

血管性认知障碍的运动训练研究进展

李广顺¹, 樊召霞¹, 姚颖慧¹, 樊晓靖^{2*}

¹天津中医药大学研究生院, 天津

²天津中医药大学第二附属医院脑病针灸科, 天津

收稿日期: 2026年3月15日; 录用日期: 2026年4月9日; 发布日期: 2026年4月16日

摘要

血管性认知障碍(VCI)是由脑血管疾病及其危险因素导致的认知功能障碍综合征,其病理机制复杂,常与多种神经退行性疾病共病。目前,国内外尚无治疗VCI的有效药物,越来越多的研究倾向于非药物干预。运动训练已被证实能够有效预防老年人认知能力的下降和损伤,应成为VCI一线治疗的一部分。本文系统综述了运动训练改善VCI患者认知功能的作用机制及不同运动形式的干预效果,旨在为血管性认知障碍的传统治疗提供新思路。

关键词

血管性认知障碍, 非药物疗法, 运动训练, 作用机制, 综述

Research Progress of Exercise Training for Vascular Cognitive Impairment

Guangshun Li¹, Zhaoxia Fan¹, Yinghui Yao¹, Xiaojing Fan^{2*}

¹Graduate School, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin

²Department of Encephalopathy and Acupuncture, The Second Affiliated Hospital of Tianjin University of TCM, Tianjin

Received: March 15, 2026; accepted: April 9, 2026; published: April 16, 2026

Abstract

Vascular cognitive impairment (VCI) is a syndrome of cognitive dysfunction caused by cerebrovascular diseases and their risk factors. Its pathological mechanism is complex, and it often co-occurs with various neurodegenerative diseases. Currently, there are no effective pharmacological treatments for

*通讯作者。

文章引用: 李广顺, 樊召霞, 姚颖慧, 樊晓靖. 血管性认知障碍的运动训练研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 3425-3433. DOI: 10.12677/acm.2026.1641605

VCI both domestically and internationally, and increasing research is focusing on non-pharmacological interventions. Exercise training has been proven to effectively prevent the decline and impairment of cognitive function in the elderly and should be considered part of the first-line treatment for VCI. This article systematically reviews the mechanisms by which exercise training improves cognitive function in VCI patients and the intervention effects of different forms of exercise, aiming to provide new insights for the conventional treatment of vascular cognitive impairment.

Keywords

Vascular Cognitive Impairment, Non-Pharmacological Therapy, Exercise Training, Mechanism of Action, Review

Copyright © 2026 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

血管性认知障碍(Vascular Cognitive Impairment, VCI)是一种常见的退行性神经病变,由脑血管相关危险因素、明显或不明显的脑血管病导致的认知功能损害,临床表现多以记忆力减退、学习认知能力下降为主的一种综合征[1]。其认知功能受损程度及症状介于认知无障碍和血管性痴呆(Vascular Dementia, VD)之间,早期不积极干预常可进展为血管性痴呆[2]。随着我国人口老龄化加剧,心脑血管疾病发病率持续增加,我国 VCI 发病率已经超过轻度认知功能障碍,65 岁以上人群患病率为 5% [3]。VCI 的危险因素大部分属于可控的,为有效延缓甚至阻止 VCI 向 VD 发展,对 VCI 的干预及早期综合治疗具有重要意义。目前,尚无治疗 VCI 的有效药物,越来越多的研究倾向于非药物干预[4]。运动训练作为一种重要的非药物干预手段,已被证实能够有效预防老年人认知能力的下降和损伤,应成为 VCI 一线治疗的一部分[5]。本文通过对近 10 年来 VCI 运动训练相关文献进行调研、筛选和统计,综述 VCI 运动训练的研究进展,重点探讨其作用机制及不同运动形式对认知功能的影响。

2. 运动训练方法概述

血管性认知障碍是由脑血管疾病及其危险因素导致的从轻度认知损害到痴呆的临床综合征,其病理机制涉及氧化应激、神经炎症、神经营养因子失衡及脑血流调节障碍等多个环节。运动训练作为一种非药物干预手段,因其多靶点、整体性的调节作用,在 VCI 的防治中展现出独特价值。研究表明,运动训练可通过激活 Nrf2/ARE 通路增强抗氧化能力,抑制小胶质细胞介导的神经炎症,上调脑源性神经营养因子(BDNF)、血管内皮生长因子(VEGF)等神经营养因子的表达,从而减轻神经元损伤、促进血管新生和神经可塑性,最终改善认知功能。目前,临床前研究与临床试验中常见的运动干预模式主要分为三大类:以提高心肺功能为核心的有氧运动、以增强肌肉力量为目的的抗阻力运动,以及强调身心合一、协调平衡的身心运动。不同运动形式因其生理效应的差异,对认知域的影响亦各有侧重,为 VCI 患者的精准康复提供了多样化的选择。

