

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2026.08.022

综 述

营养、药物联合运动干预在老年肌少症治疗中的临床研究进展

黎浩天综述 何茜审校



基金项目: 贵州省卫生健康委科学技术基金项目(gzwkj 2025-004)

作者单位: 550001 贵阳 贵州医科大学(黎浩天); 贵州医科大学附属医院全科医学科(何茜)

通信作者: 何茜 ,E-mail: 569116086@ qq.com

【摘 要】 肌少症是以肌肉量减少、肌力下降和躯体功能受损为主要特征的老年综合征,常增加跌倒、失能、住院及死亡风险。其发生与蛋白质代谢失衡、炎症反应、氧化应激、神经肌肉退化及内分泌营养异常等因素相关,单一干预难以同时改善肌量、肌力和体能。现有证据显示,抗阻训练是核心措施,蛋白质或氨基酸补充联合运动干预在改善握力和部分体能指标方面较为稳定;维生素 D 和 ω -3 多不饱和脂肪酸多作为辅助干预,药物治疗仍处探索阶段。未来应统一诊断标准和结局指标,开展分层、长期随访研究,以优化老年肌少症联合干预策略。

【关键词】 老年肌少症; 运动干预; 营养干预; 药物干预; 联合干预

【中图分类号】 R685 【文献标识码】 A

Clinical research progress of combined nutrition , medication and exercise intervention in the treatment of sarcopenia in the elderly Li Haotian* , He Qian. * Guizhou Medical University , Guizhou Guiyang 550001 , China

Funding program: Guizhou Provincial Health Commission Science and Technology Fund Project (gzwkj 2025-004)

Corresponding author: He Qian , E-mail: 569116086@ qq.com

【Abstract】 Sarcopenia is a geriatric syndrome characterized primarily by reduced muscle mass, decreased muscle strength, and impaired physical function. Its development involves multiple mechanisms, including dysregulated protein metabolism, chronic low-grade inflammation, oxidative stress, mitochondrial dysfunction, neuromuscular degeneration, and abnormalities in the endocrine-nutritional milieu. In recent years, with the deepening of related research, intervention strategies for sarcopenia have gradually shifted from single approaches to multicomponent models combining nutrition, pharmacotherapy, and exercise. This review focuses on the mechanistic basis, commonly used diagnostic frameworks, and core outcome measures of sarcopenia in older adults, and systematically summarizes the main evidence regarding nutritional, pharmacological, and exercise interventions, with particular emphasis on the synergistic basis of combined interventions, representative clinical studies, and differences in application across populations. Current evidence indicates that resistance training remains the cornerstone of sarcopenia management in older adults. Protein or amino acid supplementation combined with resistance training appears to provide relatively more stable benefits in improving handgrip strength, certain physical performance outcomes, and muscle mass. Vitamin D and omega-3 polyunsaturated fatty acids are more suitable as adjunctive interventions, whereas pharmacological treatment is still largely in the exploratory stage, and consistent evidence for functional benefits remains lacking. Future research should further standardize diagnostic criteria and outcome measures, strengthen stratified research and long-term follow-up evaluation, and thereby promote the precision and standardization of combined intervention strategies for sarcopenia in older adults.

【Key words】 Sarcopenia in older adults; Exercise intervention; Nutritional intervention; Pharmacological intervention; Combined intervention

肌肉减少症(sarcopenia) 简称肌少症,是一种与增龄密切相关的老年综合征,主要表现为肌肉含量减少、肌力下降和躯体功能受损^[1]。根据《肌肉减少症诊疗指南(2024 版) 》的定义,肌少症可增加衰弱、跌倒、骨折、失能、住院及死亡等不良健康结局的风险,已成为老龄化社会中日益突出的公共卫生挑战^[1-2]。据流行病学数据显示,全球 60 岁及以上老年人肌少症

患病率为 10%~27%,在 80 岁以上高龄人群中可高达 50% 以上^[3-4]。肌少症的发病并非单一因素所致,而是肌肉蛋白质合成与分解失衡、慢性低度炎症反应、氧化应激、线粒体功能障碍、神经肌肉接头退化以及内分泌代谢变化等多重机制共同作用的结果^[5]。正因肌少症具有病理生理机制复杂、涉及多通路协同失衡的特点,单一干预措施往往难以同时覆盖肌量、肌力

及躯体功能等多个结局 ,因此其临床获益总体相对有限 ,现有证据更支持将营养补充与运动训练进行综合设计^[6-7]。

基于上述认识 ,肌少症干预已由单一措施逐渐转向多组分联合策略。运动仍是干预核心 ,营养补充可为合成代谢提供底物支持 ,而药物治疗目前仍处于探索阶段^[8-9]。本文拟从机制基础、诊断评价、营养干预、药物探索、运动处方及联合干预证据等方面进行综述 ,以期为老年肌少症的临床综合管理提供参考。

