

· 共识、指南与标准 ·

DOI:11.16689/j.cnki.cn11-9349/r.2024.01.006

# 老年肌肉减少症患者筛查诊断与营养干预指南

中国医疗保健国际交流促进会临床营养健康学分会, 中国抗癌协会肿瘤营养专业委员会

**摘要:** 肌肉减少症是老年人常见的一类疾病,可增加跌倒、骨折和其他慢性疾病的发生风险。营养治疗是缓解及预防老年肌肉减少症的重要手段之一,在临床患者及居家治疗患者中具有良好的效果,其优势在于可操作性强、治疗及预防效果好、不良反应较低等。本文以欧洲老年人肌肉减少症工作组(EWGSOP)在2018年更新的标准EWGSOP2,2019年亚洲肌肉减少症工作组(AWGS)颁布的标准AWGS2019和2011年国际肌肉减少症工作组(IWGS)颁布的标准IWGS等为参考,依据国内外研究中基于人群开展的各项研究,包括近年来发表的多个随机对照临床试验、系统评价或meta分析、回顾性研究和横断面研究等各类研究,通过挖掘其可能的发病机制,对肌肉减少症的筛查、诊断、评估、营养预防及治疗方法进行总结和更新,采用欧洲心脏学会证据分级和推荐强度标准,制订了老年肌肉减少症的临床诊断与营养干预指南,针对不同类型、发病机制、疾病严重程度等特征做出营养治疗方案推荐,为临床诊疗的规范化和标准化提供参考依据。

**关键词:** 肌肉减少症;老年;筛查;诊断;营养干预

## Guidelines for screening, diagnosis and nutritional intervention of older patients with sarcopenia

*Clinical Nutrition and Health Branch, China International Exchange and Promotive Association for Medical and Health Care, Chinese Society of Nutritional Oncology*

**Abstract:** Sarcopenia is a common complication in the elderly that increases the risk of falls, fractures and other chronic diseases. Nutritional treatments are one of the most common means of alleviating and preventing sarcopenia in the elderly, with favourable results in clinical patients and patients treated at home, which have the advantages of high operability, effective, and low side effects. Taking the updated post-2018 diagnostic criteria for sarcopenia, such as EWGSOP2, AWGS2019 and IWGS, as a reference, this paper is based on various types of population-based studies carried out in national and international research, including various types of studies published in recent years, such as multiple randomized controlled clinical trials, systematic reviews or meta-analyses, cohort studies and cross-sectional studies. We summaries the possible pathogenesis of sarcopenia, together with the screening, diagnosis, assessment, prevention and nutritional treatment of sarcopenia. For clinical diagnosis and nutritional intervention of sarcopenia in the elderly, the grading of evidence and strength of recommendation criteria in the guidelines are based on the European Society of Cardiology criteria. Nutritional treatment recommendations are made for different types, pathogenesis, disease severity and other characteristics, which provides references for the normation and standardisation of clinical diagnosis and treatment.

**Key words:** Sarcopenia; Elderly; Screening; Diagnosis; Nutritional intervention

肌肉减少症是由于进行性、广泛性骨骼肌量减少、肌力下降伴有人体功能下降的一类老年综合征,定义为肌肉质量和力量的丧失<sup>[1]</sup>,在国际疾病分类(ICD-10;M62)中被正式确认为肌肉疾病<sup>[2]</sup>。正常成年人肌肉量会随年龄增长而出现持续性下降,在50岁以上的正常成年人中,肌肉力量每10年下降12%~14%,同时伴随着肌肉质量的进行性下降<sup>[3]</sup>;60~70岁之间的老年人中有5%~13%患有肌肉减少症;而在80岁以上的人群中,肌肉减少症的患病率高达11%~50%<sup>[4]</sup>。研究发现,肌肉减少症患者发生跌倒和骨折的风险显著高于未患病人

群,日常生活活动能力更低,造成其独立性逐渐丧失,需要长期护理比例增加,使得住院期间的医疗费用也随之增加<sup>[5]</sup>。

近年来,多个肌肉减少症工作组,包括欧洲老年人肌肉减少症工作组(European Working Group on Sarcopenia in Older People,EWGSOP)<sup>[1]</sup>、亚洲肌肉减少症工作组(Asian Working Group for Sarcopenia,AWGS)<sup>[6]</sup>和2011年国际肌肉减少症工作组(International Working Group on Sarcopenia,IWGS)<sup>[7]</sup>分别发布了相应指南。然而,由于性别、年龄、种族等差异,应用的临界值以及用于估计临界值的方法在不同的诊断标准之间仍未形成统一标准。建立针对中国老年人的肌肉减少症筛查诊断流程,通过早期筛查和

基金项目:河北省重点研发计划项目(21377728D)

通信作者:李增宁,电子邮箱:zengningli@hebmu.edu.cn

评估及时发现肌肉减少症,给予有效营养干预延缓发病,对提高老年人群生活质量,对降低住院风险和后期护理成本等具有深远意义。

## 1 指南制订的基本信息

1.1 目标 本指南旨在详尽收集老年肌肉减少症患者有关研究证据,将已有证据与专家意见充分结合,最终形成临床实践诊疗建议。借助早期对老年人群肌肉减少症筛查、评估和诊断,实现疾病的三级预防。同时,本指南将为临床医护人员提供诊疗的方案指导,有助于帮助患者采取最恰当而有效的干预手段处理肌肉减少症,以降低老年人群肌肉减少症的总体发病率,同时提升疾病的治疗效果。

1.2 制订方法和流程 本指南基于系统性回顾证据、多项现有指南及专家共识编制,由多学科组成

的专家小组共同制订和编写。首先,评估了现有证据,以确定证据分级;其次,结合其临床可行性等因素给予专家综合意见;最后,制订推荐内容和相应推荐强度。证据收集过程中,我们对多个国际和国内核心数据库进行系统性文献检索,检索词/主题词包括但不限于:“老年”“衰老”“肌肉减少症”“筛查”“诊断”“营养干预”“old”“aged”“Sarcopenia”“Screen”“Diagnosis”“nutrition intervention”等,并排除了符合以下条件的证据:①未在同行评审期刊上发表的会议摘要;②评论、社论、案例报告等。指南中证据分级和推荐强度标准依据欧洲心脏学会(European Society of Cardiology, ESC)标准制订,具体内容见表 1。