3. 运动训练改善 VCI 患者认知功能的作用机制

3.1. 降低氧化应激

氧化应激反应是导致血管性认知障碍(VCI)等慢性神经退行性疾病的重要机制之一,同时也是影响患

者预后的关键因素[6]。在抗氧化应激过程中,核因子 E2 相关因子 2 (Nrf2)及其下游抗氧化反应元件(ARE)发挥着核心调控作用。活化的 Nrf2 可进入细胞核,与 ARE 结合,进而上调乙二醛酶 1 (Glo-1)的表达水平,调控细胞代谢、氧化还原平衡及凋亡过程,广泛参与 VCI、阿尔茨海默病、帕金森病及糖尿病等多种与氧化应激相关的疾病进展。赵幸娜等[7]研究表明,运动训练能够上调 Nrf2 和 ARE 的表达,增强 Glo-1 蛋白活性,从而发挥抗氧化应激作用,有效改善脑卒中大鼠的认知功能障碍,提升其空间学习与记忆能力。此外,超氧化物歧化酶(SOD)作为体内重要的氧自由基清除剂,其活性升高有助于减轻氧化损伤;丙二醛(MDA)是脂质过氧化的终产物,其含量反映氧化损伤程度。同时,脑缺血可激活一氧化氮合酶(NOS),导致一氧化氮(NO)过量生成,进而诱导神经元缺血性坏死[8]。研究[7]进一步显示,运动训练可显著提高血清 SOD 活性,降低 MDA 和 NO 水平,提示其通过抑制氧化应激反应,减轻脑缺血后氧化损伤,发挥神经保护作用。综上所述,运动训练通过上调 Nrf2/ARE 通路表达、增强 Glo-1 蛋白活性、提高 SOD 活性并降低 MDA 和 NO 含量,系统性地增强机体抗氧化能力,从而减轻 VCI 患者的氧化应激损伤,保护脑组织,并改善认知功能。

3.2. 减轻炎症反应

神经炎症是由中枢神经系统中的神经胶质细胞(主要为小胶质细胞和星形胶质细胞)介导的一系列免疫应答反应,常由缺血、缺氧等损伤性因素诱发[9]。研究显示,血管性认知障碍患者在临床前期及临床各阶段均存在慢性炎症状态[10] [11],提示神经炎症在 VCI 的发病过程中发挥关键作用。缺氧引发的炎症反应可激活小胶质细胞,释放蛋白酶和自由基,对细胞外基质分子及神经血管单元造成持久性损伤;同时,旨在重塑血管壁的基质金属蛋白酶会破坏血脑屏障,并攻击有髓神经纤维[12]。此外,作为炎症标志物的白细胞介素-6 和白细胞介素-18 水平升高与存在血管风险因素患者的认知障碍风险相关,进一步支持炎症在认知功能损伤中的有害作用[13]。有氧运动训练主要通过诱导抗炎分子表达、抑制小胶质细胞活化来减缓神经炎症反应,其机制包括上调分化簇 200 及白细胞介素-10 等抗炎因子。鸢尾素可降低小胶质细胞活性及肿瘤坏死因子- α 的表达水平,从而对神经元发挥保护作用[14]。研究表明[15],有氧运动能够抑制模型小鼠海马组织中小胶质细胞和星形胶质细胞的激活,提升抗炎因子 IL-4 和 IL-10 水平,同时降低促炎因子 IL-1 β 、TNF- α 和 IL-6 水平,最终改善小鼠认知功能。卢锦华[16]的研究也证实,有氧运动训练可调控慢性缺血致认知障碍大鼠脑内 ICAM-1、TNF- α 及 IL-6 的表达,使其水平下降,从而减轻神经细胞的炎症损伤,缓解脑组织损害,改善大鼠的学习记忆能力。综上,运动训练通过上调抗炎分子、抑制促炎因子 IL-1 β 、ICAM-1、TNF- α 及 IL-6 的表达,能有效减轻神经细胞的炎症损伤,从而改善 VCI 患者的认知功能,提升其学习记忆及执行能力。

3.3. 促进神经修复与神经营养因子表达

运动训练能够刺激神经营养因子(Neurotrophic Factors, NFs)的表达,增加多巴胺数量及多巴胺能神经元存活率,并通过调节 N-甲基-D-天冬氨酸受体、 α 突触核蛋白等病理相关分子,改善患者的病理症状。在多种神经营养因子中,运动后脑源性神经营养因子(BDNF)、胶质细胞源性神经营养因子(GDNF)、血管内皮生长因子(VEGF)和胰岛素样生长因子 1 (IGF-1)水平的升高与患者认知功能的改善关系最为密切。