1 老年肌少症概述

1.1 发病机制 肌少症的病理生理是肌肉蛋白质代谢失衡、慢性低度炎症反应、氧化应激、线粒体功能障碍、神经肌肉系统退化以及内分泌-营养环境改变等多因素长期叠加的结果;这些机制彼此交织 ,共同促成肌量、肌力和躯体功能的进行性下降 ,构成其主要病理生理基础^[10-11]。

在增龄过程中 ,骨骼肌对蛋白质摄入和抗阻运动等合成代谢刺激的敏感性下降 ,表现为合成代谢抵抗。其核心特征是肌肉蛋白质合成(muscle protein synthesis ,MPS) 反应减弱 ,净蛋白平衡更易转向负值。同时 ,胰岛素样生长因子-1 (insulin-like growth factor-1 , IGF-1) -磷脂酰肌醇 3 激酶(phosphoinositide 3-kinase , PI3K) -蛋白激酶 B(protein kinase B , Akt) -雷帕霉素机制靶蛋白(mechanistic target of rapamycin , mTOR) 通路活性减弱 ,以及泛素-蛋白酶体和自噬相关分解途径增强 ,进一步推动了肌肉蛋白质周转失衡。老年个体常呈现炎症衰老状态 ,促炎因子持续升高不仅可抑制合成代谢信号 ,还可能削弱肌肉对运动和营养刺激的适应性反应^[12]。在此基础上 ,氧化应激与线粒体损伤相互促进 ,活性氧(reactive oxygen species , ROS) 过量生成、线粒体呼吸功能下降及能量代谢受损 ,可同时影响肌纤维收缩、蛋白稳态维持和恢复能力 ,从而加速肌无力和耐力下降^[13]。

除肌肉本体变化外 ,神经肌肉系统的退行性改变同样不容忽视。现有证据认为 ,随增龄发生的运动神经元丢失、去神经支配增加、运动单位重塑以及神经肌肉接头(neuromuscular junction , NMJ) 传递失败 ,可降低肌肉募集效率和收缩输出 ,是肌力下降的重要机制之一^[14]。此外 ,内分泌与营养信号的改变也参与肌少症进展。IGF-1 水平下降与肌少症相关 ,低 25-羟维生素 D 水平亦与肌力减弱、体能下降及肌少症患病率升高相关^[15]。长期卧床、急性疾病住院和活动受限可在短期内诱发明显的肌量与肌功能下降 ,形成急性肌少症 ,或促使原有肌少症

迅速恶化^[16]。同时 ,慢性心力衰竭、慢性肾脏病等常见共病状态 ,亦可通过炎症反应激活、营养不良、活动受限及合成代谢受损等途径进一步促进肌肉流失 ,使老年患者的评估与管理更为复杂^[17-18]。

1.2 肌少症常用诊断与结局相关指标 目前应用最广的 2 项共识分别为欧洲老年人肌少症工作组更新共识(European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 , EWGSOP2) 和亚洲肌少症工作组 2019 共识(Asian Working Group for Sarcopenia 2019 , AWGS 2019) ,见表 1。其中 ,EWGSOP2 将低肌力置于诊断流程的核心位置 ,强调以握力或 5 次椅起立试验作为入口指标 ,低肌量或低肌肉质量用于确诊 ,而低体能则提示重度肌少症 ,这一更新使诊断路径由以往相对偏重肌量转向更加重视功能受损^[19]。AWGS 2019 则在保留低肌量、低肌力和低体能三要素的基础上 ,根据亚洲人群特征调整了诊断阈值 ,并提出可能的肌少症 ,以便在社区和基层场景下更早识别高风险个体并启动干预^[20]。

结合 EWGSOP2、AWGS 2019 及近年随机对照试验的报告现状 ,肌少症干预研究的核心结局大体可归纳为肌肉质量、肌力和体能表现三类。在肌肉质量方面 ,四肢骨骼肌质量指数(appendicular skeletal muscle mass index , ASMI) 是最常用指标 ,双能 X 线吸收法(dual-energy X-ray absorptiometry , DXA) 和生物电阻抗分析(bioelectrical impedance analysis , BIA) 均为当前共识认可的主要测量方法^[20]。在肌力方面 ,握力因操作简便、重复性较好且预后相关性明确 ,已成为干预研究中最常使用的替代终点之一;系统综述显示 ,较高握力与较低全因死亡风险之间存在稳定关联^[21]。在体能方面 ,步速、简短体能量表(short physical performance battery , SPPB) 及起立-行走计时试验(timed up and go test ,TUG) 均为研究中常用的评估工具 ,其中 SPPB、TUG 和短距离步速测试在社区老年人群中的信度总体较好^[22]。当前肌少症的评价思路已由单纯强调肌量 ,逐步转向以肌力为核心、以肌量为确证、以体能为严重程度和临床意义补充的综合框架。

2 营养、药物与运动干预的相关依据

2.1 营养干预的主要证据 当前肌少症营养干预的证据主要集中于蛋白质补充、β-羟基-β-甲基丁酸(β-hydroxy-β-methylbutyrate , HMB) 、维生素 D 以及 ω-3 多不饱和脂肪酸(omega-3 polyunsaturated fatty acids , ω-3 PUFA) 等策略。其中 ,乳清蛋白因富含必需氨基酸而成为研究中应用最广的蛋白补充形式之一 ,

