

肌少症的研究现状与临床管理进展

唐诗^{1,2}, 何菲^{1,2*}

¹重庆医科大学附属永川医院老年医学科, 重庆

²重庆市老年疾病临床医学研究中心, 重庆

收稿日期: 2026年3月13日; 录用日期: 2026年4月6日; 发布日期: 2026年4月14日

摘要

肌少症是一种以进行性骨骼肌质量减少、肌力下降和身体机能减退为特征的退行性综合征, 现已列入21世纪重大健康威胁之一。全球“银发浪潮”强势袭来, 与年龄相关的肌少症患病率正大幅上升, 预计到2040年可影响超过2亿人群。中国作为老龄化人口最多的国家, 肌少症在人群特征、发病机制及临床干预等方面呈现一定的独特性, 其防治已然成为我国老年健康管理的重要议题。近年来, 虽然肌少症的诊断标准逐步完善, 但我们依旧面临实际临床中的诊断工具可及性低和干预措施差异大等众多挑战, 肌少症的研究仍处于初期探索阶段。所以本文基于最新循证依据, 系统综述肌少症的流行病学特征、筛查诊断路径、发病机制及干预策略, 以期为中国临床实践提供精准的循证依据, 并展望该领域内有待突破的研究方向。

关键词

肌少症, 流行病学, 诊断, 发病机制, 治疗

Current Research Status and Advances in Clinical Management of Sarcopenia

Shi Tang^{1,2}, Fei He^{1,2*}

¹Department of Geriatrics, The Affiliated Yongchuan Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

²Chongqing Municipality Clinical Research Center for Geriatric Diseases, Chongqing

Received: March 13, 2026; accepted: April 6, 2026; published: April 14, 2026

Abstract

Sarcopenia is a degenerative syndrome characterized by progressive loss of skeletal muscle mass,

*通讯作者。

文章引用: 唐诗, 何菲. 肌少症的研究现状与临床管理进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 2828-2836.

DOI: 10.12677/acm.2026.1641537

decreased muscle strength, and reduced physical function. Recognized as one of the major health threats of the 21st century, its prevalence is rising sharply alongside the global “silver tsunami” of aging. Age-related sarcopenia is projected to affect over 200 million people worldwide by 2040. As the country with the largest aging population, China faces unique challenges regarding the demographic profile, pathogenesis, and clinical management of sarcopenia, making its prevention and treatment a critical issue in national elderly health management. Although diagnostic criteria have been gradually refined in recent years, significant challenges remain in clinical practice, including limited accessibility of diagnostic tools and considerable variability in intervention strategies. Research on sarcopenia is still in its early stages. Therefore, this article provides a systematic review based on the latest evidence, comprehensively examining the epidemiological features, screening and diagnostic pathways, underlying mechanisms, and intervention strategies for sarcopenia. The aim is to offer precise, evidence-based guidance for clinical practice in China and to identify promising directions for future research breakthroughs in this field.

Keywords

Sarcopenia, Epidemiology, Diagnosis, Pathogenesis, Treatment

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

Rosenberg 在 1989 年首次提出肌少症, 是以骨骼肌质量和功能进行性丧失为主要特征的退行性综合征。鉴于肌少症在老龄化社会中的高发病率和不良影响, 世界卫生组织已将肌少症列入 21 世纪重大健康威胁之一[1]。2019 年, 亚洲肌少症工作组(AWGS)将“可能肌少症”纳入诊断类别, 此举也推动了世界对肌少症早期阶段的认识与诊断。Shaoen Weng 等人的研究表明, 在 60 岁及以上的社区居民中, 肌少症的总体患病率高达 16.5%, 其中“可能的肌少症”患病率为 28.7% [2], “严重肌肉减少症”患病率为 2%~9% [3]。所以, 肌少症的危害也需警惕, 它可导致老龄患者的跌倒、骨折、功能衰退、瘦弱及死亡等一系列不良事件, 从而给家庭及社会增添负担。因此, 本文致力于整合最新的研究进展, 系统综述肌少症的流行病学特征、多机制交互网络、分层筛查诊断路径及干预策略, 以期为中国临床实践提供精准循证依据, 进一步完善肌少症的预防和治疗方案, 更好的改善老龄患者的生活质量。

2. 流行病学

在全球范围内, 60 岁以上成人肌肉减少症和严重肌肉减少症的患病率分别为 8%~36%和 2%~9% [3]。根据诊断指南的差异, 虽然肌少症的患病率会随年龄的增长而不断攀升, 但是其患病率也会有所不同。Mayhew 等人[4]系统分析 109 项研究发现, 社区老年人肌少症患病率在 9.9%~40.4%之间。Sayer 等人[5]则通过系统评价和荟萃分析得出, 不同标准下的老年人肌肉减少症全球患病率存在较大差异。受种族、身体成分及诊断标准的影响, 大洋洲患病率可达 40% [3], 且中国人群肌少症患病率低于欧美, 但高于部分东南亚国家。多种危险因素即可导致肌少症, 包括衰老[6]、营养不良[7]、慢性炎症[6]、吸烟[8]、睡眠时间过长[9]、骨质疏松[10]和糖尿病[11]等, 这些因素相互交织, 影响着肌少症的发生与发展。还有研究发现肌少症与其他疾病之间也存在密切联系。例如: 在慢性阻塞性肺疾病患者中, 肌少症使其患骨质疏松症的风险上升[12]、提高冠状动脉疾病患者发生心力衰竭的风险[13]。并且, 轻度认知功能障碍与肌少症的共病则会进一步增加失能风险。有研究显示, 肌少症的肌肉力量和步速, 其诊断指标被提示与认知

