

低强度抗阻结合血流限制训练对老年人肌肉适能、躯体功能及心血管健康的影响

周先平, 杨鑫淼, 高 菲

吉林体育学院研究生院, 吉林 长春

收稿日期: 2025年6月9日; 录用日期: 2025年7月22日; 发布日期: 2025年7月30日

摘 要

随着全球人口老龄化进程的持续加重, 老年群体因体适能下降而面临着功能衰退与慢性病风险增加。低强度抗阻结合血流限制训练(LI-BFR)作为一种既能降低运动风险, 又能有效提升老年人肌肉适能与生理功能的训练方式, 受到广泛关注。然而, 目前关于LI-BFR训练对老年体适能多维度影响的研究结论尚未达成共识。为优化老年运动处方提供科学依据, 本研究采用系统综述方法, 通过PubMed、Web of Science、Embase、中国知网、万方及维普六大数据库, 运用布尔逻辑运算符构建严谨的检索策略, 并纳入灰色文献进行全面检索, 系统研究了LI-BFR训练对老年人肌肉适能、躯体功能及心血管健康的影响。结果表明, LI-BFR训练对老年体适能具有多维度改善效应: 不仅能显著增强肌肉力量与耐力, 有效提升平衡能力及身体活动独立性, 长期训练还能对心血管健康起到积极调节作用, 展现出良好的应用潜力。

关键词

低强度抗阻结合血流限制训练, 老年人, 肌肉适能, 躯体功能, 心血管健康

The Impact of Low-Intensity Resistance Training with Blood Flow Restriction on Muscular Fitness, Physical Function, and Cardiovascular Health in Older Adults

Xianping Zhou, Xinmiao Yang, Fei Gao

Graduate School, Jilin Sport University, Changchun Jilin

Received: Jun. 9th, 2025; accepted: Jul. 22nd, 2025; published: Jul. 30th, 2025

文章引用: 周先平, 杨鑫淼, 高菲. 低强度抗阻结合血流限制训练对老年人肌肉适能、躯体功能及心血管健康的影响[J]. 老龄化研究, 2025, 12(7): 753-758. DOI: 10.12677/ar.2025.127102

Abstract

With the continuous aggravation of the global population aging process, the elderly group is facing functional decline and an increased risk of chronic diseases due to the decline in physical fitness. Low-intensity resistance training combined with blood flow restriction (LI-BFR), as a training method that can not only reduce the risk of exercise, but also effectively improve the muscle fitness and physiological functions of the elderly, has received extensive attention. However, current research on the multi-dimensional effects of LI-BFR training programs on older adults' physical fitness has yielded inconsistent findings. To provide a scientific basis for optimizing exercise prescriptions for the elderly, this study employed a systematic review approach. Using Boolean logical operators, a comprehensive search strategy was developed across six major databases: PubMed, Web of Science, Embase, China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang, and VIP. Additionally, grey literature was incorporated to ensure a thorough search. The investigation systematically examined the effects of LI-BFR training on muscular fitness, physical function, and cardiovascular health among older adults. Findings revealed that LI-BFR training exerted multi-faceted benefits on older adults' physical fitness. Specifically, LI-BFR significantly enhanced both muscular strength and endurance, improved dynamic balance capacity and functional independence, and promoted cardiovascular health through sustained training, thereby demonstrating substantial application potential.

Keywords

Low-Intensity Resistance Training with Blood Flow Restriction, Older Adults, Muscular Fitness, Physical Function, Cardiovascular Health

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

人口老龄化已成为全球社会发展面临的严峻挑战, 预计至 2050 年全球老年人口规模将突破 20 亿, 老龄化带来的经济及医疗负担持续加剧[1]。据第七次全国人口普查数据显示, 我国 60 岁及以上人口占比达 18.7%, 老龄化进程呈现加速趋势。且随着年龄的增长, 机体的生理功能显著衰退。研究证实, 我国 ≥60 岁老年人慢性病患病率为 27.6%~81.6% [2]。衰老对肌肉系统和心血管系统的影响显著。在肌肉系统方面, 衰老可导致骨骼肌质量、力量及肌纤维体积的减少[3]。在心血管系统方面, 衰老进程可引发射血分数下降及血管弹性减弱[4]。目前, 营养干预与运动干预是改善老年人健康常见的干预手段, 其中抗阻训练被证实对提升肌肉力量、延缓功能衰退效果显著。但对于存在慢性疾病、心脑血管疾病或其他并发症的老年人来说, 贸然进行高强度运动可能会增加猝死等风险[5]。而血流限制训练作为一种新兴方法, 是一种通过对肢体远端施加压力限制血液流向近端肌肉的方法[6]。研究证实, LI-BFR 能达到传统高强度抗阻训练的效果[7]。但对老年人体适能的综合影响仍缺乏系统性研究。现有文献多聚焦于该训练对单一肌肉功能的作用, 而在肌肉力量、耐力、躯体功能、心血管等多维度的协同效应及作用机制尚未明确。基于此, 本研究综述 LI-BFR 训练对健康老年人体适能的干预效果, 旨在为优化老年运动处方、提升健康管理效能提供科学依据。