表 1 老年肌少症常用诊断框架及干预研究核心结局指标

维 度	EWGSOP2(2019)	AWGS 2019	中国指南(2024)	核心意义
诊断路径	先评估低肌力 ,再结合肌肉质量确认诊断 ,并以体能表现判断严重程度	先依据低肌力或低体能筛查可能的肌少症 ,再结合肌肉质量进一步确诊	参照 EWGSOP2 ,结合中国人群特征	肌力是最敏感的功能性筛查指标
肌力评估	握力(男<27 kg/女<16 kg) 椅起立试验	握力(男<28 kg/女<18 kg)	握力为主 ,参照亚洲标准	与死亡风险呈负相关
肌肉质量	ASMI(DXA/BIA)	ASMI(DXA 为主)	四肢骨骼肌质量或 ASMI	形态学基础 ,但与功能改善常不一致
体能指标	SPPB、步速	SPPB、TUG、6 m 步速	SPPB、步速 ,TUG	预后价值不亚于肌肉量

注: EWGSOP2.欧洲老年人肌少症工作组 2; AWGS.亚洲肌少症工作组; DXA.双能 X 线吸收法; BIA.生物电阻抗分析; ASMI.四肢骨骼肌质量指数; SPPB.简短体能量表; TUG.起立-行走计时试验。

一项 Meta 分析纳入了 EWGSOP2 和 AWGS 2019 诊断的老年肌少症患者。结果显示,单纯乳清蛋白补充可改善 ASMI、四肢骨骼肌量及步速,而乳清蛋白联合抗阻训练时,对握力的改善更为明确^[23]。

HMB 是亮氨酸代谢相关的营养补充剂,近年在肌少症人群中的研究有所增加。研究显示,HMB 补充可在一定程度上改善肌少症患者的骨骼肌质量指数和握力,但对步速等体能指标未显示明确获益。同时指出,现有证据样本量仍有限,结论需谨慎解释^[24]。HMB 可视为具有一定潜力的辅助性营养措施,但其功能结局的真实获益仍需更多高质量随机对照试验证实。

维生素 D 与肌肉健康密切相关,但补充治疗在肌少症中的临床效果并不确切。2024 年一项系统综述与 Meta 分析纳入 35 项研究、6 628 例受试者,结果显示补充维生素 D 对四肢骨骼肌量、肌力及体能总体未见一致改善^[25]。此外,2023 年一项纳入低功能老年人且基线 25-羟维生素 D 水平偏低的随机对照试验亦显示,每日补充维生素 D₃ 2 000 IU 持续 12 个月后,腿部力量、握力、简短体能表及起立-行走计时试验等指标均未较安慰剂出现显著改善^[26]。维生素 D 在肌少症管理中的价值更可能体现为纠正缺乏和优化基础营养状态,而非作为独立的抗肌少症干预手段。

ω -3 PUFA 也被视为潜在的辅助营养策略。在老年人群中, ω -3 补充对去脂体质量和步行表现未显示稳定改善,但在下肢力量、TUG 和 30 s 站立表现方面可能存在一定获益^[27]。提示 ω -3 PUFA 更适合作为综合干预中的辅助组成部分,而现阶段尚不足以作为单独管理肌少症的核心措施。

2.2 药物干预的研究现状 与营养和运动相比,药物干预在肌少症领域仍处于探索阶段,迄今尚无获得正式批准的肌少症特异性药物治疗方案,当前临床管理仍主要依赖非药物措施^[28]。

睾酮是调控男性肌肉蛋白质合成和肌肉量的重要内分泌激素,其水平随年龄显著下降,构成了老年肌少症发病的重要内分泌基础。Meta 分析显示,在低睾酮或低-正常睾酮水平的老年男性中,睾酮替代治疗可带来一定程度的肌力改善^[29]。但需要注意的是,这类获益主要建立在明确低睾酮状态的特定人群基础之上,不能简单外推至一般老年肌少症患者。与此同时,TRAVERSE 随机试验显示,在严格监测条件下,睾酮治疗并未增加主要心血管不良事件风险,但治疗安全性仍需结合适应证、并发症风险及长期随访结果综合评估^[30]。选择性雄激素受体调节剂(selective androgen receptor modulators, SARMs)是另一类受到关注的潜在合成代谢药物。一项研究纳入 9 项随机试验共 970 例受试者,结果提示 SARMs 可能改善部分体能和身体成分指标,但受试人群异质性较大、平均随访时间较短,且存在一定比例的轻中度不良反应^[31]。

针对肌生成抑制素通路的药物是目前另一重要研究方向。研究显示,比马格鲁单抗(Bimagrumab)可显著增加大腿肌肉体积和去脂体质量,并减少脂肪量,但其对体能表现的改善并不一致^[32]。这一结论与 2021 年针对髋部骨折术后老年患者的随机对照试验基本一致:该研究显示,Bimagrumab 可剂量依赖性增加去脂体质量,但对习惯步速和 SPPB 评分未带来显著功能

