.W., Jung, B.H., Lee, J.H., Lee, H., Hwang, G.S., *et al.* (2019) Ginsenoside Rb2 Suppresses the Glutamate-Mediated Oxidative Stress and Neuronal Cell Death in HT22 Cells. *Journal of Ginseng Research*, **43**, 326-334. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2018.12.002>
- [35] Sun, C., Lai, X., Huang, X. and Zeng, Y. (2014) Protective Effects of Ginsenoside Rg1 on Astrocytes and Cerebral Ischemic-Reperfusion Mice. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, **37**, 1891-1898. <https://doi.org/10.1248/bpb.b14-00394>
- [36] Guo, Y., Wang, L., Li, C., Xiong, Y., Yan, Y., Zhao, L., *et al.* (2018) Effects of Ginsenoside Rb1 on Expressions of Phosphorylation Akt/Phosphorylation mTOR/Phosphorylation PTEN in Artificial Abnormal Hippocampal Microenvironment in Rats. *Neurochemical Research*, **43**, 1927-1937. <https://doi.org/10.1007/s11064-018-2612-x>
- [37] 李明阳, 马春霞, 吴翰欣, 等. 过量人参皂苷对小鼠脑组织谷氨酸代谢的影响[J]. 现代生物医学进展, 2017,

- 17(33): 6412-6416.
- [38] Jurcau, A. and Simion, A. (2021) Neuroinflammation in Cerebral Ischemia and Ischemia/Reperfusion Injuries: From Pathophysiology to Therapeutic Strategies. *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article 14. <https://doi.org/10.3390/ijms23010014>
- [39] Anrather, J. and Iadecola, C. (2016) Inflammation and Stroke: An Overview. *Neurotherapeutics*, **13**, 661-670. <https://doi.org/10.1007/s13311-016-0483-x>
- [40] Guan, H., Yang, X., Yang, M. and Wang, H. (2024) Targeting MAPK14 in Microglial Cells: Neuroimmune Implications of *Panax ginseng* in Post-Stroke Inflammation. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, **77**, 170-187. <https://doi.org/10.1093/jpp/rgae067>
- [41] 王兴航, 丁佳媛, 李放, 等. 人参皂苷 Rg1 通过抑制 NLRP3 炎症小体途径减轻氧糖剥夺/复供后小胶质细胞炎症反应[J]. 中国临床解剖学杂志, 2024, 42(1): 33-41.
- [42] 武文文, 吴诗卉, 刘春红, 等. 人参皂苷 Rg1 对局灶性脑缺血再灌注损伤模型大鼠的预防作用及机制研究[J]. 中国药房, 2020, 31(11): 1287-1293.
- [43] Hou, J., Xue, J., Wang, Z. and Li, W. (2018) Ginsenoside Rg3 and Rh2 Protect Trimethyltin-Induced Neurotoxicity via Prevention on Neuronal Apoptosis and Neuroinflammation. *Phytotherapy Research*, **32**, 2531-2540. <https://doi.org/10.1002/ptr.6193>
- [44] Lee, J., Song, J., Sohn, N. and Shin, J. (2012) Inhibitory Effects of Ginsenoside Rb1 on Neuroinflammation Following Systemic Lipopolysaccharide Treatment in Mice. *Phytotherapy Research*, **27**, 1270-1276. <https://doi.org/10.1002/ptr.4852>
- [45] 刘俊伟, 任治龙, 刘旭玲, 等. 人参皂苷 Rb1 对大鼠局灶性脑缺血再灌注损伤后脑梗死体积及脑组织和血清 IL-1 β 的影响[J]. 中国中西医结合杂志, 2013, 33(12): 1696-1700.
- [46] Deveraux, Q.L., Schendel, S.L. and Reed, J.C. (2001) ANTIAPOPTOTIC PROTEINS: The Bcl-2 and Inhibitor of Apoptosis Protein Families. *Cardiology Clinics*, **19**, 57-74. [https://doi.org/10.1016/s0733-8651\(05\)70195-8](https://doi.org/10.1016/s0733-8651(05)70195-8)
- [47] Sahoo, G., Samal, D., Khandayataray, P. and Murthy, M.K. (2023) A Review on Caspases: Key Regulators of Biological Activities and Apoptosis. *Molecular Neurobiology*, **60**, 5805-5837. <https://doi.org/10.1007/s12035-023-03433-5>
- [48] Xie, C., Li, J., Wang, W., Zheng, G. and Wang, L. (2015) Neuroprotective Effect of Ginsenoside-Rg1 on Cerebral Ischemia/Reperfusion Injury in Rats by Downregulating Protease-Activated Receptor-1 Expression. *Life Sciences*, **121**, 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2014.12.002>
- [49] 包翠芬, 刘霞, 梁佳, 等. 人参皂苷 Rg1 对缺血性脑卒中大鼠脑组织 Fas 和 Caspase-3 蛋白表达的影响[J]. 辽宁中医药大学学报, 2009, 11(5): 211-212.
- [50] 包翠芬, 刘霞, 魏嘉, 等. 人参皂苷 Rg1 对脑缺血再灌注大鼠脑组织 Bax 和 Bcl-2 蛋白表达的影响[J]. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2009, 18(2): 217-221.
- [51] Busija, D.W., Rutkai, I., Dutta, S. and Katakam, P.V. (2016) Role of Mitochondria in Cerebral Vascular Function: Energy Production, Cellular Protection, and Regulation of Vascular Tone. *Comprehensive Physiology*, **6**, 1529-1548. <https://doi.org/10.1002/cphy.c150051>
- [52] Ni, X., Wang, H., Cai, Y., Yang, D., Alolga, R.N., Liu, B., *et al.* (2022) Ginsenoside Rb1 Inhibits Astrocyte Activation and Promotes Transfer of Astrocytic Mitochondria to Neurons against Ischemic Stroke. *Redox Biology*, **54**, Article ID: 102363. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102363>
- [53] 程斌, 杨峰, 李锋涛, 等. 人参皂苷 Rb1 通过减轻线粒体损伤对大鼠脊髓缺血再灌注损伤的保护作用[J]. 中国康复理论与实践, 2018, 24(6): 629-633.
- [54] 胡霞敏, 严常开, 胡先敏, 等. 人参皂苷 Rg1 对脑缺血再灌注损伤大鼠脑线粒体功能的影响[J]. 中国新药杂志, 2006(7): 514-517.
- [55] 陈美华, 吴月鹏, 张颜波, 等. 人参皂苷 Rg2 对脑缺血再灌注大鼠神经保护作用的研究[J]. 中风与神经疾病杂志, 2014, 31(12): 1089-1092.
- [56] 胡光强, 张慧, 萧洪文, 等. 人参皂苷 Rb1 对大鼠局灶性脑缺血白质重塑的影响[J]. 中国临床解剖学杂志, 2015, 33(4): 451-454.
- [57] 田建明, 刘洁, 李浩, 等. 人参皂苷 Rg2 对动物脑循环及脑水肿的影响[J]. 中国新药杂志, 2009, 18(17): 1664-1666.
- [58] 田建明, 宋丽晶, 李浩, 等. 人参皂苷 Rg2 对大鼠体内血栓形成及血小板聚集的影响[J]. 上海中医药杂志, 2009, 43(11): 79-80.