功能有关[14], 其机制可能是肌肉减少会降低骨骼干细胞的再生能力, 阻碍肌因子的生长进程, 从而降低老龄患者的大脑功能。这些共病的关联都凸显着肌少症在老年健康领域的重要性, 提醒临床医生在面对面肌少症共病患者时, 需更加关注肌肉质量和健康, 以便对老龄患者进行早期筛查。

3. 筛查与诊断

肌肉减少症常见于老年人群中, 存在着患病高风险, 但是肌肉减少症的筛查具有时效性, 所以 65 岁及以上的人应每年或在跌倒导致住院等重大健康事件后进行骨骼肌减少筛查。常用的肌肉减少症筛查工具和指标包括: 步行速度、简易五项评分问卷(SARC-F)、肌少症评估表(SARC-CalF)、指环试验、握力、小腿围、上臂围、拇内收肌厚度等。2018 年 EWGSOP 指南推荐使用 SARC-F 量表及握力进行肌少症患者筛查, 2019 年亚洲肌肉减少症工作组(Asian Working Group for Sarcopenia, AWGS)认为可将 SARC-F、SARC-CalF、握力、五次起坐测试、小腿围等进行联合筛查, 而中国肌肉减少症诊疗指南(2024 版)[15]更推荐采用小腿围联合握力测量或采用 Ishii 评分作为肌少症筛查工具, 在诊断标准方面, 该指南也明确指出从低肌量、低肌力、躯体功能障碍三个方面对肌少症进行综合评估, 若患者同时满足低肌量、低肌力和(或)低躯体功能障碍中的至少两项, 即可诊断为肌少症。而 2025 年亚洲肌肉减少症工作组(AWGS)则进一步简化其诊断标准[16], 仅需符合“低肌肉量”和“低肌肉力量”, 即为肌少症。从以上各年诊断指南的差异与演变中, 我们能深刻感知肌少症的临床评估由“复合型定义”转向了“核心要素优先”, 这背后也存在着深层次的逻辑分歧与实践困境。第一, 诊断标准的不统一直接导致了流行病学数据的异质性。不同标准下社区老年人肌少症患病率跨度之大, 这种差异不仅源于人群特征, 更与“是否纳入躯体功能指标”“肌量切点值如何校正体质指数”等核心定义密切相关。第二, 不同临床场景对诊断工具的要求存在本质区别: 在社区筛查中, 简便、无创及低成本的工具(如小腿围、SARC-F 问卷)更具有推广性及实用性, 但此类工具往往灵敏度高而特异度不足, 容易导致“可能肌少症”的过度筛查; 而在三级医院或专科诊疗中, 双能 X 线吸收法(DXA)虽被视为“金标准”, 但其设备昂贵、操作复杂、难以床旁评估, 所以对于基层医院及老年共病患者的普及率也较低。第三, AWGS 2025 版诊断指南将躯体功能障碍从诊断指标中剥离, 回归“低肌量 + 低肌力”的核心组合, 这一简化虽提升了诊断的客观性与可操作性, 但也可能削弱对早期功能衰退患者的识别能力, 特别是在肌力下降尚不显著、但步速已明显减慢的高龄人群中。因此, 未来诊断策略的发展不仅要追求统一标准, 更需构建分层适配的评估体系: 在人群筛查阶段优先使用高可行性的替代指标, 在临床确诊阶段引入精准影像与功能验证, 并通过动态监测实现个体化风险分层。明确不同的诊断工具在不同场景下的优劣与适用情况, 是推动肌少症从研究定义走向临床常态的关键环节。具体诊断指标: ① 双能 X 线测量: 男性四肢骨骼肌肌量指数 $<7.0 \text{ kg/m}^2$ 、女性 $<5.4 \text{ kg/m}^2$ (在体质指数 BMI 校正下为男性 DXA <0.73 、女性 DXA <0.52); 或多频生物电阻抗测量: 男性肌量 $<7.0 \text{ kg/m}^2$ 、女性 $<5.7 \text{ kg/m}^2$ (在体质指数 BMI 校正下为男性 BIA <0.83 , 女性 BIA <0.57)可诊断为低肌肉量; ② 年龄 ≥ 65 岁的男性握力 $<28.0 \text{ kg}$ 、年龄 ≥ 65 岁的女性 $<18.0 \text{ kg}$ 则为低肌肉力量。躯体功能障碍(包括步速、5 次起坐测试及简易体能状况量表)是其结局指标, 并非诊断指标。若患者仅存在低肌力, 则诊断为“肌少症可能”。这一诊断框架为临床医生提供了清晰的诊断路径, 有助于早期识别肌少症患者, 从而及时开展干预措施, 延缓疾病进展, 改善患者预后。