表 1 证据分级与推荐强度标准

证据分级	描述	推荐强度	描述
A	数据来源于多个随机对照临床试验或其 meta 分析	I	证据和/或一致意见认为某干预有利、有效
B	数据来源于一个随机对照临床试验或大样本非随机研究	II	认为某干预或操作有利/有效的证据相互矛盾或意见不一致; II a 更多证据意见认为有利/有效; II b 更少证据/意见认为有利/有效
C	专家共识、和/或小样本研究、回顾性研究、注册资料	III	证据和/或一致意见认为某干预或操作无益、无效,甚至有害

## 2 肌肉减少症定义

依据 2018 年 EWGSOP 更新的关于肌肉减少症的定义和诊断标准 EWGSOP2,认为肌肉减少症是一种增加跌倒、骨折、身体残疾、死亡等不良预后(adverse outcomes)风险的进行性、全身性骨骼肌疾病(skeletal muscle disorder)。将肌肉力量弱作为肌肉减少症诊断的关键特征,检测肌肉质量(muscle mass)和力量(muscle strength),同时将符合上述标准并伴随身体活动能力差诊断为严重肌肉减少症<sup>[1]</sup>。

## 3 发病机制

身体活动水平的降低是导致肌肉减少症最主要的因素。肌肉力量和质量会随着运动能力下降而出现失用性萎缩,这常出现于长期活动能力受限或卧床老年人。有研究显示,1 名健康的老年人卧床 10 d,便会致肌肉蛋白质合成减少 30%,肌肉力量和质量也出现明显降低<sup>[8]</sup>。长期卧床的患者,其最先发生肌肉力量的下降,而后才表现出肌肉质量的损失,从而进一步促进肌肉力量的下降,而肌肉力量的下降也会加剧运动能力减退的发生,形成恶性循环<sup>[9]</sup>。

肌肉蛋白质占肌肉重量的 20%,其合成和分解之间的动态平衡是调节肌肉质量的关键。老年人大多存在蛋白质摄入不足的问题,并且患有许多慢性消耗性疾病,因此机体容易出现负氮平衡,使肌肉减少症的发生率升高。充足的蛋白质摄入有望通过激活哺乳动物的雷帕霉素靶标(mammalian target of rapamycin, mTOR)及其下游靶标来增加氨基酸的利用率,并刺激肌浆和肌原纤维蛋白质的合成<sup>[10]</sup>。这一途径也被胰岛素样生长因子-1(insulin-like growth factor 1, IGF-1)、睾酮和运动等合成代谢刺激上调。睾酮还通过刺激成肌细胞和抑制肌肉生长抑素参与肌细胞的修复。随着年龄的增长,睾酮、IGF-1 和运动水平会降低,并导致 mTOR 的下调,导致肌肉蛋白质合成减少和肌肉分解增加<sup>[11]</sup>。然而,衰老的肌肉经常表现出合成代谢抵抗,这是一种对高氨基酸血症做出反应的次高蛋白分解状态,这表明需要更多的蛋白质来适当地刺激老年人的肌肉合成代谢。

泛素-蛋白酶体通路参与了肌肉减少症的发生,肌肉蛋白质降解与该通路中的 Agrotin-1 和 MuRF-1 表达水平显著升高有关。除此之外,机体

的炎症水平随着年龄增大而升高,有研究发现,白细胞介素-6(interleukin-6,IL-6)、肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor-α,TNF-α)和 C 反应蛋白(C-reactive protein,CRP)水平与肌肉质量和力量相关<sup>[12]</sup>。肌肉衰老过程中氧化应激介导的线粒体功能障碍可能对肌肉蛋白质流失起重要作用<sup>[13]</sup>。衰老中氧化应激常伴随线粒体功能的下降,通过减少 Beclin-1、P53 和 P62 的表达和抗氧化反应来阻断自噬。这导致脂质氧化损伤增加。以上损伤与线粒体 I、III、IV 和 V 复合体显著减少而导致的线粒体损伤直接相关,从而显著降低细胞的能量储存,进而诱导细胞凋亡的增加。表现为成肌调节因子和卫星细胞标志物的减少,以及肌肉生长抑素的增加,使肌肉收缩能力明显受损<sup>[14]</sup>。同时衰老引起的线粒体损伤,而损伤的线粒体不断累积可触发运动神经元和肌纤维死亡<sup>[15]</sup>,线粒体功能紊乱还导致包括氧化磷酸化降低,氧化能力降低,三磷酸腺苷

(adenosine triphosphate,ATP)的产生减少,活性氧簇(reactive oxygen species,ROS)显著增加等,加快骨骼肌衰老进程。

#### 4 筛查评估与诊断

4.1 量表筛查 简易五项评分问卷(strength, assistance in walking, rise from a chair, climb stairs and falls,SARC-F)是 2013 年用于筛查肌肉减少症的第 1 个筛查工具。SARC-F 问卷中包含 5 项内容:肌肉力量、助行、起身、爬楼梯、跌倒。SARC-F 具有很高的特异度和相对较好的总体诊断准确性,但其敏感度较低。与 SARC-F 问卷相比,修订后的肌肉减少症 5 项评分联合小腿围问卷(SARC-F combined with calf circumference,SARC-CalF)在诊断性能上更为出色,具有更高的敏感度和特异度,且 AUC 值在 0.7 以上,因此 SARC-CalF 是社区老年人肌肉减少症的最佳筛查工具<sup>[1, 16]</sup>,见表 2。(证据分级:C;推荐强度:I)

表 2 SARC-CalF 量表

SARC-CalF	项目	得分
肌肉力量	举起/搬运 4.5 kg 重物的难度 0=没有难度;1=轻度困难;2=难度较大或无法完成	
辅助步行	步行穿越房间的难度 0=没有难度;1=有一定难度;2=难度较大,需要帮助或无法完成	
座椅起立	从床或座椅站起的难度 0=没有难度;1=有一定难度;2=难度较大,没有帮助无法完成	
爬楼梯	攀爬 10 级台阶的难度 0=没有难度;1=有一定难度;2=难度较大,无法完成	
跌倒	过去 1 年中跌倒的次数 0=跌倒 0 次;1=跌倒 1~3 次;2=跌倒 4 次	
卧床时间	上个月您每天躺在床上几个小时(包括休息和睡觉)? 0=≤8 h;1=8~10 h;2=>10 h	
进食	在过去的 6 个月中,您每天的饮食量比以前少吗? 0=没有;1=减少 50%;2=减少超过 50%	
体重	与 60 岁时相比,您减轻了多少体重? 0=≤2 kg;1=3~5 kg;2=>5 kg	
住院	去年您住院治疗了多长时间? 0=不超过 1 周;1=不超过 1 个月;2=超过 1 个月	