2. LI-BFR 对老年群体肌肉适能的改善效应

2.1. 肌肉力量

在传统抗阻训练中,肌肉增长主要依赖于高强度负荷的刺激。然而,对于老年人而言,由于身体机能的衰退,训练过程中存在显著的安全风险。LI-BFR 通过对肢体近端施加压力限制血流,促使肌肉在相对缺氧环境下激活代谢与合成机制。该训练方法的特点是即使在较低的运动强度下,也能促进蛋白合成、刺激肌肉生长从而提高肌肉适能。张明月等发现,相较于单纯肌力锻炼,联合血流限制训练在改善胫骨前肌肌肉质量以及增强除大腿后侧肌群以外的下肢肌肉力量效果更明显[8]。然而,关于血流限制训练中压力参数的设定、运动频率以及运动强度对肌肉力量增长和肌质量提升仍存在争议[9]。部分研究显示,LI-BFR 在提升腿部肌肉力量及改善肌肉质量方面,与高强度抗阻训练(HL-RE)效果无显著差异[10]。但有学者指出,对老年人而言,相较于 HL-RE, BFR-RE 增加肌肉力量的效果有限,力量提升仍依赖运动强度增加[11]。由此可见,尽管现有研究证实 BFR-RE 对无法耐受高强度运动的人群具有临床应用价值,但针对健康老年人的运动训练强度仍需进一步探究。Mahmoud 等的研究显示,当运动负荷处于极低水平时,增加血流限制压力参数更有助于促进肌肉组织生长[12]。同时,增加训练频率可促进更大的肌纤维募集、激活代谢途径和刺激蛋白质合成增强肌肉适应[13]。此外,在女性群体中,低强度低频压力方案对 1 RM 的改善效果显著,而男性群体采用高强度高频压力方案时,1 RM 提升更为明显。这一现象提示,男女在肌肉力量训练中对血流限制训练的强度和频率需求存在差异,其潜在机制可能与生理结构、激素水平调控或肌纤维类型分布相关。值得注意的是,相同运动强度下,抗阻与有氧血流限制运动可能引发心率及血压升高,但更高阻力负荷在增加肢体动脉阻塞风险的同时,并未带来更显著的训练效益[14]。因此,低负荷血流限制运动可作为心血管及肌肉骨骼功能衰退的老年及慢性病患者的最佳方案之一。

2.2. 耐力

LI-BFR 训练可通过诱导肌肉完成更多重复收缩,提升其氧气利用效率与能量代谢水平,还可提高老年女性血清血管内皮生长因子浓度。血清血管内皮生长因子水平的升高标志着血管生成过程的激活,这一机制能够显著改善肌肉组织的血液灌注与氧气传输能力,从而增强肌肉耐力。Park 等发现,LI-BFR 训练使正常体重女性无氧功率显著增加,虽未直接测量耐力指标,但无氧功率的提高通常与耐力改善相关[15]。这种训练方法增加老年人肌肉中的线粒体数量和活性,提高肌肉的氧化能力,从而提高耐力。此外,诸多研究表明,血流限制训练的运动强度、加压部位、运动顺序及充气模式与肌肉耐力存在相关性。其中,LL-BFR 与 HL 训练在促进老年人肌肉力量和质量增长方面效果相当,但较 LL-BFR 训练更具优势[16]。孙科等通过对比加压与非加压状态下大腿前侧加压肌群和臀部、腰部未加压肌群的肌电活动发现,加压硬拉练习可使臀大肌、股二头肌 RMS 标准值较对照组分别提升 3.5%和 26.0% [17]。证实血流限制训练对非加压部位肌肉具有训练效应。另有研究表明,常规中低阻力上肢力量练习后进行下肢低阻力加压训练,可通过下肢加压诱导的激素变化增强上肢训练效果。李志恒等对比不加压、间歇充气及持续充气模式干预发现,各组 40% 1 RM 运动至主观力竭的腿屈伸次数均较干预前显著增加,表明低负荷抗阻训练(LLRT)、间歇血流限制训练(I-BFRT)和持续血流限制训练(C-BFRT)均可提升老年人肌耐力;其中间歇组与持续组腿屈伸次数显著高于对照组,提示 BFRT 较传统 LLRT 在肌耐力提升上更具优势[18]。这可能是由于 BFRT 在长期训练中引发肌肉更大代谢压力,促进血管生成基因表达,增加骨骼肌毛细血管密度与数量,增强机体代谢紊乱处理能力,进而更有效提升肌耐力。因此,未来研究需进一步探讨血流限制对不同部位肌肉的激活机制,以及运动顺序、充气模式等训练细节对肌肉质量改善的影响。