3.3.1. GDNF

GDNF 主要来源于神经胶质细胞,可促进神经元的发育、分化和轴突生长,对受损神经修复及神经元功能维持具有重要作用,并在外周和中枢神经系统中发挥保护效应[17]。Maejima 等[18]研究发现,4 周有氧运动可显著改善衰老加速小鼠(SAM)模型的认知功能,其机制可能与上调 BDNF 表达、下调参与凋亡信号传导的 p75 受体表达有关,从而促进神经损伤修复,提高模型小鼠的生活质量和运动能力。

3.3.2. BDNF

BDNF 是神经营养家族的重要成员, 主要分布于黑质、纹状体等脑区, 具有促进神经元修复和神经再生的功能。它介导运动训练对神经可塑性及学习记忆等高级脑功能的改善作用。在 VCI 动物模型中, BDNF 可提高多巴胺神经元存活率, 增强多巴胺神经元的运动与传递能力; 此外, BDNF 还能通过激活 IP3K/Akt 信号通路延缓细胞退变与死亡[19]。刘瑾彦等[20]将 73 名老年人随机分为运动组和非运动组, 经 3 个月运动干预后检测血液 BDNF 水平并评估认知能力, 结果显示运动组认知功能改善, 血液 BDNF 浓度显著升高。

3.3.3. VEGF

VEGF 作为一种血管营养因子, 具有修复受损血管和促进血管新生的功能。动物模型及体外细胞实验发现[21], VEGF-B 基因可延缓神经退行性病变进展, 其家族成员通过作用于神经胶质细胞或神经元, 发挥神经营养和保护作用。Al-Jarrah 等[22]对 40 只 VCI 小鼠进行 4 周跑台运动干预, 实验结束时检测纹状体 VEGF 表达, 结果表明运动促进了脑血管新生和纹状体 VEGF 表达, 并提高了纹状体神经元存活率。

3.3.4. IGF-1

IGF-1 是一种多功能细胞调控因子, 可促进神经元存活与分化。Maass 等[23]对 40 名老年人实施为期 3 个月的有氧运动干预, 观察海马体积、认知功能和 IGF-1 水平的变化, 发现运动对脑保护、IGF-1 水平及认知功能均有积极影响。这表明运动诱导的 IGF-1 升高可能在神经元新生、损伤修复及神经保护中发挥重要作用[24]。故运动训练可通过刺激神经营养因子的表达, 上调 BDNF、促进 VEGF 表达、影响 IGF-1 水平, 从而促进 VCI 患者神经细胞损伤的修复, 改善认知功能, 提高学习记忆及执行能力。

3.4. 改善脑血管内皮功能、促进脑血流灌注及重塑神经血管单元

神经血管单元(Neurovascular Unit, NVU)是由神经元、星形胶质细胞、血管内皮细胞、周细胞及基底膜等构成的动态功能复合体, 其完整性对维持脑血流稳定性和突触可塑性至关重要。VCI 患者普遍存在脑血管内皮功能障碍, 表现为内皮型一氧化氮合酶(eNOS)活性下降、内皮依赖性血管舒张受损及脑血流自动调节能力减弱, 进而导致脑灌注不足和神经血管耦合失偶联。运动训练可通过机械剪切应力及代谢信号激活内皮细胞内 PI3K/Akt 信号通路, 促进 eNOS 磷酸化, 增加一氧化氮(NO)生物利用度, 从而改善血管舒张功能, 增加脑血流量[25]。临床研究显示, 24 周有氧运动训练可显著提高 VCI 患者大脑中动脉血流速度及脑血管反应性, 同时降低搏动指数, 提示脑灌注储备得到改善, 认知功能得到显著提升[26]。此外, 运动训练还能通过上调 VEGF 及血管生成素 1(Ang-1)的表达, 促进脑微血管新生, 增强神经血管单元的完整性。更重要的是, 运动训练通过调控星形胶质细胞末端足突的水通道蛋白 4(AQP4)及缝隙连接蛋白, 促进脑内代谢废物(如 β -淀粉样蛋白)的类淋巴系统清除, 从而改善神经血管单元的代谢支持功能[27]。因此, 运动训练通过修复内皮功能、增强脑血流灌注、促进血管新生及重塑神经血管单元结构, 从血管机制层面为 VCI 患者的认知改善提供了关键支撑。见图 1。