4. 发病机制

4.1. 代谢异常

肌肉减少症的病理生理机制具有显著复杂性, 目前尚未完全明确, 现有研究表明其演进过程与多危

险因素及分子调控的紊乱密切相关。Wei-Hsiang Hsu 等[16]的研究发现, 能量代谢稳态失衡可以通过调控 β -丙氨酸代谢、组氨酸代谢及甘油磷脂代谢通路, 加速骨骼肌量的流失进程。左欣荣团队[17]借助骨骼肌特异性 Ppm1k 基因敲除小鼠模型的实验证实, 支链氨基酸(BCAA)在体内蓄积时, 会通过抑制线粒体氧化呼吸功能诱发肌肉萎缩。但是针对性干预 BCAA 分解代谢关键酶的活性, 能够有效逆转这一病理改变, 显著提升骨骼肌的收缩功能。肌肽作为骨骼肌内的核心缓冲介质, 其表达水平的衰减直接对应肌组织抗氧化应激效能与 pH 稳态调控能力的渐进式衰退, 继而加剧肌纤维功能的退行性改变。肉碱作为脂肪酸 β -氧化通路的关键转运介导分子, 其体内水平的升高可间接映射线粒体脂肪酸氧化途径的代偿性激活, 若持续激活, 可能诱发脂质代谢中间产物的异常蓄积, 导致肌细胞脂毒性损伤。尿素基丙酸的降低提示尿素循环障碍会影响氮代谢平衡, 加快肌肉萎缩进程。磷脂酰胆碱类物质的减少则提示细胞膜完整性受损, 干扰肌细胞信号传导和修复。其机制可能是磷脂酰肌醇类物质激活 PI3K-AKT/mTOR 通路, 促进胰岛素抵抗或异常细胞增殖。mTOR 通路会促进蛋白质合成和肌肉生长, 但是增龄容易调控失衡, 加剧肌肉萎缩[18]。尤为值得关注的是, 支链氨基酸(BCAA)与维生素 D3 都能特异性激活 mTORC1 通路, 助力肌肉蛋白质合成和增强线粒体功能[16]。脂肪酸氧化与葡萄糖摄取可以维持肌肉功能提供即时能量底物, 同时削减在蛋白质和脂质合成代谢中的能量耗损[19]。

4.2. 炎症与氧化应激

炎症与氧化应激在肌少症的发生发展中是不容忽视的关键角色。晚期糖基化终末产物(AGEs)通过与受体 RAGE 结合, 激活炎症和氧化应激通路, 抑制胰岛素/IGF-1 信号与线粒体功能, 致使蛋白质降解增加、合成减少及能量代谢障碍[20]。同时, AGEs 直接糖基化肌肉结构蛋白, 破坏肌肉弹性与再生能力, 损害神经肌肉接头和血管功能, 最终引发肌肉萎缩与功能丧失[20]。慢性炎症是众多已知疾病的促成因素, 炎症标志物增加也是衰老的主要特征。随着年龄增长, 肌纤维从 50 岁后大量流失, 促炎细胞因子(如 TNF- α 、IL-1、IL-6、CRP 等)随之增加, 进一步导致肌细胞减少, 增快肌少症的病情发展。与骨骼肌代谢相关的促炎细胞因子通过触发泛素-蛋白酶系统引发骨骼肌萎缩, 而细胞信号通路的改变激活则促进炎症状态, 成为肌少症致病原因的关键一环[21]。研究表明, 有氧运动[22]能够降低老年肌少症患者血清中的 IL-6、IL-18 和 TNF- α 水平, 改善肌肉萎缩, 但 IL-6 水平下降不显著, 这或许与 IL-6 作为肌因子, 在维持运动期间和运动后的肌纤维稳态中发挥关键作用, 且在 I 型肌纤维[23]中充分表达有关。而肌少症会减少 II 型肌纤维[6]的数量、大小和线粒体数量, 更多干扰 TNF- α 和 IL-18 在 II 型肌纤维中的表达。

4.3. 神经肌肉调控

人体的脂肪浸润和代谢异常通过神经肌肉调控的变化, 促使肌少症的发生发展。在去神经导致肌肉萎缩的机制中, 视黄醇结合蛋白 4(RBP4)是经 STRA6 受体激活 JAK2/STAT3 信号通路, 促进脂肪浸润, 导致蛋白质降解增加和肌生成减少。研究发现, RBP4 抑制剂在改善肌肉萎缩和脂肪浸润方面具有潜在治疗效果[24]。还有肌肉生长抑制素/激活素通路在调节肌肉质量和功能方面也起着至关重要的作用。肌肉细胞分泌的肌肉生长抑制素和激活素通过自分泌和旁分泌作用, 与肌肉细胞表面的 ActRIIB 受体结合, 影响着肌少症的进展[25]。有学者指出, 服用二甲双胍对症治疗会促进肌肉功能减弱, 其机制主要涉及催化 AMPK-FoxO3a-HDAC6 轴的激活, 进一步导致骨骼肌细胞内肌肉生长抑制素上调, 凸显出肌肉生长抑制素通路的关键作用[26]。王雪莹等学者[27]指出, 运动训练可通过 Piezo1 通道抑制 NF- κ B 信号通路, 降低肌萎缩因子表达水平、提高成肌因子水平, 增加骨骼肌质量, 缓解肌肉萎缩。NF- κ B 通路是作为连接炎症和氧化应激与肌肉萎缩的关键通路[28], 所以也在老年患者中普遍存在。