注:SARC-CalF, strength, assistance in walking, rise from a chair, climb stairs and falls, combined with calf circumference, SARC-F 联合小腿围。总得分≥11 分可认为存在肌肉减少症。

4.2 人体测量 老年人群肌肉减少症的评估可分为肌肉力量/强度、肌肉质量和身体活动能力评估 3 个方面。

4.2.1 肌肉力量/强度评估 肌肉力量是衡量老年人死亡率和几种慢性疾病的一个强有力的指标。流行病学研究显示,肌肉力量与全因死亡率之间成反比。与躯干肌肉质量相比,肢体肌肉质量随年龄增长而下降得更快。握力(handgrip strength, HGS)

测试具有操作简便、可靠性高等多种优势,是反映肌肉力量和强度的重要评估指标。男性的 HGS 与上肢和下肢的瘦肌肉质量显著相关,女性的 HGS 与上肢肌肉质量大多相关,但相关性较男性稍弱。握力水平是亚洲老年人,尤其是男性肌肉质量的良好评估方法<sup>[17]</sup>。

HGS 可以提供关于预期死亡率和并发症风险的重要预后信息,并有助于确定哪些患者从营养支

持中受益最多。身体不同部位肌肉力量存在一定的关联性,因此用手持握力器测量的参考人群握力数据可反映身体整体肌肉力量的强弱,同时握力比肌肉质量更适合于反映身体活动能力,并更好地预测临床预后及不良结局<sup>[18]</sup>。AWGS2019 也将男性 HGS<28 kg,女性 HGS<18 kg 作为肌肉减少症的诊断标准。(证据分级:B;推荐强度:I)

#### 4.2.2 肌肉质量评估

4.2.2.1 围度测量 围度测量是评价机体骨骼肌质量的一种方式,其所需的测量工具如皮褶厚度计和卡尺等,优势在于造价低廉,无创伤且方便携带。四肢骨骼肌量约占全身骨骼肌的 75%,因此可以由四肢的形态学测量来评估全身的骨骼肌含量,但存在一定的测量误差,最好与四肢骨骼肌质量(appendicular skeletal muscle mass, ASM)结合检测的形式得到更为可靠的结果。

(1) 上臂围(arm circumference, AC):AC 是一种简单、无创的人体测量指标。一项来自中国西部健康与老龄化趋势研究的 4509 例年龄 $\geq 50$  岁的受试者的研究,采用生物电阻抗法测定 ASM,根据 EWGSOP2 标准预测低肌肉质量的最佳 AC 临界值男性为 $\leq 28.6$  cm,女性 $\leq 27.5$  cm,且在中国社区中老年人中,AC 与已知肌肉减少症筛查指标的四肢骨骼肌指数(appendicular skeletal muscle mass index, ASMI)密切相关。AC 作为一种替代 ASMI 评估肌肉减少症适用性很高,尤其是老年男性人群<sup>[19]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:I)

(2) 上臂肌围(arm muscle circumference, AMC)/三头肌皮褶厚度(triceps skin-fold thickness, TSF):AMC 是一种简单、快速、廉价和无创的老年人营养水平和肌肉减少症有效的评估方法,适用于医院和社区等环境。但 AMC 在老年人中作为一种人体测量指标的作用仍然存在争议,在年龄较大的受试者中没有很好的人群参考资料<sup>[20]</sup>。AMC 的计算采用以下标准公式:AMC = AC - 3.142 × TSF<sup>[21]</sup>。AMC 不太容易因下肢水肿造成的液体滞留而有所改变,但上肢的淋巴水肿、全身性水肿或极端肥胖可能导致数值的高估。在 60~64 岁的女性和 $\geq 85$  岁的男性中 AMC 的临界值分别为 23.3 和 23.8 cm<sup>[22]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II b)

(3) 小腿围(calf circumference, CC):CC 是一种主要用于评估老年人肌肉质量的方法,该方法简单易用,可作为临床使用和基于人群的研究中检测肌

肉减少症。AWGS 建议 CC 作为肌肉减少症的筛查工具<sup>[6]</sup>,但 EWGSOP2 指出 CC 不是肌肉质量的代表性指标,只有在没有其他诊断方法时才应使用<sup>[1]</sup>。一项针对中国西部老年人健康与老龄化趋势的研究表明,CC<34.0 cm 可能指示肌肉减少症<sup>[23]</sup>。添加 CC 的肌肉减少症定义与较高的全死因和心血管疾病死亡风险相关。在老年人中,CC 与 ASM 呈负相关。在预测死亡率准确性方面,添加 CC 的曲线下面积(area under curve, AUC)明显高于传统定义的低肌肉力量+低肌肉质量+低步态速度,提示低 CC 与其他肌肉质量指标高度相关,因此可能是肌肉减少症的有效指标,当与其他参数一起使用时,可以提高诊断准确性<sup>[24]</sup>。一项纳入 256 例患者[平均(76.6 $\pm$ 7.5)岁]的研究发现,在 CC<34 cm(AWGS 推荐截止点)时,筛查的准确性最高,这表明该截止点可能是发现肌肉减少症病例的可靠指标。另有一项研究分别在 1999—2006 年调查收集的 NHANES 数据库研究在不同人群样本中定义 CC 值,同时采用了 BMI 调整方法,有助于消除肥胖的混杂效应,从而提高 CC 作为骨骼肌质量评估的精度。在评估中,肌肉减少症及严重肌肉减少症的 CC 的临界值分别为 34 cm/32 cm(男性)和 33 cm/31 cm(女性)<sup>[25]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II a)