4. 不同运动形式对 VCI 患者认知功能的影响

4.1. 有氧运动

有氧运动是指在氧气供应充足条件下进行的、机体吸入与消耗氧气达到生理平衡的体育运动[28]。这类运动强度适中、富有节律、可持续进行, 具有改善毛细血管通透性、增强心肺功能及提升运动耐力的特点。已有研究表明, 无论是低强度还是高强度的有氧运动均能有效预防老年人认知功能减退[29]; 每周 1 次和每周 3 次的有氧训练均可显著改善轻度认知障碍(MCI)患者的认知表现, 而中等频率的训练效果可能更优[30]。目前, 针对老年 MCI 患者常见的干预方式包括慢跑、步行、骑行和游泳等。

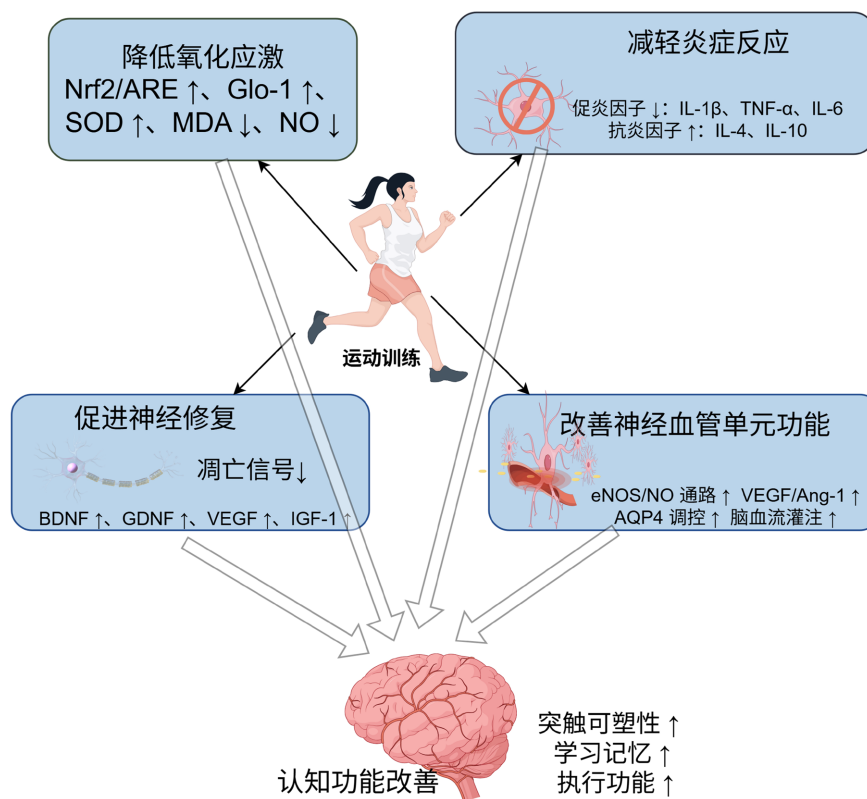


Figure 1. Schematic diagram of the multi-target mechanism by which exercise training improves cognitive function in VCI
图 1. 运动训练改善 VCI 认知功能的多靶点作用机制示意图

4.1.1. 慢跑

常春红等[31]将 54 例阿尔茨海默病(AD)患者随机分为有氧训练组与对照组,训练组进行为期 3 个月(40 min/次, 3 次/周)的慢跑干预。结果显示,有氧训练组患者的认知水平和日常生活能力均显著提高。王希著等[32]采用 MMSE 及 ADL 量表筛选出 47 例 MCI 患者,随机分为试验组与对照组,试验组进行为期 3 个月(30 min/次, 2 次/周)的慢跑训练。干预后,试验组 MMSE 及 ADL 评分均较入组时明显改善。以上研究表明,慢跑作为一种有氧运动,能够有效提升 MCI 老年患者的认知功能及日常生活能力,兼具易实施与依从性好的优点,适合在老年人群中推广。

4.1.2. 步行与骑行

许艺惠等[33]采用 MoCA 量表评估老年人快步走前后的认知功能,发现快步走可显著延缓认知功能减退。Yang 等[34]将 50 例 MCI 老年患者随机分为有氧组与对照组,有氧组进行 3 个月骑行训练(3 次/周, 40 min/次),对照组仅接受健康教育。结果显示,中等强度有氧训练显著提高了患者生活质量及 MMSE 评分,有效改善了认知功能。以上研究表明,步行与骑行等有氧运动能有效提升老年人认知水平,为运动延缓认知衰退提供了依据。