3. LI-BFR 改善老年群体躯体运动功能

3.1. 平衡能力

随着年龄的增长,老年人平衡控制能力呈退行性下降,表现为站立、行走、转身等动作中反应速度迟缓、重心调控能力减弱,跌倒风险显著增加。已有研究证实,抗阻训练、太极拳及平衡训练动作对跌倒预防有作用,但针对 LI-BFR 干预老年人平衡能力的研究仍较为匮乏。Cook 等的研究显示,血流限制训练可显著增加老年人股四头肌力量与横截面积,同时改善其力量、柔韧性及静动态平衡能力。不仅能降低运动损伤风险,而且短时间内提升肌肉量与下肢功能,显著增强老年人平衡能力[19]。Darvishi 等将 19 名中老年人随机分为有氧训练组、加压组、加压有氧训练组,进行 8 周、每周 2 次、每次 45 分钟且强度为 50%~60%最大心率的有氧训练。结果显示,有氧训练组、三组的静态平衡能力均显著提升,其中加压有氧训练组的平衡得分高于其他两组[20]。但有研究发现,将健康老年人分为 LI-BFR 组和动态平衡训练组,进行 8 周运动干预后发现:单次 LI-BFR 可诱导受试者生长激素水平升高;且两组均能改善动态平衡能力,但组间无显著差异;LI-BFR 组可显著增强下肢肌力,而动态平衡训练组肌力无明显提升[21]。同时有研究显示,12 周低强度血流限制训练与高强度抗阻训练在提升老年人动态平衡、功能性平衡及静态平衡能力方面效果无显著差异,且两者均能增强下肢髋、膝、踝关节等速肌力,两组干预提高老年人的各平衡能力水平可能与下肢肌肉力量增强有关[22]。以上研究的差异可能受不同对照组影响,也可能因受试者训练后下肢肌肉力量提升未达改善肌肉功能与平衡的阈值。未来研究需进一步探究不同运动强度与运动时长对健康老年人静态、动态及功能性平衡的影响。

3.2. 身体活动能力

身体活动能力是完成日常生活的能力。随着年龄的增加,老年人常出现步态异常及身体活动能力下降,易导致较高的跌倒风险;也影响老年人日常生活,如穿衣、上床和转身等任务。Bryk 等对 7 名中老年人进行 6 周、每周 3 次的 30% 1 RM 强度、200 mmHg 压力抗阻训练,结果显示,计时起立走时间显著缩短,且与高强度抗阻训练组无显著差异。表明 LI-BFR 可增强股四头肌、臀大肌等下肢肌力,提升步行支撑与推进力,增大步幅、加快速度;在 BFRT 后,老年受试者的 10 m 步行、定时步行测试、最大步幅和跳跃反应时间均显著改善[23]。Ozaki 等的研究也得到相似的结果[24]。Yokokawa 等进一步对比 8 周低强度血流限制训练与动态平衡训练发现,两组在改善老年人 10 米行走、起跳反应时及最大步长方面效果相当,但血流限制组在计时起立走测试中的表现显著优于动态平衡组[25]。

4. LI-BFR 对老年群体心血管健康的影响

当前,针对 LI-BFR 训练对老年心血管健康的影响仍存争议。部分学者认为,LI-BFR 可能会导致交感神经多动,导致老年人血压和血管阻力急剧升高,以及与血液流变学和剪切应力相关的血管功能损伤等[26]。如李志恒的研究发现,急性应用 BFRT 较传统 LLRT 可引发更强的心血管反应,表现为收缩压、舒张压、心率及心率收缩压乘积显著升高,且年轻人与老年人的增幅相近[18]。但另有研究表明,血流限制训练可刺激机体产生血管内皮生长因子等多种生长因子,通过促进血管内皮细胞增殖、诱导血管生成,增加血管密度并改善微循环,增强心血管系统供血能力[27]。例如 Zhang 等在研究 LI-BFR 训练对老年人血流动力学反应和血管功能的影响时发现,LI-BFR 训练会引起老年人急性血流动力学反应,但训练后 30 min 可恢复正常水平,收缩压显著降低[28]。这可能是由于 LI-BFR 可以改善运动中的脂肪和肌肉代谢,进而调节血脂水平和身体成分以促进心血管健康有关。上述研究结果的差异,可能与不同训练干预及 BFR 压力方案的差异性密切相关。此外,有研究显示,长期坚持训练能增加血管壁的弹性纤维含量,提高血