(4) 指环试验(finger-ring test):指环试验是一种比较人体小腿围与双手手围大小的自我测试,常作为肌肉量评估和肌肉减少症初筛的实用方式。具体方法是将老年人保持坐位,屈膝屈髋 90°,双足自然置于地面,将双手的大拇指和示指合为一个环,用该环环绕其非优势小腿的最厚部分,如果小腿围明显细于指环,说明其小腿围偏低,存在肌肉减少症的风险,需要进一步的临床诊断。指环测试简便易行,且老年人可自行测试,可弥补因测量工具受限而无法普遍进行肌肉减少症评估的不足<sup>[26]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II a)

4.2.2.2 四肢骨骼肌质量(appendicular skeletal mass, ASM)检测 骨骼肌质量、力量伴随或不伴随功能的下降是衰老表现之一<sup>[1]</sup>。老年人长期卧床或每日运动量较低会导致失用性肌肉减少症的发生,导致活动能力下降,更易发生跌倒和骨折。EWGSOP2、AWGS2019 和 IWGS 均将 ASM 作为肌肉减少症诊断的主要指标之一。人体成分分析是人体 ASM 和脂肪量检测的良好手段,在诊断肌肉减少

症中发挥重要作用,主要包括计算机断层扫描(computed tomography, CT)、生物电阻抗法(bioelectrical impedance analysis, BIA)或双能 X 射线吸收法(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)等检测手段。EWGSOP2 共识推荐的是 CT、DXA 及 BIA<sup>[1]</sup>, AWGS 2019 推荐使用 DXA 或多频 BIA 测量骨骼肌质量<sup>[6]</sup>。(证据分级:A;推荐强度:I)

(1)生物电阻抗法:IA 是一种成本较低、简易便携且无创的人体成分测量方法,在临床营养评估中有着不可替代的作用。其原理是利用水合组织和细胞外水促进水流,通过 BIA 获得的原始值为电阻(R)和电抗(Xc),R 与离子溶液的浓度呈负相关,而 Xc 与软组织结构的数量直接相关,可用于去脂体重、骨骼肌量、ASM 等肌肉指标检测。应用 BIA 测定 ASMI 推荐 ASMI 诊断肌肉减少症的临界值为男性 $<7.0 \text{ kg/m}^2$ ,女性 $<5.7 \text{ kg/m}^2$ 。尽管 BIA 已经使用了很多年,但它的使用仍然存在争议,在各研究中发现的结果各不相同,且 BIA 测得的 ASMI 与 DXA 的一致性较差,常规 BIA 与 DXA 不可互换。如果使用更大样本量的特定公式,结果可能会有所改善<sup>[27]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II a)

(2)计算机断层扫描:在肌肉减少症的肌肉质量检查中,计算机断层扫描(computed tomography, CT)有着其独到的优势及先进性。CT 能通过测量第三腰椎(L<sub>3</sub>)层肌肉横截面积(cross-sectional area, CSA)从而准确区分肌肉、骨骼、脂肪等软组织,从而评估骨骼肌体积和去脂质量。在临床研究中,通过 CT 测量得到的 L<sub>3</sub> 骨骼肌面积也可作为肌肉减少症的诊断依据,一般以 SMI 值表示,即腹部 CT L<sub>3</sub> 平面骨骼肌面积/身高<sup>2</sup>。在社区居住的日本中老年人中,大腿中段 CT 衍生的肌肉截面积,可能是活动能力障碍的预测因子,被认为在诊断肌肉减少症时很有用,与 DXA 衍生的 ASM 相等或更强<sup>[28]</sup>。CT 衍生的第三腰椎骨骼肌密度(L<sub>3</sub>-skeletal muscle density, L<sub>3</sub>SMD)可能是与年龄相关的肌肉变化的早期敏感标记,低 L<sub>3</sub>SMD 与低骨量的风险升高相关。基于 L<sub>3</sub>SMD 和临床常规 CT 的 L<sub>3</sub>SMI 的筛选可能提高肌肉减少症高危人群的检出率,AWGS 建议男性/女性的 L<sub>3</sub>SMI 分别为  $40.8 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  和  $34.9 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ <sup>[6]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II a)

(3)双能 X 射线吸收法:双能 X 射线吸收法(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)是最理想的人体成分检测手段之一,但在老年群体中该技术可

能受到限制而无法进行操作。双能 X 线测量的身高调整骨骼肌指数(skeletal muscle index, SMI)是预测男性死亡率的有效指标。受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析结果显示,与含传统因素的模型相比,SMI 加入各种肌肉减少症指标的模型 ROC 值显著提高了肌肉减少症的检出率,提示可以将 DXA 测量的 SMI 作为肌肉减少症预测指标。单独应用或结合步态速度(gait speed, GS)、“起立-行走”计时测试(timed up and go test, TUG)和 HGS 等物理性能指标共同应用可能有助于采取针对性的干预措施,以提高老年人的生存率<sup>[29]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II a)

(4)磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI):从精确度、再现性和准确性方面考虑,最理想诊断肌肉减少症的方法是使用 MRI 技术对身体成分进行评估。MRI 测得的骨骼肌横断面可直观显现,准确性高,可测定全身及局部骨骼肌含量,是一种先进的影像学技术。其原理基于组织中氢原子核与系统磁场的相互作用来区分不同的身体成分。MRI 技术在临床医学中有着较为广泛的应用,它既具有准确区分机体不同组成的优点,又避免了如 CT 等对机体的放射性伤害。然而,目前该技术昂贵且相对烦琐,因此 MRI 的使用仅限于研究目的和特殊情况<sup>[27]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II b)

#### 4.2.3 身体活动能力评估

(1)仰卧起坐肌肉力量测试(sit-up muscle strength test, STS):目前的 STS 肌肉力量测试提供了一个便宜和可行的工具,“STS”对肌肉减少症有一定的预测能力,是一种有效、简便的、适用于老年女性骨骼肌减少的症筛查工具,并可监测整个成人寿命的下肢肌肉力量的变化。该测试可用于筛查可能患肌肉减少症老年女性人群,测试性能每增加 1 s,老年女性肌肉减少症的风险增加 8%,敏感度和特异度之间最佳平衡的截止点是 13 s<sup>[30]</sup>。在女性中观察到与年龄相关的 STS 肌肉力量的 4 个阶段变化,STS 肌肉力量测量值从 20~30 岁增加,30~55 岁稳步下降,55 岁以后下降更明显,80 岁以后下降速率减弱。相比之下,男性在各种 STS 测量中经历了 3 个阶段的变化,20~30 岁时肌肉力量增加,然后在 40~50 岁时肌肉力量出现明显下降<sup>[31]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II a)