获益^[33]。因此,现有药物研究更多表现为对身体成分的改善,而对肌力和体能等关键临床结局的获益尚未形成一致证据。

2.3 运动干预及其处方设计 运动干预,尤其是抗阻训练,是目前肌少症非药物管理中最具共识和证据基础的治疗手段。2025 年韩国肌少症工作组的循证运动指南指出,抗阻训练对改善肌肉量和肌力最为有效,而抗阻训练联合有氧运动则更有利于提升整体体能表现^[34]。Meta 分析同样表明,运动是改善老年肌少症患者重要临床结局的关键干预手段,不同运动模式在不同结局指标上各有优势^[35]。就具体模式而言,抗阻训练仍是运动干预的主体,2025 年一项 Meta 分析显示,抗阻训练可显著改善握力和膝伸肌力,对肌肉量的改善幅度相对较小,且并非所有身体成分指标均能获得一致改善^[36]。

在处方设计方面,现有研究显示,成功的运动方案几乎均包含抗阻训练成分;已报道方案的训练频率多为每周 1~5 次,训练强度大致分布于 20%~80% 一次最大重复负荷(one-repetition maximum, 1RM) 范围内,单次训练时长 20~75 min,且通常需要根据个体基础功能水平进行渐进式调整^[37]。2025 年循证指南进一步强调,运动处方应依照频率、强度、时长和类型(frequency-intensity-time-type, FITT) 原则进行个体化制定,并结合患者的衰弱程度、功能缺损类型和安全耐受性进行动态调整。对于体弱、共病较多或长期失用的老年患者,更合理的做法通常是从较低强度起步,在严密监测下逐步过渡至中等或较高强度,而非一开始即采用标准化高负荷方案。

有氧训练和平衡训练虽不是增肌和增力的主力形式,但在综合管理中仍具有重要辅助价值。2024 年关于太极运动的 Meta 分析显示,平衡导向训练可改善老年人的平衡能力、TUG 表现及跌倒恐惧,而对 SPPB 的改善差异无统计学意义^[38]。结合现有循证指南,可认为有氧与平衡训练更适合用于补充抗阻训练,以改善移动能力、平衡控制和跌倒风险,而不宜替代抗阻训练的核心地位。

3 联合干预的临床证据

3.1 联合干预的协同基础 联合干预的核心理念在于通过运动提供机械刺激和神经肌肉适应,通过营养或药物提供合成代谢所需的底物或信号调节,两者协同可在多个病理生理通路层面同时发挥作用,从而获得比单一策略更为全面的临床收益。运动可在短时间内显著激活 mTORC1 等合成代谢信号通路,而蛋白质或氨基酸补充恰好可为这一合成代谢窗口提供充足的氨基酸底物,两者时效上的互补使肌肉蛋白质合成的增幅大于单独干预。因此,从病理生理逻辑看,将营养干预嵌入运动处方,较单一策略更具协同合理性。

然而,机制层面的协同并不必然转化为稳定的临床叠加效应。研究显示,抗阻训练联合营养干预相较于单纯抗阻训练,在肌量、肌力和躯体功能方面总体并未表现出一致的显著优势;网状 Meta 分析亦提示,运动联合营养虽可改善肌力和部分体能表现,但其整体效果与单纯运动大体相近^[39-41]。这提示联合干预的真实收益,仍受到补充成分、剂量设计、研究对象特征以及结局指标选择等多种因素影响。

3.2 营养联合运动的主要证据 在现有联合方案中,证据相对

最充分的仍是蛋白质或氨基酸类补充联合抗阻训练。另一项研究指出,蛋白质联合运动可显著改善肌肉量和握力,而单纯蛋白补充仅表现为较有限的力量获益,且对体能结局的改善并不稳定;同时,该研究认为总体证据质量仍偏低^[42]。2026 年一项系统综述与 Meta 分析则显示,抗阻训练联合氨基酸类补充剂(包括必需氨基酸、HMB 等)相较于单纯抗阻训练,可进一步改善握力、步速、SPPB 和 5 次坐立试验表现,但对肌肉量指标并未显示一致优势;同时,基线蛋白摄入水平、训练频率、实施场景和补充剂类型均可能影响干预效果^[43]。因此,目前最值得优先考虑的联合路径,仍是以抗阻训练为核心、叠加蛋白质或氨基酸类补充的方案。

相比之下,维生素 D 和 ω -3 多不饱和脂肪酸在联合运动中的证据成熟度相对不足。 ω -3 多不饱和脂肪酸联合抗阻训练并未在肌肉量或神经肌肉功能方面显示出清晰而稳定的额外优势,现有结果更多表现为个别功能终点的局部改善^[44-45]。对于维生素 D 随机安慰剂对照试验显示,尽管补充后 25-羟维生素 D 水平明显提高,但其并未增强抗阻训练对肌力耐力、功能活动能力或有氧运动能力的改善效果^[46]。因而,维生素 D 和 ω -3 多不饱和脂肪酸更适合作为个体化综合管理中的辅助组成部分,而不宜被视为当前联合运动方案中的主要营养支柱。