4.1.3. 游泳

游泳可增强心肺功能、肌肉力量和反应能力,延缓衰老,适合中老年人。张新安等[35]将 64 例 MCI 老年患者随机分为游泳组与对照组,游泳组进行 6 个月专业游泳训练,对照组无运动干预。干预后,游泳组认知水平显著高于干预前,且明显优于对照组。郑妍等[36]将 48 只老龄雄性大鼠随机分为对照组、大负荷游泳组(60 min/d)和小负荷游泳组(15 min/d),进行 8 周干预后通过八臂迷宫实验评估学习记忆能

力。结果显示,小负荷游泳组用时最少,大负荷游泳组用时多于对照组,提示适宜强度游泳运动可有效提升学习记忆能力。此外,水上运动作为一种非负重训练,可能通过增加脑血流量、降低认知错误负荷,更好地诱导神经发生和突触可塑性,从而在语言、视觉空间、执行和记忆能力等方面表现出更全面的改善效果[37]。

4.2. 抗阻力运动

抗阻力运动又称力量训练,指肌肉克服外部阻力进行的主动运动,可有效延缓肌力下降、促进肌肉功能恢复[38],常见形式包括弹力带训练、负重训练及器械训练等[39]。Yoon 等[40]将 30 例 MCI 老年妇女随机分为高速力量训练组、低速力量训练组(12 周弹力带训练,60 min/次,2 次/周)和对照组(仅平衡训练)。结果显示,两训练组认知功能与肌肉力量均显著优于对照组,提示弹力带抗阻训练可改善 MCI 老年患者的认知与身体机能。Mavros 等[41]对 100 例社区 MCI 老年患者进行 6 个月高强度抗阻训练(平均 2~3 次/周),发现高强度抗阻训练显著改善了认知功能、肌肉力量及有氧能力。以上研究表明,抗阻力训练有助于提升老年人早期感知觉处理和执行能力,促进认知功能。

4.3. 身心运动

身心运动强调身心合一、顺应自然,通过身体活动与心理训练的融合达到修身养性之效,常见形式包括太极拳、八段锦和气功等。研究表明,长期身心运动对老年人身心健康的促进作用优于单一运动方式[42]。

4.3.1. 太极拳

太极拳融合中医经络学、阴阳学和导引养生理理论,具有调和气血、怡情养性的功效,深受国内外老年人喜爱[43]。王乾贝等[44]将 108 例 MCI 老年患者随机分为干预组(太极拳训练,≥40 min/次,≥4 次/周)和对照组,干预 6 个月后,干预组 MoCA 评分、睡眠质量、抑郁倾向及自我效能均显著优于对照组。Sungkarat 等[45]对 66 例 MCI 老年患者进行 12 周太极拳干预(10 式太极拳,50 min/次,3 次/周),结果显示太极拳组认知功能综合评分、逻辑记忆、延迟回忆及下肢功能均显著优于对照组。研究表明,太极拳不仅能提高平衡与协调能力,还能整体改善老年认知水平和记忆力。

4.3.2. 八段锦

八段锦动作柔和缓慢、动静结合,可增强心肺功能、促进循环、改善代谢与精神状态。刘涛等[46]对 60 例 MCI 老年患者进行 6 个月八段锦干预(60 min/次,6 次/周),结果显示练功组言语能力、视空间功能及认知水平显著优于对照组。林秋等[47]将 94 例 VCI 老年患者随机分为干预组(八段锦,60 min/次,5 次/周)和对照组,干预 6 个月后,干预组 ADL 及 MoCA 评分显著改善。以上研究表明,八段锦运动能有效提升 VCI 老年患者认知功能与日常生活能力,改善负性情绪,具有临床推广价值。

4.4. 现有临床研究的局限性与证据外推的考量

需要指出的是,目前专门针对 VCI 患者运动干预的高质量随机对照试验数量仍然有限。本综述在部分运动形式(如慢跑、游泳、抗阻力运动)的临床证据中,引用了以阿尔茨海默病(AD)或一般性轻度认知障碍(MCI)为研究对象的高质量研究。尽管 VCI 与 AD/MCI 在病理机制上存在差异(前者以脑血管损害为核心,后者以淀粉样蛋白沉积或神经元退行性变为主),但两类疾病在认知功能障碍的临床表现、神经炎症及氧化应激等共同病理通路方面存在重叠。因此,来自 AD/MCI 人群的运动干预证据在一定程度上可为 VCI 提供参考。然而,VCI 患者的脑血管病理基础决定了其对改善脑血流灌注、修复血管内皮功能的干预措施可能更为敏感,而 AD 患者的干预效果则更多依赖于突触可塑性和神经营养通路。因此,在引用