(2)简易躯体功能测试(short physical performance battery, SPPB):SPPB 的评分包括 3 个内容,分

别为起坐测试、平衡能力测试、步行速度测试。各项测试分值相加,总分值范围为 0~12 分。SPPB 作为一种有用的、简单的、易操作的亚洲社区老年人肌肉减少症筛查工具,最常见的鉴别重度肌肉减少症的最佳临界点为 SPPB  $\leq 11$  分<sup>[32]</sup>。(证据分级: B;推荐强度: II a)

(3) 计时起立-行走测试 (time up-and-go test, TUG): TUG 于 1991 年 Podsiadlo D 等<sup>[33]</sup>在起立行走测试 (get-up and go test) 的基础上加入计时环节而形成的。它结合了老年人从坐姿状态站起、坐下、走路、转弯等容易发生跌倒的日常基本动作,从而对老年人身体活动能力进行评价,在预测老年人跌倒风险中有着较高的敏感度和特异度。TUG 的可接受性较好,简单且容易被社区老年人理解,所需评估工具简单,对场地要求也不高,容易施行,能够节约大量评估时间,但目前在我国社区老年人中仍缺乏对 TUG 的大规模验证,因此需要更多的研究以判断其在老年人肌肉减少症筛查中的作用。(证据分级: B;推荐强度: II a)

(4) 6 分钟步行测试 (6-minutes-walking test, 6MWT): 老年人动态身体表现也被广泛测量,并可能成为老年肌肉减少症临床护理中的常规评估,其中包括长距离步行测试的“快速”版本。测量在设定时间内行进的距离(如 6MWT)或步行设定距离的时间(例如快速长距离走廊步行超过 400 m)。长距离步行测试的“通常配速”版本,即通常的 400 m 步幅步行,是肌肉减少症的客观衡量标准<sup>[34]</sup>。(证据分级: B;推荐强度: II b)

(5) 5 次起坐试验 (five-time sit-to-stand test): 5 次起坐试验的实用性已在各种临床环境中得到证实<sup>[35]</sup>。在肌肉减少症的诊断中,由于受到路程及空间场地限制,许多受试者无法完成 6MWT,因此 AWGS2019 建议将 5 次起坐试验代替 6MWT 作为反映躯体功能下降的界值,并且可替代步速,其所用时间的临界值为 11.6 s,对应的步行速度为 1.0 m/s。因此,在身体活动能力评估中,将起坐试验(5 次)用时  $\geq 12$  s 认定为肌肉减少症的诊断依据<sup>[6]</sup>。(证据分级: B;推荐强度: II a)

表 3 EWGSOP2 和 AWGS2019 肌肉减少症诊断标准对比

评估项目	临界值	
	EWGSOP2	AWGS2019
肌肉力量/强度		
握力	<27 kg(男)或<16 kg(女)	<28 kg(男)或<18 kg(女)
5 次起坐试验	>15 s	>12 s
肌肉质量		
ASM	<20 kg(男)或<15 kg(女)	—
ASMI (ASM/身高 <sup>2</sup> )	<7.0 kg/m <sup>2</sup> (男)或<5.5 kg/m <sup>2</sup> (女)	DXA: <7.0 kg/m <sup>2</sup> (男)或<5.4 kg/m <sup>2</sup> (女) BIA: <7.0 kg/m <sup>2</sup> (男)或<5.7 kg/m <sup>2</sup> (女)
身体活动能力		
6 米步速	$\leq 0.8$ m/s	<1.0 m/s
SPPB	$\leq 8$ 分	$\leq 9$ 分
TUG	$\geq 20$ s	—
400 米步行试验	不能完成或完成时间 $\geq 6$ min	—

注: EWGSOP2, European Working Group on Sarcopenia in Older People, 欧洲老年人肌肉减少症工作组于 2018 年更新的共识; AWGS2019, Asian Working Group for Sarcopenia, 亚洲肌肉减少症工作组发布的共识; ASM, appendicular skeletal muscle mass, 四肢骨骼肌质量; ASMI, appendicular skeletal muscle mass index, 四肢骨骼肌质量指数; DXA, dual energy X-ray absorptiometry, 双能 X 射线吸收法; BIA, bioelectrical impedance analysis, 生物电阻抗法; SPPB, short physical performance battery, 简易躯体功能测试; TUG, timed up and go test, 计时起立-行走测试。

4.3 诊断标准与分期 肌肉减少症的诊断需要评估患者的肌肉力量、肌肉质量及体能水平,通过综合以上三方面的指标进行综合诊断。同时,对于同一批患者,选择不同的测量工具或方法获得的数据可能会有所差别,对肌肉减少症的诊断也存在差异,因此需结合具体的测量工具或方法,从而保证诊断的准确性和敏感度,见表 3。

本指南对肌肉减少症的诊断标准与分期参考

EWGSOP2 与 AWGS2019 更新的肌肉减少症的诊断标准和分期制订: ①将小腿围(男性 <34 cm 或女性 <33 cm)或 SARC  $\geq 4$  分或 SARC-CalF  $\geq 11$  分或指环试验阳性认定为潜在肌肉减少症人群,进一步进行筛查评估。②肌肉力量评估(男性握力 <28 kg, 女性握力 <18 kg)或 TUG 完成时间 >12 s 或 6 米步行速度 <1 m/s, 认定其可能患有肌肉减少症。③当满足以下: 四肢骨骼肌量 [DXA <7.0 kg/m<sup>2</sup>(男) 或 <5.4 kg/m<sup>2</sup>

(女);BIA<7.0 kg/m<sup>2</sup>(男)或<5.7 kg/m<sup>2</sup>(女)];上臂肌围(AMC)<23.8 cm(男)或<23.3 cm(女)中任一条件,则诊断其存在肌肉减少症。④当满足 6MWT<