3.3 药物联合运动的探索性证据 药物联合运动干预在肌少症领域目前仍处于探索阶段,其证据数量和成熟度均明显落后于营养联合运动。以 Bimagrumab 为代表的肌生成抑制素/激活素通路调节药物,是当前最受关注的方向之一。研究显示,Bimagrumab 可显著增加大腿肌肉体积和去脂体质量,并降低脂肪量,提示其在改善身体成分方面具有一定作用^[32]。II 期随机对照试验显示,尽管 Bimagrumab 在髋部骨折术后老年患者中可剂量依赖性增加去脂体质量,但其对习惯步速和 SPPB 评分并未带来显著改善^[33]。这说明药物所带来的肌肉增量效应,并不一定能够同步转化为临床上更有价值的功能获益。基于现有证据,药物联合运动尚不具备常规推荐条件,其价值更适合在严格设计的高质量随机对照试验中继续验证。

从目前代表性临床研究看,营养联合运动干预是证据最集中的联合路径。蛋白质、乳清蛋白或氨基酸类补充联合运动训练,较单一营养或单一运动更可能改善握力、步速、SPPB 或 5 次坐立试验等功能指标,但对肌肉量的增益并不一致^[42-43, 47]。维生素 D 或 ω -3 多不饱和脂肪酸联合运动的额外效应较弱,当前更适合作为基础营养优化或个体化辅助措施^[44-46, 48]。药物联合运动方面,Bimagrumab 等药物可改善身体成分,但对步速、SPPB 等功能结局未显示稳定优势,尚不宜作为常规临床联合方案^[32-33, 49]。总体而言,联合干预应以运动训练为核心,根据营养状态和功能水平选择补充方案,并通过长期随访验证真实世界获益^[50]。

4 总结与展望

肌少症是老年人群中常见的多因素驱动性综合征,其发生发展涉及肌肉蛋白质合成与分解失衡、慢性低度炎症反应、氧化应激、线粒体功能障碍、神经肌肉系统退化以及内分泌和营养环境改变等多个层面。正因其病理生理机制复杂,单一干预

措施通常难以同时兼顾肌肉量、肌力和体能表现等多个关键结局,现有研究所显示的临床获益亦相对有限。综合目前证据,以抗阻训练为核心,联合蛋白质或氨基酸补充的干预模式,与肌少症多通路、多维度的发病特点更为契合,在改善握力、部分体能指标及肌肉质量方面表现出相对更稳定的优势。相比之下,维生素 D 和 ω -3 多不饱和脂肪酸更适合作为特定人群中的辅助性干预,药物治疗则仍处于探索阶段,其长期有效性和安全性尚需进一步验证。

今后研究应进一步统一诊断框架、结局指标及随访时程,减少研究间方法学异质性;同时加强对不同营养状态、衰弱程度、共病负荷及功能水平人群的分层研究,并关注院外实施、长期依从性及真实世界效果评价,以便为老年肌少症联合干预策略的精准制定和临床推广提供更坚实的循证依据。

参考文献

- [1] 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.DOI:10.3760/cma.j.cn112137-20240724-01701.
- [2] Hsu KJ, Liao CD, Tsou YT, et al. The relationship between sarcopenia and injury events: A systematic review and meta-analysis of 98 754 older adults[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022,19(23):16011. DOI:10.3390/ijerph192316011.
- [3] Petermann-Rocha F, Balntzi V, Gray SR, et al. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: A systematic review and Meta-analysis[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2022,13(1):86-99. DOI:10.1002/jcsm.12783.
- [4] Papanikolaou PN, Christianakis MK, Scalia G, et al. Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older adults worldwide: A systematic review and Meta-analysis[J]. J Nutr Health Aging, 2022,26(5):461.
- [5] Wu J, Ding P, Wu H, et al. Sarcopenia: molecular regulatory network for loss of muscle mass and function[J]. Front Nutr, 2023,10:1037200.DOI:10.3389/fnut.2023.1037200.
- [6] Zhang L, Liu G, Huang X, et al. Effects of protein supplementation on muscle mass, muscle strength, and physical performance in older adults with physical inactivity: A systematic review and meta-analysis[J]. BMC Geriatr, 2025,25(1):228. DOI:10.1186/s12877-025-05885-x.
- [7] Yoshimura Y, Matsumoto A, Inoue T, et al. Protein supplementation alone or combined with exercise for sarcopenia and physical frailty: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Arch Gerontol Geriatr, 2025,131:105783. DOI:10.1016/j.archger.2025.105783.
- [8] 中国体育科学学会,中国老年医学学会,王正珍,等.肌少症运动处方指南[J].北京体育大学学报,2026,49(1):95-113.DOI:10.19582/j.cnki.11-3785/g8.2026.01.008.
- [9] 欧阳文慧,欧阳晓俊.肌少症与血管内皮功能障碍关系的研究进展[J].中华老年心脑血管病杂志,2026,28(2):268-270.DOI:10.3969/j.issn.1009-0126.2026.02.029.
- [10] Zheng Y, Feng J, Yu Y, et al. Advances in sarcopenia: Mechanisms, therapeutic targets, and intervention strategies[J]. Arch Pharm Res, 2024,47(4):301-324.DOI:10.1007/s12272-024-01493-2.
- [11] 夏君玫,邓琪,郝宏弢,等.运动因子对肌少症与认知障碍共病的