管弹性,促使血管更好地适应血流变化,减少心血管疾病风险[29]。综上所述,BFRT对老年人心血管反应的影响因素较多,除上述因素外,还受袖带宽度、充气模式及训练动作等多种干预方案的影响。总体而言,急性应用BFRT可显著升高收缩压、舒张压、心率,但长期应用后上述指标总体呈下降趋势。值得注意的是,训练过程中需密切关注老年人的生理反应,避免因训练不当导致血压波动、心律失常等心血管负担。因此,训练前需对老年人进行全面的生理评估,训练中严格控制强度、持续时间和血流限制程度,并在专业人员的指导下进行。

5. 结论

本研究系统整合LI-BFR训练对老年人肌肉适能、躯体功能及心血管健康的干预效应,证实了LI-BFR训练是一种高效的干预手段,不仅能改善老年群体的肌肉力量、耐力与平衡功能,而且长期训练可调节心血管健康,提升老年人的生存质量。然而,现有研究在方法论层面存在一定的局限:样本量普遍较小且异质性较高,长期追踪数据匮乏,训练参数(如压力强度、持续时间、频率组合)的标准化界定仍存争议。基于上述研究现状,未来还需探究压力强度、持续时间及动作组合等对不同老年亚组的效果差异,形成分层次的参数推荐方案,为积极应对老龄化提供创新运动干预。

参考文献

- [1] Rodrigues, F., Domingos, C., Monteiro, D. and Morouço, P. (2022) A Review on Aging, Sarcopenia, Falls, and Resistance Training in Community-Dwelling Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 874. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020874>
- [2] 何莉, 张逸凡, 沈雪纯, 等. 中国大陆地区居民慢性病共病的流行趋势: 一项 Meta 分析[J]. 中国全科医学, 2023, 26(29): 3599-3607.
- [3] Grevendonk, L., Connell, N.J., McCrum, C., Fealy, C.E., Bilet, L., Bruls, Y.M.H., *et al.* (2021) Impact of Aging and Exercise on Skeletal Muscle Mitochondrial Capacity, Energy Metabolism, and Physical Function. *Nature Communications*, **12**, Article No. 4773. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24956-2>
- [4] Vakka, A., Warren, J.S. and Drosatos, K. (2023) Cardiovascular Aging: From Cellular and Molecular Changes to Therapeutic Interventions. *The Journal of Cardiovascular Aging*, **3**, Article 23. <https://doi.org/10.20517/jca.2023.09>
- [5] 周文利. 糖尿病患者如何运动[J]. 家庭医药·就医选药, 2025(2): 92-93.
- [6] Wilkinson, B.G., Donnenwerth, J.J. and Peterson, A.R. (2019) Use of Blood Flow Restriction Training for Postoperative Rehabilitation. *Current Sports Medicine Reports*, **18**, 224-228. <https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000604>
- [7] Chua, M.T., Sim, A. and Burns, S.F. (2022) Acute and Chronic Effects of Blood Flow Restricted High-Intensity Interval Training: A Systematic Review. *Sports Medicine—Open*, **8**, Article No. 122. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00506-y>
- [8] 张明月, 张林. 加压肌力锻炼对肌少症老年人肌肉质量与肌肉力量的影响[J]. 中国体育科技, 2024, 60(6): 51-60.
- [9] 苏艳红, 杨孝磊, 于海强. 血流限制伴不同强度抗阻热身训练对肌肉激活及下肢肌力影响的差异[J]. 中国体育科技, 2023, 59(12): 10-17.
- [10] Grønfeldt, B.M., Lindberg Nielsen, J., Mieritz, R.M., Lund, H. and Aagaard, P. (2020) Effect of Blood-Flow Restricted vs Heavy-Load Strength Training on Muscle Strength: Systematic Review and Meta-Analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **30**, 837-848. <https://doi.org/10.1111/sms.13632>
- [11] Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C. and Patterson, S.D. (2017) Blood Flow Restriction Training in Clinical Musculoskeletal Rehabilitation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *British Journal of Sports Medicine*, **51**, 1003-1011. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
- [12] Mahmoud, W.S., Osailan, A., Ahmed, A.S., Elnaggar, R.K. and Radwan, N.L. (2021) Optimal Parameters of Blood Flow Restriction and Resistance Training on Quadriceps Strength and Cross-Sectional Area and Pain in Knee Osteoarthritis. *Isokinetics and Exercise Science*, **29**, 393-402. <https://doi.org/10.3233/ies-200235>
- [13] Schoenfeld, B.J., Grgic, J. and Krieger, J. (2018) How Many Times per Week Should a Muscle Be Trained to Maximize Muscle Hypertrophy? A Systematic Review and Meta-Analysis of Studies Examining the Effects of Resistance Training Frequency. *Journal of Sports Sciences*, **37**, 1286-1295. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1555906>
- [14] 张佳佳, 周倩, 张伟宏. 血流限制运动在老年人运动干预中的应用研究进展[J]. 护理研究, 2023, 37(11): 1940-1944.