400 m、5 次起坐试验≥12 s、SPPB≤9 min 中任一条件,诊断其存在严重肌肉减少症,具体诊疗流程见图 1。

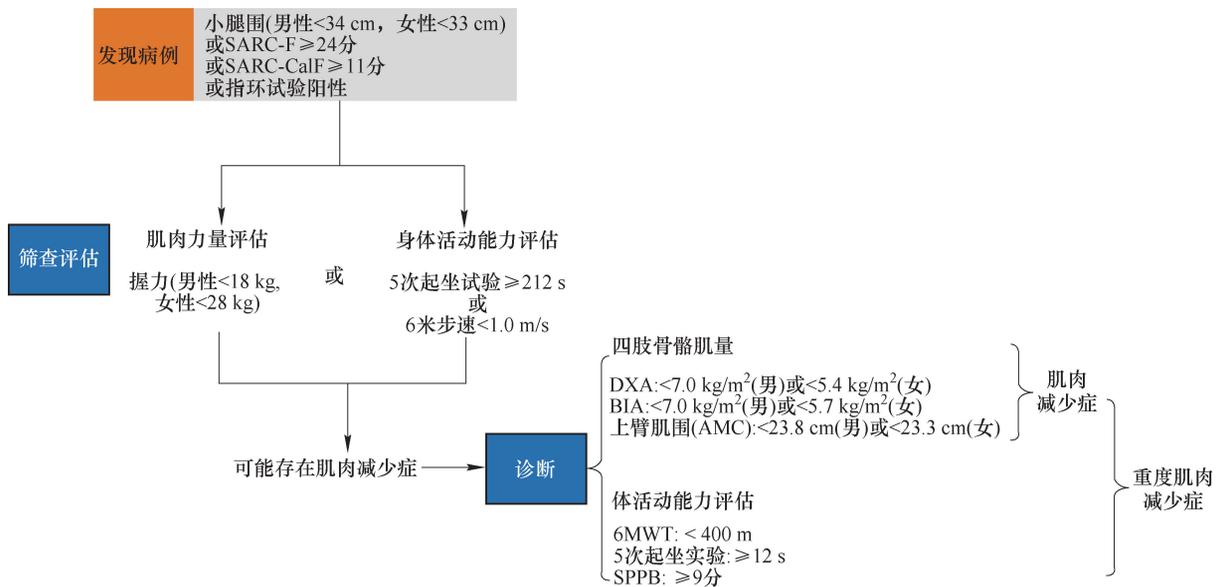


图 1 AWGS2019 肌肉减少症诊断流程

注:SARC-F, strength, assistance in walking, rise from a chair, climb stairs and falls, 简易五项评分问卷;SARC-CalF, SARC-F combined with calf circumference, SARC-F 联合小腿围; DXA, dual energy X-ray absorptiometry, 双能 X 射线吸收法; BIA, bioelectrical impedance analysis, 生物电阻抗法; AMC, arm muscle circumference, 上臂肌围; SPPB, short physical performance battery, 简易躯体功能测试; 6MWT, 6-minutes-walking test, 6 分钟步行测试; AWGS2019, Asian Working Group for Sarcopenia, 亚洲肌肉减少症工作组发布的共识。

## 5 预防和治疗

### 5.1 营养干预

5.1.1 营养评估和饮食指导 2002 年, 欧洲肠外肠内营养学会(European Society of Parenteral and Enteral Nutrition, ESPEN) 建议将微型营养评定(mini-nutritional assessment, MNA) 作为老年人的筛查工具。然而, 与 28 个条目的 MNA 相比, 只包含 6 个问题的微型营养评定简表(mini-nutritional assessment short-form, MNA-SF) 操作更为简便, 实用性更强, 完成时间也比 MNA 有大幅缩短。一项系统性综述总结了众多对 MNA-SF 有效性和可靠性的测试结果后, 认为 MNA-SF 是最适合社区老年人的筛查工具<sup>[36]</sup>。多项亚洲人群研究发现 MNA-SF 的敏感度为 81.8%~100%, 特异度为 74.0%~97.3%, 可以使用 MNA-SF 可以很好地预测亚洲老年人的肌肉减少症<sup>[37-39]</sup>。

食物的摄取和饮食模式对与肌肉减少症在老年人群的发病至关重要。老年人群存在固定饮食模式和饮食习惯的问题, 往往会导致营养摄入的不

均衡性, 并最终导致营养不良的发生。对生活在社区的老年人进行营养咨询和饮食指导, 可以在一定程度上扭转或延缓其营养问题, 包括蛋白质及其衍生物或多不饱和脂肪酸摄入量的增加、机体维生素 D 水平的提高, 而类似这种营养和生活方式的改善可以在很大程度上延缓老年人肌肉减少症的发生和进展<sup>[40-41]</sup>。(证据分级: A; 推荐等级: II a)

5.1.2 蛋白质摄取 蛋白质摄入量与老年人骨骼肌减少密切相关。患有肌肉减少症的老年人比没有患病的老年人摄入的蛋白质明显更少, 而增加膳食蛋白质摄入量可以缓解与衰老相关的肌肉质量和力量的损失。蛋白质来源对老年人的肌肉减少症患病风险有重要影响。食物中动植物来源蛋白质摄入比例也会影响老年人群肌肉减少症的发生<sup>[42]</sup>。研究发现, 植物来源蛋白质(如大豆和小麦) 摄入较多的老年人通常肌肉减少症患病率较低<sup>[43]</sup>, 通过摄入足够的蛋白质可以防止肌肉减少症的发展, 或者减缓其进展<sup>[44]</sup>。一项针对欧洲人群的研究发现, 当老年人植物来源蛋白质摄入比例升高时, 可以观察

到性别特异性肌肉减少症风险评分降低<sup>[45]</sup>。建议老年人的每日膳食蛋白质摄入量在 1.0~1.2 g/kg 之间,对于明确诊断为肌肉减少症患者建议每日膳食蛋白质摄入量在 1.2~1.5 g/kg。而对合并严重营养不良的肌肉减少症患者每日蛋白质则需要补充到 1.5 g/kg 以上,并均衡分配到一日三餐中。**(证据分级:A;推荐等级:I)**