4.4. 线粒体功能障碍

据研究显示烟酰胺 N-甲基转移酶(NNMT)的异常过度表达会使烟酰胺甲基化, 细胞内 NAD⁺含量显著降低, 阻碍 PGC1 α /AMPK 通路正常功能, 导致线粒体功能障碍, 造成骨骼肌质量与肌力持续下降[29]。有研究证实阻断 NNMT 活性可提升 NAD⁺浓度, 重新激活信号通路, 改善衰老相关肌肉退化的症状。近期研究表明在老年肌少症的治疗中, 促进肌纤维增殖和肌细胞增大, 关键在于增强线粒体生成、上调成骨基因转录水平, 以及 Wnt/ β -catenin 与 PI3K/Akt 信号通路协同调控[30]。

5. 综合治疗

5.1. 运动治疗

5.1.1. 阻力训练

阻力训练在改善老年肌少症患者肌肉功能方面具有显著效果[31]。研究表明, 老年人每周进行一次渐进式阻力训练可有效增进下肢力量[32], 中强度抗阻训练效果更为显著[33]。究其根本则是阻力训练主要通过机械牵张激活 mTORC1 信号通路, 促进骨骼肌蛋白质合成[19], 同时抑制了肌肉生长抑制素的表达, 减轻其对肌肉生长的负向调控作用[25]。更有研究提出, 老年肌少症患者采用松紧带形式的中等强度阻力训练是较为理想的最佳训练处方[34]。但是, 老年肌少症患者往往合并多种基础疾病, 如高血压、糖尿病、冠心病等, 这类共病患者处于心脑血管事件发生的高危状态, 传统高强度抗阻训练对他们而言具有一定风险, 可能会加重肌肉骨骼疾病, 进而导致跌倒、损伤、住院甚至死亡等严重后果[35]。鉴于此, 目前老年肌少症患者运动训练疗法研究的重点领域是探寻更为安全有效的力量训练处方[36]。一种血流限制训练联合低强度抗阻训练的方式十分新兴, 也得到了广泛的关注[37]。该训练方法通过施加一定压力阻止静脉回流、限制血流量, 老龄患者在较低强度训练条件下也能达到传统高强度力量训练效果, 并且, 规律的抗阻训练还可改善线粒体生物发生, 增强肌纤维的氧化代谢能力, 这也与“线粒体功能障碍”机制形成直接干预对应。尽管我们现今对于其背后潜在的生理机制尚无系统了解, 但是未来的研究有望揭示其奥秘。

5.1.2. 有氧运动

有氧运动可以诱导线粒体中三磷酸腺苷的产生, 增强有氧能力、代谢控制和心血管功能[6]。研究表明, 有氧运动能控制肌肉生长抑制素的表达, 促进肌肉增大和肌力增强[38]。王海涛等[39]指出, 有氧运动可激活 SLC7A11/GPx4 通路减少机体的铁含量, 增强骨骼肌功能, 减少肌少症的发生。在 Negm 等人[40]的系统评价分析中, 有氧运动被认为是提高肌肉力量和身体机能的最有效干预措施之一。它通过激活 AMPK/PGC-1 α 信号轴, 促进线粒体生物合成和氧化代谢, 从而直接对抗 NNMT 过度表达导致的 NAD⁺耗竭及线粒体功能障碍。同时, 它可下调炎症信号通路(如 NF- κ B), 减少促炎因子的释放, 其机制与肌少症的“炎症与氧化应激”密切相关。张涛等[41]对老年肌少症患者进行持续 12 周的易筋经运动干预, 结果表明易筋经训练可以增加患者下肢肌肉力量及体能水平, 但对上肢肌肉质量的改善效果不佳。吴敏通过研究发现, 单纯的有氧运动对于老年肌少症患者能增强有氧能力、肢体柔韧性及平衡性, 但对肢体肌力的改善效果并不明显, 这表明有氧运动联合抗阻训练才能达到更好的治疗效果[42]。

5.2. 营养治疗

在肌少症的营养治疗中, 多种营养素被认为具有关键作用。维生素 D 可调节细胞周期基因表达、肌肉细胞分化和防止衰老复制[43], 帮助老年人改善肌肉质量、肌肉功能和身体机能[44]。从机制上看, 维生素 D 通过激活自身受体与 mTORC1 通路协同作用, 促进肌纤维分化和蛋白质合成, 同时抑制 NF- κ B

介导的炎症反应, 从而在“炎症与氧化应激”及“代谢异常”两个维度发挥保护作用。但是, Widajanti 等人的一项荟萃分析显示, 维生素 D 补充剂对肌肉质量的影响甚微[45], 所以其在预防肌肉减少症进展中的作用仍需进一步探讨。亮氨酸参与蛋白质合成, 快速分解转化为葡萄糖, 有效防止肌肉组织受损[46]。作为 mTORC1 信号通路的关键激活剂, 亮氨酸可直接磷酸化真核翻译起始因子 4E 结合蛋白 1 (4E-BP1) 和核糖体 S6 蛋白激酶 1 (S6K1), 启动蛋白质翻译过程, 从而对抗因支链氨基酸代谢紊乱导致的肌肉萎缩[18]。因此, 补充富含亮氨酸的蛋白质或必需氨基酸有助于最大限度地提高肌肉合成代谢, 克服合成代谢抵抗, 限制肌少症的进展与恶化[47]。必需氨基酸混合物中加入高比例的亮氨酸则能够逆转老年人肌肉蛋白质合成的衰减反应[6]。乳清蛋白联合富含亮氨酸和维生素 D 的口服营养补充剂可作为肌少症患者的一线营养干预措施[48]。抗氧化剂如姜黄素、白藜芦醇、 β -胡萝卜素、维生素 E、维生素 C 与骨骼肌质量呈正相关, 可有效改善肌少症[49]-[51]。蛋白质、氨基酸、肌酸、n-3 脂肪酸的补充可显著提高肌肉质量[52], 但是光补充蛋白质只能减缓肌肉质量的损失, 必须联合运动治疗方能有效预防和系统管理肌少症。