非 VCI 人群证据时, 应谨慎解读其结果的外推性。未来亟需开展更多以 VCI 为明确入组标准、采用血管性认知功能评估工具作为主要结局指标的大样本随机对照试验, 以构建更具针对性的运动康复证据体系。

5. 总结与展望

缺乏规律的身体活动已被确认为全球范围内血管性认知障碍(VCI)患者的第三大潜在风险因素。总体而言, 运动训练已被证实对 VCI 患者的执行功能、行为与活动能力及整体认知水平具有积极影响。其中, 执行功能被认为是运动训练干预最为敏感的认知领域, 其潜在机制可能与运动训练引起的大脑有氧适应及功能连接性增强有关。运动训练主要通过调控神经突触可塑性机制, 从多途径改善 VCI 的病理进程, 具体包括: 提高机体耗氧量, 增强循环与呼吸效率, 激活神经营养因子信号通路, 促进血管生成与神经发生, 并抑制神经炎症与氧化应激反应。这些发现为临床开展运动干预提供了重要的理论基础。尽管运动训练在预防、延缓甚至逆转多种运动认知功能障碍方面展现出良好的应用前景, 但关于科学运动“剂量”的研究尚不充分。运动刺激的最佳参数, 以及决定运动干预有效程度的神经生物学机制仍有待深入阐明。未来应进一步开展相关研究, 探讨其内在可行性与适用性, 并通过高质量临床试验降低研究结果的异质性。当前临床研究普遍存在样本量小、干预周期短、运动过程监测不足以及干预效果评估指标不一致等问题。因此, 亟需开展更多设计严谨的随机对照试验, 以探索最有效、成本最低、操作最简单的运动干预方案, 更好地满足 VCI 患者的康复需求。

基金项目

天津市卫生健康委员会, 青年项目, 2023139。

参考文献

- [1] 贾建平, 陈生弟. 神经病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 231.
- [2] Bowler, J.V. and hachinski, V. (1995) Vascular Cognitive Impairment: A New Approach to Vascular Dementia. *Baillieres Clinical Neurology*, **4**, 357-376.
- [3] 郑雄伟, 张威, 张晓改. 老年人缺血性脑卒中后血管性痴呆的危险因素分析[J]. 心脑血管病杂志, 2018, 37(3): 197-200.
- [4] Mollinedo Cardalda, I., López, A. and Cancela Carral, J.M. (2019) The Effects of Different Types of Physical Exercise on Physical and Cognitive Function in Frail Institutionalized Older Adults with Mild to Moderate Cognitive Impairment. a Randomized Controlled Trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, **83**, 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2019.05.003>
- [5] de Souto Barreto, P., Demougeot, L., Vellas, B. and Rolland, Y. (2017) Exercise Training for Preventing Dementia, Mild Cognitive Impairment, and Clinically Meaningful Cognitive Decline: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journals of Gerontology: Series A*, **73**, 1504-1511. <https://doi.org/10.1093/gerona/glx234>
- [6] Wrann, C.D. (2015) FNDC5/Irisin—Their Role in the Nervous System and as a Mediator for Beneficial Effects of Exercise on the Brain. *Brain Plasticity*, **1**, 55-61. <https://doi.org/10.3233/bpl-150019>
- [7] 赵幸娜, 李和平, 郭景花. 运动训练对缺血性脑卒中大鼠认知障碍的改善作用及机制研究[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2022, 20(9): 1583-1593.
- [8] Tu, W., Wang, H., Li, S., Liu, Q. and Sha, H. (2019) The Anti-Inflammatory and Anti-Oxidant Mechanisms of the Keap1/NRF2/Are Signaling Pathway in Chronic Diseases. *Aging and disease*, **10**, 637-651. <https://doi.org/10.14336/ad.2018.0513>
- [9] Sha, S., Tan, J., Miao, Y. and Zhang, Q. (2021) The Role of Autophagy in Hypoxia-Induced Neuroinflammation. *DNA and Cell Biology*, **40**, 733-739. <https://doi.org/10.1089/dna.2020.6186>
- [10] Belkhef, M., Beder, N., Mouhoub, D., Amri, M., Hayet, R., Tighilt, N., et al. (2018) The Involvement of Neuroinflammation and Necroptosis in the Hippocampus during Vascular Dementia. *Journal of Neuroimmunology*, **320**, 48-57. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroim.2018.04.004>
- [11] Schmitz, M., Hermann, P., Oikonomou, P., Stoeck, K., Ebert, E., Poliakova, T., et al. (2015) Cytokine Profiles and the