5.1.3 亮氨酸和  $\beta$ -羟基  $\beta$ -甲基丁酸盐( $\beta$ -hydroxy  $\beta$ -methyl butyrate, HMB) 衰老的肌肉需要更多的氨基酸来最大限度地刺激肌肉蛋白质合成,以应对高氨基酸血症,这种现象被称为合成代谢抵抗。未能适当地刺激蛋白质的合成容易导致肌肉质量逐渐丧失,主要是 II 型肌肉纤维的丧失,这会影响到肌肉力量的产生和身体功能。一项回顾性研究表明,支链氨基酸(branched-chain amino acids, BCAAs)的摄入量与老年人握力之间存在显著关联,通过多种食物来源摄入 BCAAs 尤其是亮氨酸,有助于维持老年人的肌肉健康<sup>[46]</sup>。

HMB 是亮氨酸的代谢物,具有合成代谢特性,已在许多研究中被证实可以有效改善肌肉健康,特别是在有肌肉减少症风险的老年人群中,HMB 干预对四肢肌肉力量有促进作用<sup>[47]</sup>。在健康的老年人中,HMB 已被证明可以在延长卧床休息期间保持肌肉量,并在没有运动训练的情况下改善肌肉质量和力量<sup>[48]</sup>。不同性别人群对 HMB 和含有 HMB 的补充剂的反应不同。这可能与男性体内的雄激素水平有关。有研究表明,肌肉质量与雄激素状态的各种指标之间存在关系<sup>[49]</sup>。补充 HMB 可以改变安静状态下的激素浓度,如提高训练后生长激素和 IGF 的水平。同时,补充 HMB 和含有 HMB 成分的制剂有助于增加老年人群的肌肉力量,增加血液中促肾上腺皮质激素水平,减少机体蛋白质的分解代谢作用。对于运动量较少的老年人,HMB 能有效提高老年人的男性激素含量,激素的分解代谢明显减少,显著提高肌肉含量和力量水平<sup>[50]</sup>。单独服用 HMB 或含有 HMB 的补充剂显示出良好的安全性,与安慰剂或常规治疗组相比,不良事件的发生率没有显著增加。在临床应用中,更多的研究倾向于对受试者每日补充 1.5~3 g HMB,这在提高肌肉力量和优化身体康复治疗方面有显著效果<sup>[51]</sup>。**(证据分级:B;推荐强度:II a)**

5.1.4 维生素 D 维生素 D 是一种脂溶性维生素,可通过核受体充当激素。维生素 D 在体内的生

物合成可以在一定程度上防止肌肉出现萎缩,其主要作用机制包括:血浆  $\text{Ca}^{2+}$  稳态调节、抗氧化应激反应、线粒体功能调节等。研究发现,维生素 D 可通过稳定血液中钙、磷水平间接作用于骨骼肌,从而保持其正常的肌肉功能。此外,维生素 D 可影响成肌细胞增殖、分化,促进骨骼肌 II 型肌纤维数量增加及体积增大。维生素 D 缺乏与有关衰老相关的骨骼肌组织学改变有着密切关系,可加快肌肉细胞内蛋白质的降解,最终导致老年人的肌肉减少症。

英国肌肉骨骼老化研究中心的荟萃分析发现维生素 D<sub>3</sub> 联合阻力运动锻炼可叠加改善老年人的肌肉力量。日本一项随机对照试验中链甘油三酯与亮氨酸联合维生素 D 补充同样可以改善体弱老年人的肌肉力量和功能。此前,美国和加拿大的膳食参考摄入量规定了维生素 D 的适宜摄入量,但 2011 年改为估计平均需要量和推荐摄入量。根据国际肌肉减少症基金会的数据,预防老年女性跌倒和骨折需要每天摄入 20~25  $\mu\text{g}$  (800~1000 U) 的膳食维生素 D,可以有效地改善肌肉质量、握力和身体活动能力等<sup>[52-53]</sup>。因此,本指南对预防肌肉减少症维生素 D 的建议用量为:65 岁以下人群每天 15  $\mu\text{g}$  (600 U);65 岁及以上人群每天 20  $\mu\text{g}$  (800 U)<sup>[54]</sup>。而虽然现有的研究数据无法证明维生素 D 缺乏与肌肉减少症的发生发展存在明确的因果关系,但可以肯定的是,保持充足的维生素 D 水平可以降低老年肌肉减少症的发生率<sup>[55]</sup>。**(证据分级:B 级;推荐强度:II a)**

5.1.5  $\omega$ -3 多不饱和脂肪酸 老年人肌肉减少症与增龄导致的慢性炎症关系密切, $\omega$ -3 多不饱和脂肪酸( $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids,  $\omega$ -3 PUFAs)是一类具有抗炎及免疫调节功能的营养素,在参与生物膜构建、氧化供能、调节炎症水平及免疫应答反应、促进神经系统发育等多个方面发挥着生物学作用<sup>[56-57]</sup>。

多项人群研究均报道了单独补充二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)可以在一定程度上提高肌肉质量,以此减缓老年人肌肉减少症进程。借助对步速、握力、SPPB、TUG 的测试,部分研究发现补充  $\omega$ -3 PUFAs 对肌肉力量和功能有着明显的改善作用,但并非所有的研究都有显著性差异。另有研究表明,慢性炎症会导致骨骼肌衰老过程中的线粒体异常(如氧化应激增加),补充  $\omega$ -3 PUFAs 可

降低线粒体 ROS 产生,这将有助于线粒体功能的恢复,可在一定程度上延缓衰老带来的增龄性骨骼肌的流失,降低老年人肌肉减少症的发病率<sup>[58]</sup>。目前每日针对性补充  $\omega-3$  PUFAs 计量仍未形成统一标准,但大多数研究将以 EPA 和 DHA 为主的  $\omega-3$  PUFAs 的每日补充量限制在 1~3 g 之间,其中 EPA 的补充量一般等于或稍高于 DHA<sup>[59]</sup>,具体补充量及构成比例仍需进一步研究。(证据分级:B;推荐强度:II a)

5.2 运动-营养联合干预 一项运动和营养干预的随机对照试验表明,在使用 HMB 和维生素 D 联合口服营养补充 12 周,可以让老年患者的炎症标志物如 TNF- $\alpha$ 、IL-6、IGF-1 和肌肉减少症标志物如性激素结合球蛋白均有明显改善,并且干预组腿部力量和肌肉质量显著改善<sup>[60]</sup>。有氧运动和阻抗运动训练以及 5%亮氨酸补充的联合干预措施也可以有效维持骨骼肌蛋白质合成并减轻衰老过程中肌肉力量的损失<sup>[61]</sup>。