5.3. 药物治疗

根据现有研究表明, 针对性治疗肌少症的药物正处于发展中阶段。睾酮与维持男性的骨骼强度、肌肉质量和肌肉力量显著相关[53], 对于血清睾酮水平较低的老年男性补充睾酮可以改善肌肉质量、力量或身体表现。雌激素是类固醇激素, 主要由睾丸激素通过芳香化酶在卵巢中产生, 内源性雌激素在调节骨骼肌方面具有代谢作用, 对萎缩骨骼肌的再生十分关键[54]。在分子水平上, 睾酮通过结合雄激素受体, 激活 PI3K/Akt/mTOR 通路, 促进蛋白质合成, 同时抑制泛素-蛋白酶体途径介导的蛋白质降解, 直接干预“代谢异常”机制中的蛋白质稳态失衡。生长激素(GH)可通过诱导肝脏产生胰岛素样生长因子 1 (IGF-1), 触发 IGF-1-Akt-mTOR 通路, 从而导致肌蛋白合成增强, 维持肌肉生长[55]。值得注意的是, GH/IGF-1 轴的活性随增龄显著下降, 这与前文所述的“线粒体功能障碍”及“神经肌肉调控”紊乱密切相关, 提示该通路是连接衰老、内分泌改变与肌少症机制的关键要点。外周 β_2 受体激动剂, 如沙丁胺醇被证明可以增加骨骼肌中的蛋白质转换率[56]。迄今为止, 有研究表明激素、氨基酸等药物可在一定程度上改善肌少症症状[57], 但仍缺乏确切有效的药物, 未来仍需要不断地探究。

5.4. 其他治疗

近年来, 靶向分子通路的药物研发也取得重大突破。针对“神经肌肉调控”机制中的肌肉生长抑制素/激活素通路[25], 抗活化素受体 IIB 单克隆抗体通过阻断 ActRIIB 受体, 解除肌肉生长抑制素对肌肉合成的抑制作用, 在 II 期临床试验中可显著增加老龄肌少症患者的瘦体重, 但是其长期安全性还需反复验证[57]。此外, 有研究者根据小鼠模型发现 NNMT 抑制剂可恢复 NAD⁺的水平, 进而改善线粒体功能, 实现逆转年龄相关的肌肉萎缩, 其人体试验结果仍待考究。但该研究直接针对“线粒体功能障碍”机制中 NNMT 异常过表达导致的 NAD⁺耗竭, 为其开发靶向能量代谢的肌少症治疗药物提供了新方向。由 Masakazu Saitoh 等人在德国开展的一项 RCT 结果显示肌肉电刺激治疗可以显著增强肌少症患者的功能能力与肌肉力量。并且, 其疗法对运动困难或运动意愿较低的患者具有良好的效果和安全性[58]。

6. 挑战与未来方向

早期诊断难、病因复杂和干预效果欠佳始终是肌少症综合诊疗所面临的巨大挑战。全球“银发浪潮”强势袭来, 与年龄相关的肌少症患病率正大幅上升。因为肌少症早期症状隐匿, 常常与普通衰老相混淆, 其辅助诊断工具也存在局限性。双能 X 线吸收法虽然精准, 但是在基层医院却难以普及, 简易筛查工具又缺乏准确性。如今大部分可用的药物仅解决潜在的疾病, 并不能直接促进肌肉健康, 肌少症的治疗仍缺少权威性的药物选择[55]。因此, 我们对肌少症的认识和理解还有待提高, 进而深入探究其标准化治疗

和诊断选择, 从而有效提高老年患者的晚年生活质量。未来的研究不仅要关注早期识别和分析与年龄有关的肌少症, 还要更多关注各个系统疾病导致的继发性肌少症, 全面认识肌少症的各种分型, 促进肌少症的进展和治疗。因而我们仍需进一步探寻对肌少症的相关研究, 阐明肌少症的发生机制, 为其防治方案提供更为科学的参考。