- [15] Park, H., Song, J. and Kim, E. (2022) Effects of Low-Intensity Resistance Exercise with Blood Flow Restriction after High Tibial Osteotomy in Middle-Aged Women. *Medicine*, **101**, e32294. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000032294>
- [16] 潘玮敏, 王兵, 韩亚兵, 等. 血流限制训练对老年人肌肉力量、质量和躯体能力改变影响的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(5): 805-812.
- [17] 孙科, 魏文哲, 赵之光. 下肢低强度加压训练中血流受限部位和未受限部位肌肉活动的差异[J]. 中国体育科技, 2019, 55(5): 14-19.
- [18] 李志恒. 不同充气模式的血流限制训练对老年女性下肢肌肉功能和心血管反应的研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津体育学院, 2024.
- [19] Cook, S.B., LaRoche, D.P., Villa, M.R., Barile, H. and Manini, T.M. (2017) Blood Flow Restricted Resistance Training in Older Adults at Risk of Mobility Limitations. *Experimental Gerontology*, **99**, 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.10.004>
- [20] Darvishi, M.R., Baharak, M.K. and Saeed, K. (2017) Effect of Aerobic Training with Blood Flow Restricting on Static Balance, Lower Extremity Strength, and Thigh Hypertrophy in Females with Multiple Sclerosis. *Report of Health Care*, **3**, 33-41.
- [21] 邓舒心. 血流限制下的抗阻踏车运动对卒中患者的下肢运动与平衡的影响[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉体育学院, 2024.
- [22] 柳皓严. 低强度加压抗阻训练对 60-69 岁老年人下肢力量、平衡和身体活动能力的影响研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海体育学院, 2022.
- [23] Bryk, F.F., dos Reis, A.C., Fingerhut, D., Araujo, T., Schutzer, M., Cury, R.D.P.L., *et al.* (2016) Exercises with Partial Vascular Occlusion in Patients with Knee Osteoarthritis: A Randomized Clinical Trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **24**, 1580-1586. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4064-7>
- [24] Ozaki, H., Sakamaki, M., Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sugaya, M., *et al.* (2010) Increases in Thigh Muscle Volume and Strength by Walk Training with Leg Blood Flow Reduction in Older Participants. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, **66**, 257-263. <https://doi.org/10.1093/gerona/glq182>
- [25] Yokokawa, Y., Hongo, M., Urayama, H., *et al.* (2008) Effects of Low-Intensity Resistance Exercise with Vascular Occlusion on Physical Function in Healthy Elderly People. *BioScience Trends*, **2**, 117-123.
- [26] Mouser, J.G., Mattocks, K.T., Buckner, S.L., Dankel, S.J., Jessee, M.B., Bell, Z.W., *et al.* (2019) High-Pressure Blood Flow Restriction with Very Low Load Resistance Training Results in Peripheral Vascular Adaptations Similar to Heavy Resistance Training. *Physiological Measurement*, **40**, Article ID: 035003. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ab0d2a>
- [27] Nascimento, D.d.C., Petriz, B., da Cunha Oliveira, S., Leite Vieira, D.C., Schwerz Funghetto, S., Silva, A.O., *et al.* (2019) Effects of Blood Flow Restriction Exercise on Hemostasis: A Systematic Review of Randomized and Non-Randomized Trials. *International Journal of General Medicine*, **12**, 91-100. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s194883>
- [28] Zhang, T., Tian, G. and Wang, X. (2022) Effects of Low-Load Blood Flow Restriction Training on Hemodynamic Responses and Vascular Function in Older Adults: A Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 6750. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116750>
- [29] Robillard, S., Lizotte, F. and Gervais, P. (2017) Reduction of DUSP4 Exacerbates Blood Flow Reduction in Diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*, **41**, S62. <https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2017.08.170>