- Role of Cellular Prion Protein in Patients with Vascular Dementia and Vascular Encephalopathy. *Neurobiology of Aging*, **36**, 2597-2606. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2015.05.013>
- [12] Rosenberg, G.A. (2017) Extracellular Matrix Inflammation in Vascular Cognitive Impairment and Dementia. *Clinical Science*, **131**, 425-437. <https://doi.org/10.1042/cs20160604>
- [13] Miwa, K., Tanaka, M., Okazaki, S., Furukado, S., Sakaguchi, M., Mochizuki, H., *et al.* (2013) Abstract 169: Circulating IL-6 and IL-18 Levels Are Associated with the Risk of Incident Dementia in Patients with Vascular Risk Factors. *Stroke*, **44**, A169. https://doi.org/10.1161/str.44.suppl_1.a169
- [14] Gubert, C., Kong, G., Renoir, T. and Hannan, A.J. (2020) Exercise, Diet and Stress as Modulators of Gut Microbiota: Implications for Neurodegenerative Diseases. *Neurobiology of Disease*, **134**, Article 104621. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2019.104621>
- [15] 邓龙飞, 张业廷, 付燕. 有氧运动抑制神经炎症减轻阿尔茨海默病模型小鼠认知障碍[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(14): 2209-2214.
- [16] 卢锦华. 电针结合有氧运动对慢性缺血性认知障碍模型大鼠 ICAM-1 及相关因子表达的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南中医药大学, 2015.
- [17] Enterría-Morales, D., López-López, I., López-Barneo, J. and d'Anglemont de Tassigny, X. (2016) Striatal GDNF Production Is Independent to Circulating Estradiol Level Despite Pan-Neuronal Activation in the Female Mouse. *PLOS ONE*, **11**, e0164391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164391>
- [18] Maejima, H., Kanemura, N., Kokubun, T., Murata, K. and Takayanagi, K. (2018) Exercise Enhances Cognitive Function and Neurotrophin Expression in the Hippocampus Accompanied by Changes in Epigenetic Programming in Senescence-Accelerated Mice. *Neuroscience Letters*, **665**, 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.11.023>
- [19] Palasz, E., Wysocka, A., Gasiorowska, A., Chalimoniuk, M., Niewiadomski, W. and Niewiadomska, G. (2020) BDNF as a Promising Therapeutic Agent in Parkinson's Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, Article 1170. <https://doi.org/10.3390/ijms21031170>
- [20] 刘瑾彦, 刘向云, 陈佩杰, 等. 易筋经对老年人认知功能和外周血 BDNF 水平的影响[J]. 上海体育学院学报, 2018, 42(2): 109-112.
- [21] 雍海漠, 朱强. 血管内皮生长因子 B 的神经保护作用[J]. 医学研究生学报, 2012, 25(8): 872-875.
- [22] Al-Jarrah, M., Jamous, M., Al Zailaey, K. and Bweir, S.O. (2010) Endurance Exercise Training Promotes Angiogenesis in the Brain of Chronic/Progressive Mouse Model of Parkinson's Disease. *NeuroRehabilitation: An International, Interdisciplinary Journal*, **26**, 369-373. <https://doi.org/10.3233/nre-2010-0574>
- [23] Maass, A., Düzel, S., Brigadski, T., Goerke, M., Becke, A., Sobieray, U., *et al.* (2016) Relationships of Peripheral IGF-1, VEGF and BDNF Levels to Exercise-Related Changes in Memory, Hippocampal Perfusion and Volumes in Older Adults. *NeuroImage*, **131**, 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.10.084>
- [24] 余锋, 贾芳芳, 张宪亮. 神经营养因子在运动调控帕金森病理机制中的作用研究进展[J]. 体育科学, 2020, 40(3): 75-89.
- [25] Khan, M.B., Alam, H., Siddiqui, S., Shaikh, M.F., Sharma, A., Rehman, A., *et al.* (2024) Exercise Improves Cerebral Blood Flow and Functional Outcomes in an Experimental Mouse Model of Vascular Cognitive Impairment and Dementia (VCID). *Translational Stroke Research*, **15**, 446-461. <https://doi.org/10.1007/s12975-023-01124-w>
- [26] Liu-Ambrose, T., Best, J.R., Davis, J.C., Eng, J.J., Lee, P.E., Jacova, C., *et al.* (2016) Aerobic Exercise and Vascular Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Neurology*, **87**, 2082-2090. <https://doi.org/10.1212/wnl.0000000000003332>
- [27] Liang, S., Liu, H., Wang, X., Lin, H., Zheng, L., Zhang, Y., *et al.* (2025) Aerobic Exercise Improves Clearance of Amyloid-B via the Glymphatic System in a Mouse Model of Alzheimer's Disease. *Brain Research Bulletin*, **222**, Article 111263. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2025.111263>
- [28] 李秀丽. 有氧运动健身的生物学分析[J]. 北京体育大学学报, 2003, 26(6): 776-777, 783.
- [29] 徐琼, 赵津磊, 王兴. 有氧运动对阿尔茨海默病患者认知功能干预效果的 meta 分析[J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34(7): 824-830.
- [30] Lin, M., Ma, C., Zhu, J., Gao, J., Huang, L., Huang, J., *et al.* (2022) Effects of Exercise Interventions on Executive Function in Old Adults with Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Ageing Research Reviews*, **82**, Article 101776. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101776>
- [31] 常春红, 王蔚, 朱奕, 等. 有氧训练对阿尔茨海默病的干预作用研究[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(11): 1131-1134.
- [32] 王希著. 有氧运动对老年轻度认知功能障碍的影响[J]. 实用医药杂志, 2016, 33(11): 991-992.