参考文献

- [1] Chen, L., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T., Chou, M., Iijima, K., *et al.* (2020) Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, **21**, 300-307.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012>
- [2] Weng, S., Huang, Y., Tseng, Y., Peng, H., Lai, H., Akishita, M., *et al.* (2025) The Evolving Landscape of Sarcopenia in Asia: A Systematic Review and Meta-Analysis Following the 2019 Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS) Diagnostic Criteria. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, **128**, Article ID: 105596. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2024.105596>
- [3] Petermann-Rocha, F., Balntzi, V., Gray, S.R., Lara, J., Ho, F.K., Pell, J.P., *et al.* (2022) Global Prevalence of Sarcopenia and Severe Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, **13**, 86-99. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12783>
- [4] Mayhew, A.J., Amog, K., Phillips, S., Parise, G., McNicholas, P.D., de Souza, R.J., *et al.* (2019) The Prevalence of Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults, an Exploration of Differences between Studies and within Definitions: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Age and Ageing*, **48**, 48-56. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy106>
- [5] Sayer, A.A., Cooper, R., Arai, H., Cawthon, P.M., Ntsama Essomba, M., Fielding, R.A., *et al.* (2024) Sarcopenia. *Nature Reviews Disease Primers*, **10**, Article No. 68. <https://doi.org/10.1038/s41572-024-00550-w>
- [6] Papadopoulou, S. (2020) Sarcopenia: A Contemporary Health Problem among Older Adult Populations. *Nutrients*, **12**, Article 1293. <https://doi.org/10.3390/nu12051293>
- [7] Shen, Y., Chen, J., Chen, X., Hou, L., Lin, X. and Yang, M. (2019) Prevalence and Associated Factors of Sarcopenia in Nursing Home Residents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Medical Directors Association*, **20**, 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2018.09.012>
- [8] Gao, Q., Hu, K., Yan, C., Zhao, B., Mei, F., Chen, F., *et al.* (2021) Associated Factors of Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, **13**, Article 4291. <https://doi.org/10.3390/nu13124291>
- [9] Pourmotabbed, A., Ghaedi, E., Babaei, A., Mohammadi, H., Khazaie, H., Jalili, C., *et al.* (2020) Sleep Duration and Sarcopenia Risk: A Systematic Review and Dose-Response Meta-analysis. *Sleep and Breathing*, **24**, 1267-1278. <https://doi.org/10.1007/s11325-019-01965-6>
- [10] 梁碧娟, 苏建培, 顾俊, 等. 老年人肌少症发生的影响因素及其列线图预测模型建立[J]. 疑难病杂志, 2025, 24(4): 473-478.
- [11] Feng, L., Gao, Q., Hu, K., Wu, M., Wang, Z., Chen, F., *et al.* (2022) Prevalence and Risk Factors of Sarcopenia in Patients with Diabetes: A Meta-analysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **107**, 1470-1483. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgab884>
- [12] Wijarnpreecha, K., Werlang, M., Panjawan, P., Kroner, P.T., Cheungpasitporn, W., Lukens, F.J., *et al.* (2020) Association between Sarcopenia and Hepatic Encephalopathy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals of Hepatology*, **19**, 245-250. <https://doi.org/10.1016/j.aohep.2019.06.007>
- [13] Xue, Q., Wu, J., Ren, Y., Hu, J., Yang, K. and Cao, J. (2021) Sarcopenia Predicts Adverse Outcomes in an Elderly Population with Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Geriatrics*, **21**, Article No. 493. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02438-w>
- [14] Hu, Y., Peng, W., Ren, R., Wang, Y. and Wang, G. (2022) Sarcopenia and Mild Cognitive Impairment among Elderly Adults: The First Longitudinal Evidence from Charls. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, **13**, 2944-2952. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13081>
- [15] 中华医学会老年医学分会, 国家老年疾病临床医学研究中心(湘雅医院). 中国肌肉减少症诊疗指南(2024 版) [J]. 中华医学杂志, 2025, 105(3): 181-203.
- [16] Hsu, W., Wang, S., Chao, Y., Chang, K., Han, D. and Lin, Y. (2024) Novel Metabolic and Lipidomic Biomarkers of Sarcopenia. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, **15**, 2175-2186. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13567>
- [17] Zuo, X., Zhao, R., Wu, M., Wang, Y., Wang, S., Tang, K., *et al.* (2025) Multi-Omic Profiling of Sarcopenia Identifies Disrupted Branched-Chain Amino Acid Catabolism as a Causal Mechanism and Therapeutic Target. *Nature Aging*, **5**,