- 作用机制[J]. 生物化学与生物物理进展, 2025, 52(12): 3072-3091.
- [12] Kunz HE, Lanza IR. Age-associated inflammation and implications for skeletal muscle responses to exercise[J]. *Exp Gerontol*, 2023, 177: 112177. DOI: 10.1016/j.exger.2023.112177.
- [13] Xu H, Brown JL, Bhaskaran S, et al. Reactive oxygen species in the pathogenesis of sarcopenia[J]. *Free Radic Biol Med*, 2025, 227: 446-458. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2024.11.046.
- [14] Arnold WD, Clark BC. Neuromuscular junction transmission failure in aging and sarcopenia: The nexus of the neurological and muscular systems[J]. *Ageing Res Rev*, 2023, 89: 101966. DOI: 10.1016/j.arr.2023.101966.
- [15] Fuentes-Barria H, Aguilera-Eguia R, Angarita-Davila L, et al. Vitamin D and sarcopenia: Implications for muscle health[J]. *Biomedicines*, 2025, 13(8): 1863. DOI: 10.3390/biomedicines13081863.
- [16] Aldrich L, Ispoglou T, Prokopidis K, et al. Acute sarcopenia: Systematic review and Meta-analysis on its incidence and muscle parameter shifts during hospitalisation[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2025, 16(1): e13662. DOI: 10.1002/jcsm.13662.
- [17] Maeda D, Fujimoto Y, Nakade T, et al. Frailty, sarcopenia, cachexia, and malnutrition in heart failure[J]. *Korean Circ J*, 2024, 54(7): 363-381. DOI: 10.4070/kcj.2024.0089.
- [18] Duarte MP, Almeida LS, Neri SGR, et al. Prevalence of sarcopenia in patients with chronic kidney disease: A global systematic review and Meta-analysis[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2024, 15(2): 501-512. DOI: 10.1002/jcsm.13425.
- [19] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis[J]. *Age Ageing*, 2019, 48(1): 16-31. DOI: 10.1093/ageing/afy169.
- [20] Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 21(3): 300-307. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.12.012.
- [21] Soysal P, Hurst C, Demurtas J, et al. Handgrip strength and health outcomes: Umbrella review of systematic reviews with Meta-analyses of observational studies[J]. *J Sport Health Sci*, 2021, 10(3): 290-295. DOI: 10.1016/j.jshs.2020.06.009.
- [22] Exter SH, Koenders N, Wees PJ, et al. A systematic review of the psychometric properties of physical performance tests for sarcopenia in community-dwelling older adults[J]. *Age Ageing*, 2024, 53(6): afae113.
- [23] Li ML, Zhang F, Luo HY, et al. Improving sarcopenia in older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials of whey protein supplementation with or without resistance training[J]. *J Nutr Health Aging*, 2024, 28(4): 100184. DOI: 10.1016/j.jnha.2024.100184.
- [24] Gu WT, Zhang LW, Wu FH, et al. The effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation in patients with sarcopenia: A systematic review and Meta-analysis[J]. *Maturitas*, 2025, 195: 108219. DOI: 10.1016/j.maturitas.2025.108219.
- [25] Widajanti N, Hadi U, Soelistijo SA, et al. The effect of vitamin D supplementation to parameter of sarcopenia in elderly people: A systematic review and Meta-analysis[J]. *Can Geriatr J*, 2024, 27(1): 63-75. DOI: 10.5770/cgj.27.694.
- [26] Houston DK, Marsh AP, Neilberg RH, et al. Vitamin D supplementation and muscle power, strength and physical performance in older adults: A randomized controlled trial[J]. *Am J Clin Nutr*, 2023, 117(6): 1086-1095. DOI: 10.1016/j.ajcnut.2023.04.021.
- [27] 张志豪. 不同肌肉力量练习方法对老年人肌少症改善作用的系统评价及网状 Meta 分析[D]. 济南: 山东师范大学, 2025.
- [28] Kim D, Morikawa S, Miyawaki M, et al. Sarcopenia prevention in older adults: Effectiveness and limitations of non-pharmacological interventions[J]. *Osteoporos Sarcopenia*, 2025, 11(2 Suppl): 65-72. DOI: 10.1016/j.afos.2025.05.005.
- [29] Lee TW, Kao PY, Chen YC, et al. Effects of testosterone replacement therapy on muscle strength in older men with low to low-normal testosterone levels: A systematic review and Meta-analysis[J]. *Gerontology*, 2023, 69(10): 1157-1166. DOI: 10.1159/000532062.
- [30] Lincoff AM, Bhasin S, Fleva P, et al. Cardiovascular safety of testosterone-replacement therapy[J]. *N Engl J Med*, 2023, 389(2): 107-117. DOI: 10.1056/NEJMoa2215025.
- [31] Wen J, Syed B, Leapt J, et al. Selective androgen receptor modulators (SARMs) effects on physical performance: A systematic review of randomized control trials[J]. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2025, 102(1): 3-27. DOI: 10.1111/cen.15135.
- [32] Kanbay M, Siritopol D, Copur S, et al. Effect of Bimagrumab on body composition: A systematic review and Meta-analysis[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2024, 36(1): 185. DOI: 10.1007/s40520-024-02825-4.
- [33] Hofbauer LC, Witvrouw R, Varga Z, et al. Bimagrumab to improve recovery after hip fracture in older adults: A multicentre, double-blind, randomised, parallel-group, placebo-controlled, phase 2a/b trial[J]. *Lancet Healthy Longev*, 2021, 2(5): e263-e274. DOI: 10.1016/S2666-7568(21)00084-2.
- [34] Bae S, Kong S, Kim CH, et al. Position statement: evidence-based exercise guidelines for sarcopenia in older adults: Insights from the Korean Working Group on Sarcopenia[J]. *Ann Geriatr Med Res*, 2025, 29(3): 278-294. DOI: 10.4235/agmr.25.0052.
- [35] Shen Y, Shi Q, Nong K, et al. Exercise for sarcopenia in older people: A systematic review and network Meta-analysis[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2023, 14(3): 1199-1211. DOI: 10.1002/jcsm.13225.
- [36] Sun R, Wan J, Tang J, et al. Effectiveness of resistance training on body composition, muscle strength, and biomarker in sarcopenic older adults: A Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2025, 128: 105595. DOI: 10.1016/j.archger.2024.105595.
- [37] Kumar P, Umakanth S, Girish N. A review of the components of exercise prescription for sarcopenic older adults[J]. *Eur Geriatr Med*, 2022, 13(6): 1245-1280. DOI: 10.1007/s41999-022-00693-7.
- [38] Li L, Guo S, Ding B, et al. Effectiveness of Tai Chi exercise on balance, falls, and motor function in older adults: A Meta-analysis[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2024, 11: 1486746. DOI: 10.3389/fmed.2024.1486746.
- [39] Choi M, Kim H, Bae J. Does the combination of resistance training