- [33] 许艺惠, 黄守清, 尹莲花. 运动干预对老年人认知功能减退的临床治疗效果[J]. 临床合理用药杂志, 2016, 9(26): 121-122.
- [34] Yang, S., Shan, C., Qing, H., Wang, W., Zhu, Y., Yin, M., *et al.* (2015) The Effects of Aerobic Exercise on Cognitive Function of Alzheimer's Disease Patients. *CNS & Neurological Disorders-Drug Targets*, **14**, 1292-1297. <https://doi.org/10.2174/187152731566615111123319>
- [35] 张新安, 倪晓梅, 海岩. 游泳运动对老年人认知功能影响的研究[J]. 中国民康医学, 2012, 24(20): 2435-2436.
- [36] 郑妍, 刘忠民, 李静, 等. 不同负荷游泳运动对老龄大鼠学习记忆能力及海马神经 Bcl-2、Bax 的影响[J]. 中国实验诊断学, 2015, 19(6): 890-893.
- [37] Campbell, E.B., Delgadillo, M., Lazzeroni, L.C., *et al.* (2022) Cognitive Improvement Following Physical Exercise and Cognitive Training Intervention for Older Adults with MCI. *The Journals of Gerontology: Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, **78**, 554-560.
- [38] Chilibeck, P., Kaviani, M., Candow, D. and Zello, G.A. (2017) Effect of Creatine Supplementation during Resistance Training on Lean Tissue Mass and Muscular Strength in Older Adults: A Meta-Analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, **8**, 213-226. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s123529>
- [39] 李紫梦, 靳英辉, 王云云, 等. 运动干预轻度认知功能障碍病人的证据总结与评价[J]. 护理研究, 2019, 33(6): 944-951.
- [40] Yoon, D.H., Kang, D., Kim, H., Kim, J., Song, H.S. and Song, W. (2016) Effect of Elastic Band-Based High-Speed Power Training on Cognitive Function, Physical Performance and Muscle Strength in Older Women with Mild Cognitive Impairment. *Geriatrics & Gerontology International*, **17**, 765-772. <https://doi.org/10.1111/ggi.12784>
- [41] Mavros, Y., Gates, N., Wilson, G.C., Jain, N., Meiklejohn, J., Brodaty, H., *et al.* (2016) Mediation of Cognitive Function Improvements by Strength Gains after Resistance Training in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: Outcomes of the Study of Mental and Resistance Training. *Journal of the American Geriatrics Society*, **65**, 550-559. <https://doi.org/10.1111/jgs.14542>
- [42] Zou, L., Loprinzi, P.D., Yeung, A.S., Zeng, N. and Huang, T. (2019) The Beneficial Effects of Mind-Body Exercises for People with Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **100**, 1556-1573. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.03.009>
- [43] 徐成波. 太极拳的养生健身功能[J]. 当代体育科技, 2014, 4(13): 123-125.
- [44] 王乾贝, 绳宇. 太极拳运动对社区轻度认知障碍老年人认知功能的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2016, 22(6): 645-649.
- [45] Sungkarat, S., Boripuntakul, S., Chattipakorn, N., Watcharasaksilp, K. and Lord, S.R. (2017) Effects of Tai Chi on Cognition and Fall Risk in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, **65**, 721-727. <https://doi.org/10.1111/jgs.14594>
- [46] 刘涛, 郭书庆, 白石. 八段锦对轻度认知障碍患者认知水平的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2018, 24(7): 854-859.
- [47] 林秋. 八段锦健身运动在老年轻度认知功能障碍患者中的应用效果及认知功能改善情况[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(14): 3558-3560.