- 419-436. <https://doi.org/10.1038/s43587-024-00797-8>
- [18] Cui, C., Bao, Z., Chow, S.K., Wong, R.M.Y., Welch, A., Qin, L., *et al.* (2022) Coapplication of Magnesium Supplementation and Vibration Modulate Macrophage Polarization to Attenuate Sarcopenic Muscle Atrophy through PI3K/Akt/mTOR Signaling Pathway. *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article 12944. <https://doi.org/10.3390/ijms232112944>
- [19] Alizadeh Pahlavani, H., Laher, I., Knechtle, B. and Zouhal, H. (2022) Exercise and Mitochondrial Mechanisms in Patients with Sarcopenia. *Frontiers in Physiology*, **13**, Article 1040381. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1040381>
- [20] Guo, Z., Li, H., Jiang, S., Rahmati, M., Su, J., Yang, S., *et al.* (2025) The Role of Ages in Muscle Ageing and Sarcopenia. *Bone & Joint Research*, **14**, 185-198. <https://doi.org/10.1302/2046-3758.143.bjr-2024-0252.r1>
- [21] Papadopetraki, A., Giannopoulos, A., Maridaki, M., Zagouri, F., Droufakou, S., Koutsilieris, M., *et al.* (2023) The Role of Exercise in Cancer-Related Sarcopenia and Sarcopenic Obesity. *Cancers*, **15**, Article 5856. <https://doi.org/10.3390/cancers15245856>
- [22] 唐强, 穆姿辰, 朱路文, 等. 易筋经在骨骼肌减少症中的潜在作用[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(12): 1757-1761.
- [23] Nash, D., Hughes, M.G., Butcher, L., Aicheler, R., Smith, P., Cullen, T., *et al.* (2023) IL-6 Signaling in Acute Exercise and Chronic Training: Potential Consequences for Health and Athletic Performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **33**, 4-19. <https://doi.org/10.1111/sms.14241>
- [24] Zhang, K., Li, J., Xu, J., Shen, Z., Lin, Y., Zhao, C., *et al.* (2024) RBP4 Promotes Denervation-Induced Muscle Atrophy through STRA6-Dependent Pathway. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, **15**, 1601-1615. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13518>
- [25] Li, J., Fredericks, M., Cannell, M., Wang, K., Sako, D., Maguire, M.C., *et al.* (2021) ActRIIB:ALK4-Fc Alleviates Muscle Dysfunction and Comorbidities in Murine Models of Neuromuscular Disorders. *Journal of Clinical Investigation*, **131**, e138634. <https://doi.org/10.1172/jci138634>
- [26] Kang, M.J., Moon, J.W., Lee, J.O., Kim, J.H., Jung, E.J., Kim, S.J., *et al.* (2022) Metformin Induces Muscle Atrophy by Transcriptional Regulation of Myostatin via HDAC6 and FoxO3a. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, **13**, 605-620. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12833>
- [27] 王雪莹, 满永彬, 何芳, 等. 有氧运动通过 Piezo1/NF- κ B 调控运动卸载小鼠骨骼肌萎缩的研究[C]//中国体育科学学会. 第五届全民健身科学大会论文摘要集——墙报交流(二). 沈阳: 沈阳体育学院运动健康学院, 2024: 266-267.
- [28] Liang, Z., Zhang, T., Liu, H., Li, Z., Peng, L., Wang, C., *et al.* (2022) Inflammaging: The Ground for Sarcopenia? *Experimental Gerontology*, **168**, Article ID: 111931. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.111931>
- [29] Liang, R., Xiang, Q., Dai, M., Lin, T., Xie, D., Song, Q., *et al.* (2024) Identification of Nicotinamide N-Methyltransferase as a Promising Therapeutic Target for Sarcopenia. *Ageing Cell*, **23**, e14236. <https://doi.org/10.1111/accel.14236>
- [30] 卢冬磊, 冯展鹏, 曹立全, 等. 老年肌少症的运动干预[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(35): 5723-5731.
- [31] Chen, N., He, X., Feng, Y., Ainsworth, B.E. and Liu, Y. (2021) Effects of Resistance Training in Healthy Older People with Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *European Review of Aging and Physical Activity*, **18**, Article No. 23. <https://doi.org/10.1186/s11556-021-00277-7>
- [32] 李一旗, 李泽铨, 田坤, 等. 阻力训练对老年人身体机能的影响: 系统综述和荟萃分析[C]//中国体育科学学会. 第五届全民健身科学大会论文摘要集——专题报告(三). 哈尔滨: 哈尔滨师范大学体育科学学院, 2024: 196-197.
- [33] 周恩媛. 不同强度抗阻运动对肌少症小鼠骨骼肌和肠道菌群干预效果的影响及机制研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 江汉大学, 2024.
- [34] Zhao, H., Cheng, R., Song, G., Teng, J., Shen, S., Fu, X., *et al.* (2022) The Effect of Resistance Training on the Rehabilitation of Elderly Patients with Sarcopenia: A Meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 15491. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315491>
- [35] Cook, S.B. and Cleary, C.J. (2019) Progression of Blood Flow Restricted Resistance Training in Older Adults at Risk of Mobility Limitations. *Frontiers in Physiology*, **10**, Article 738. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00738>
- [36] Vechin, F.C., Libardi, C.A., Conceição, M.S., Damas, F.R., Lixandrão, M.E., Berton, R.P.B., *et al.* (2015) Comparisons between Low-Intensity Resistance Training with Blood Flow Restriction and High-Intensity Resistance Training on Quadriceps Muscle Mass and Strength in Elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **29**, 1071-1076. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000703>
- [37] 陆锦华. 血流限制训练的效果、作用机制与实践策略[J]. 河北体育学院学报, 2020, 34(3): 77-84.
- [38] 史岳功, 李瑛, 许弟群, 等. 有氧运动干预对老年肌少症患者肌肉力量和质量影响的 Meta 分析[J]. 体育师友, 2024, 47(5): 29-35.