- and a nutritional intervention have a synergic effect on muscle mass , strength , and physical function in older adults? A systematic review and Meta-analysis [J]. BMC Geriatr ,2021 ,21 (1) : 639. DOI: 10.1186/s12877-021-02491-5.
- [40] Hernandez-Lepe MA , Miranda-Gil MI , Valbuena-Gregorio E , et al. Exercise programs combined with diet supplementation improve body composition and physical function in older adults with sarcopenia: A systematic review [J]. Nutrients ,2023 ,15 (8) : 1998. DOI: 10.3390/nu15081998.
- [41] Wu PY , Huang KS , Chen KM , et al. Exercise , nutrition , and combined exercise and nutrition in older adults with sarcopenia: A systematic review and network Meta-analysis [J]. Maturitas ,2021 ,145: 38-48. DOI: 10.1016/j.maturitas.2020.12.009.
- [42] Yoshimura Y , Matsumoto A , Inoue T , et al. Protein supplementation alone or combined with exercise for sarcopenia and physical frailty: A systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Arch Gerontol Geriatr ,2025 ,131: 105783. DOI: 10.1016/j.archger.2025.105783.
- [43] Xie C , Yan R , Tao R. Combined resistance training and amino acid-based supplementation for sarcopenia in older adults: A systematic review and Meta-analysis [J]. BMC Musculoskelet Disord ,2026 ,27 (1) : 35. DOI: 10.1186/s12891-025-09436-8.
- [44] Cornish SM , Cordingley DM , Shaw KA , et al. Effects of omega-3 supplementation alone and combined with resistance exercise on skeletal muscle in older adults: A systematic review and Meta-analysis [J]. Nutrients ,2022 ,14(11) : 2221. DOI: 10.3390/nu14112221.
- [45] Dam DL , Christensen JA , Olsen PO , et al. Impact of omega-3 fatty acids supplementation combined with resistance training on muscle mass , neuromuscular and physical function in older adults: A systematic review and Meta-analysis of randomized clinical trials [J]. J Ageing Longev ,2025 ,5(1) : 4. DOI: 10.3390/jal5010004.
- [46] Aschauer R , Unterberger S , Zohrer PA , et al. Effects of vitamin D3 supplementation and resistance training on 25-hydroxyvitamin D status and functional performance of older adults: A randomized placebo-controlled trial [J]. Nutrients ,2022 ,14 (1) : 86. DOI: 10.3390/nu14010086.
- [47] Whaikid P , Piaseu N. The effectiveness of protein supplementation combined with resistance exercise programs among community-dwelling older adults with sarcopenia: A systematic review and Meta-analysis [J]. Epidemiol Health ,2024 ,46: e2024030. DOI: 10.4178/epih.e2024030.
- [48] Nasimi N , Sohrabi Z , Nunes EA , et al. Whey protein supplementation with or without vitamin D on sarcopenia-related measures: A systematic review and Meta-analysis [J]. Adv Nutr ,2023 ,14(4) : 762-773. DOI: 10.1016/j.advnut.2023.05.011.
- [49] Rooks D , Swan T , Goswami B , et al. Bimagrumab vs optimized standard of care for treatment of sarcopenia in community-dwelling older adults: A randomized clinical trial [J]. JAMA Netw Open ,2020 ,3(10) : e2020836. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.20836.
- [50] Park SH , Lee H. Effectiveness of combined exercise and nutrition interventions in preventing and improving sarcopenia in frail or healthy older adults: A systematic review [J]. Res Gerontol Nurs ,2023 ,16 (6) : 312-320. DOI: 10.3928/19404921-20230817-03.