- [39] 王海涛, 杨雯茜, 刘玉倩. 有氧运动激活 SLC7A11/GPx4 通路抑制线粒体铁死亡预防老年小鼠肌少症的作用[J]. 中国康复医学杂志, 2025, 40(4): 501-507.
- [40] Negm, A.M., Lee, J., Hamidian, R., Jones, C.A. and Khadaroo, R.G. (2022) Management of Sarcopenia: A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Medical Directors Association*, **23**, 707-714. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2022.01.057>
- [41] 张涛, 马天翼, 骆丽, 等. 易筋经对老年肌少症患者肌肉力量及慢性炎症的影响[J]. 南京中医药大学报, 2025(3): 399-404.
- [42] 吴敏. 有氧联合抗阻运动对老年肌少症患者功能性体适能的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 荆州: 长江大学, 2023.
- [43] Garcia, M., Seelaender, M., Sotiropoulos, A., Coletti, D. and Lancha, A.H. (2019) Vitamin D, Muscle Recovery, Sarcopenia, Cachexia, and Muscle Atrophy. *Nutrition*, **60**, 66-69. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.09.031>
- [44] Qi, P., Fu, X., Zhao, D., Li, C., Lu, Y. and Li, N. (2024) Effects of Vitamin D Supplementation on Muscle Strength in Middle-Aged and Elderly Individuals: A Retrospective, Propensity Score-Matched Study. *Frontiers in Nutrition*, **11**, Article 1450265. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1450265>
- [45] Widajanti, N., Hadi, U., Soelistijo, S.A., Syakdiyah, N.H., Rosaudyn, R. and Perdana Putra, H.B. (2024) The Effect of Vitamin D Supplementation to Parameter of Sarcopenia in Elderly People: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Canadian Geriatrics Journal*, **27**, 63-75. <https://doi.org/10.5770/cgj.27.694>
- [46] Morley, J.E., Argiles, J.M., Evans, W.J., Bhasin, S., Cella, D., Deutz, N.E.P., et al. (2010) Nutritional Recommendations for the Management of Sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, **11**, 391-396. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2010.04.014>
- [47] Ely, I.A., Phillips, B.E., Smith, K., Wilkinson, D.J., Piasecki, M., Breen, L., et al. (2023) A Focus on Leucine in the Nutritional Regulation of Human Skeletal Muscle Metabolism in Ageing, Exercise and Unloading States. *Clinical Nutrition*, **42**, 1849-1865. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.08.010>
- [48] Cereda, E., Pisati, R., Rondanelli, M. and Caccialanza, R. (2022) Whey Protein, Leucine- and Vitamin-D-Enriched Oral Nutritional Supplementation for the Treatment of Sarcopenia. *Nutrients*, **14**, Article 1524. <https://doi.org/10.3390/nu14071524>
- [49] Varma, K., Amalraj, A., Divya, C. and Gopi, S. (2021) The Efficacy of the Novel Bioavailable Curcumin (Cureit) in the Management of Sarcopenia in Healthy Elderly Subjects: A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Clinical Study. *Journal of Medicinal Food*, **24**, 40-49. <https://doi.org/10.1089/jmf.2020.4778>
- [50] Toniolo, L., Concato, M. and Giacomello, E. (2023) Resveratrol, a Multitasking Molecule That Improves Skeletal Muscle Health. *Nutrients*, **15**, Article 3413. <https://doi.org/10.3390/nu15153413>
- [51] Cesari, M., Penninx, B.W.J.H., Pahor, M., Lauretani, F., Corsi, A.M., Williams, G.R., et al. (2004) Inflammatory Markers and Physical Performance in Older Persons: The Inchiatti Study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, **59**, M242-M248. <https://doi.org/10.1093/gerona/59.3.m242>
- [52] Martin-Cantero, A., Reijnierse, E.M., Gill, B.M.T. and Maier, A.B. (2021) Factors Influencing the Efficacy of Nutritional Interventions on Muscle Mass in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Nutrition Reviews*, **79**, 315-330. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa064>
- [53] Shigehara, K., Kato, Y., Izumi, K. and Mizokami, A. (2022) Relationship between Testosterone and Sarcopenia in Older-Adult Men: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 6202. <https://doi.org/10.3390/jcm111206202>
- [54] Chidi-Ogbolu, N. and Baar, K. (2019) Effect of Estrogen on Musculoskeletal Performance and Injury Risk. *Frontiers in Physiology*, **9**, Article 1834. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01834>
- [55] Gharahdaghi, N., Phillips, B.E., Szewczyk, N.J., Smith, K., Wilkinson, D.J. and Atherton, P.J. (2021) Links between Testosterone, Oestrogen, and the Growth Hormone/Insulin-Like Growth Factor Axis and Resistance Exercise Muscle Adaptations. *Frontiers in Physiology*, **11**, Article 621226. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.621226>
- [56] Hostrup, M., Reitelsheder, S., Jessen, S., Kalsen, A., Nyberg, M., Egelund, J., et al. (2018) β_2 -Adrenoceptor Agonist Salbutamol Increases Protein Turnover Rates and Alters Signalling in Skeletal Muscle after Resistance Exercise in Young Men. *The Journal of Physiology*, **596**, 4121-4139. <https://doi.org/10.1113/jp275560>
- [57] Rolland, Y., Dray, C., Vellas, B. and Barreto, P.D.S. (2023) Current and Investigational Medications for the Treatment of Sarcopenia. *Metabolism*, **149**, Article ID: 155597. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2023.155597>
- [58] Saitoh, M., dos Santos, M.R., Anker, M., Anker, S.D., von Haehling, S. and Springer, J. (2016) Neuromuscular Electrical Stimulation for Muscle Wasting in Heart Failure Patients. *International Journal of Cardiology*, **225**, 200-205. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.09.127>