(收稿日期: 2026-04-14)

(上接 1009 页)

- [37] Ren DY , Fuller ND , Gilbert SAB , et al. Cardiac tumors: Clinical perspective and therapeutic considerations [J]. Curr Drug Targets ,2017 ,18 (15) : 1805-1809. DOI: 10.2174/1389450117666160703162111.
- [38] Parato VM , Nocco S , Alunni G , et al. Imaging of cardiac masses: An updated overview [J]. J Cardiovasc Echogr ,2022 ,32(2) : 65-75. DOI: 10.4103/jeecho.jeecho_18_22.
- [39] Wu C , Wang Y , Su W , et al. Cardiac rhabdomyomas with atrial septal defect and tricuspid insufficiency: A case report [J]. J Card Surg ,2019 ,34(10) : 1123-1126. DOI: 10.1111/jocs.14191.
- [40] Shi L , Wu L , Fang H , et al. Identification and clinical course of 166 pediatric cardiac tumors [J]. Eur J Pediatr ,2017 ,176(2) : 253-260. DOI: 10.1007/s00431-016-2833-4.
- [41] Yue P , Xu Z , Wan K , et al. Multiparametric mapping by cardiovascular magnetic resonance imaging in cardiac tumors [J]. J Cardiovasc Magn Reson ,2023 ,25(1) : 37. DOI: 10.1186/s12968-023-00938-9.
- [42] Karangelis D , Palios J , Tzertzemelis D , et al. Surgical resection of a cardiac lipoma of the right ventricle [J]. Ann Card Anaesth ,2019 ,22(4) : 452-454. DOI: 10.4103/aca.ACA_87_18.
- [43] Yan Y , Ma C , Sandeep B , et al. Surgical resection of a lipoma of the right atrium: A case report [J]. Medicine (Baltimore) ,2025 ,104(12) : e41848. DOI: 10.1097/md.00000000000041848.
- [44] Kenawy A , Abdelbar A , Zacharias J. Minimally invasive resection of benign cardiac tumors [J]. J Thorac Dis ,2021 ,13(3) : 1993-1999. DOI: 10.21037/jtd-20-1201.
- [45] Zhang Y , Hou S , Wang L , et al. Cardiac lipoma in left ventricle: A rare case diagnosed using imaging data [J]. J Clin Ultrasound ,2023 ,51(9) : 1464-1465. DOI: 10.1002/jcu.23581.
- [46] Chen Q , Yang D , Liu L , et al. Right atrial cardiac lipoma with distinctive imaging characteristics. A rare case report and literature review [J]. Front Cardiovasc Med ,2022 ,9: 1043427. DOI: 10.3389/fcvm.2022.1043427.
- [47] Varma R , Corbett S , Shambrook J , et al. An epicardial problem case report: Multimodality imaging assessment of a patient presenting with symptomatic ventricular tachycardia , secondary to a large , epicardial , lipomatous mass with myocardial infiltration [J]. Eur Heart J Case Rep ,2025 ,9(5) : ytaf175. DOI: 10.1093/ehjcr/ytaf175.
- [48] 吴晓琴 , 杨新宇 , 李旻 , 等. 心脏脂肪瘤的临床诊治进展 [J]. 山东医药 ,2018 ,58(44) : 109-112. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2018.44.032.
- [49] 田萍 , 韩博 , 郑建民 , 等. 心脏脂肪瘤多模态影像学特征 [J]. 中国医学影像学杂志 ,2024 ,32(11) : 1129-1133. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2024.11.007.
- [50] 邵千慧 , 柳乾龙 , 童睿 , 等. Carney 综合征 1 例家系调查并文献复习 [J]. 疑难病杂志 ,2020 ,19(9) : 921-925. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2020.09.014.

(收稿日期: 2026-04-21)