与单独进行肌肉强化运动或单纯补充蛋白质相比,补充蛋白质与肌肉强化运动相结合更有利于老年人的肌肉力量和质量,以及身体活动能力的增加,这将更有助于社区老年人预防肌肉减少症的发生<sup>[62]</sup>。与单纯运动( $P=0.007$ )或单纯补充蛋白质( $P<0.001$ )相比,运动+蛋白质补充组的骨骼肌质量增加显著更高<sup>[62]</sup>。对于因疾病入院的老年人,在入住医院进行康复治疗的肌肉减少症的老年人中,食用富含亮氨酸和维生素 D 的乳清蛋白营养配方可以改善身体表现和功能,提高肌肉质量<sup>[36]</sup>。(证据分级:B;推荐强度:II a)

#### 执笔人

李增宁(河北医科大学第一医院)

#### 共识专家组成员(以姓氏笔画为序)

王 卉(江苏省肿瘤医院)

车会莲(中国农业大学)

石汉平(首都医科大学附属北京世纪坛医院)

史琳娜(南方医科大学南方医院)

代雪梅(荆州市第一人民医院)

吕全军(郑州大学第一附属医院)

许淑芳(武汉市中心医院)

杜红珍(河北医科大学第一医院)

李 响(中国医学科学院阜外医院)

李 莉(新疆医科大学第一附属医院)

杨勤兵(清华大学附属北京清华长庚医院)

张 坚(中国疾病预防控制中心营养与健康所)

张 明(天津市第三中心医院)

张片红(浙江大学医学院附属第二医院)

陈 伟(北京协和医院)

陈洁文(上海交通大学医学院附属第九人民医院)

周 莉(苏州大学附属第一医院)

赵 冬(首都医科大学附属北京潞河医院)

饶志勇(四川大学华西医院)

施万英(中国医科大学附属第一医院)

骆 彬(河北医科大学第一医院)

夏 凯(中国食品发酵工业研究院)

徐仁应(上海交通大学医学院附属仁济医院)

章 秋(安徽医科大学第一附属医院)

葛 声(上海市第六人民医院)

谢雯霓(深圳市第三人民医院)

窦 攀(北京大学第一医院)

蔡 华(湖南省人民医院)

蔡秉洋(北京中医药大学东直门医院)

谭桂军(天津市第一中心医院)

熊竹娟(四川省肿瘤医院)

#### 参考文献

- CRUZ-JENTOFT A J, BAHAT G, BAUER J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis [J]. Age Ageing, 2019, 48(1): 16-31.
- FALCON L J, HARRIS-LOVE M O. Sarcopenia and the New ICD-10-CM code: screening, staging, and diagnosis considerations [J]. Fed Pract, 2017, 34(7): 24-32.
- KOSTEK M C, DELMONICO M J, REICHEL J B, et al. Muscle strength response to strength training is influenced by insulin-like growth factor 1 genotype in older adults [J]. J Appl Physiol (1985), 2005, 98(6): 2147-2154.
- VON HAEHLING S, MORLEY J E, ANKER S D. An overview of sarcopenia: facts and numbers on prevalence and clinical impact [J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2010, 1(2): 129-133.
- PETERMANN-ROCHA F, CHEN M, GRAY S R, et al. Factors associated with sarcopenia: a cross-sectional analysis using UK Biobank [J]. Maturitas, 2020, 133: 60-67.
- CHEN L K, 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.
- FIELDING R A, VELLAS B, EVANS W J, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia [J]. J Am Med Dir Assoc, 2011, 12(4): 249-256.
- KORTEBEIN P, FERRANDO A, LOMBEIDA J, et al. Effect of 10 days of bed rest on skeletal muscle in healthy older adults [J]. JAMA, 2007, 297(16): 1772-1774.
- KNOPS M, WERNER C G, SCHERBAKOV N, et al. Investigation of changes in body composition, metabolic profile and skeletal

- muscle functional capacity in ischemic stroke patients: the rationale and design of the Body Size in Stroke Study (BoSS) [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2013, 4(3): 199-207.
- [10] HOLLINGWORTH T W, OKE S M, PATEL H, et al. Getting to grips with sarcopenia: recent advances and practical management for the gastroenterologist [J]. *Frontline Gastroenterol*, 2021, 12(1): 53-61.
- [11] MCKEE A, MORLEY J E, MATSUMOTO A M, et al. Sarcopenia: an endocrine disorder? [J]. *Endocr Pract*, 2017, 23(9): 1140-1149.
- [12] PAN L, XIE W, FU X, et al. Inflammation and sarcopenia: a focus on circulating inflammatory cytokines [J]. *Exp Gerontol*, 2021, 154: 111544.
- [13] FERRI E, MARZETTI E, CALVANI R, et al. Role of age-related mitochondrial dysfunction in sarcopenia [J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(15).
- [14] GONZALEZ-BLANCO L, BERMUDEZ M, BERMEJO-MILLO J C, et al. Cell interactome in sarcopenia during aging [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(2): 919-931.
- [15] SONJAK V, JACOB K J, SPENDIFF S, et al. Reduced mitochondrial content, elevated reactive oxygen species, and modulation by denervation in skeletal muscle of prefrail or frail elderly women [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2019, 74(12): 1887-1895.
- [16] KRZYMINSKA-SIEMASZKO R, DESKUR - SMIELECKA E, KALUZNIAK-SZYMANOWSKA A, et al. Comparison of diagnostic performance of SARC - F and its two modified versions (SARC-CalF and SARC-F+EBM) in community-dwelling older adults from Poland [J]. *Clin Interv Aging*, 2020, 15: 583-594.
- [17] CHAN J, LU Y C, YAO M M, et al. Correlation between hand grip strength and regional muscle mass in older Asian adults: an observational study [J]. *BMC Geriatr*, 2022, 22(1): 206.
- [18] BALLESTEROS-POMAR M D, GAJETE-MARTIN L M, PINTOR-DE-LA-MAZA B, et al. Disease-related malnutrition and sarcopenia predict worse outcome in medical inpatients: a cohort study [J]. *Nutrients*, 2021, 13(9).
- [19] HU F J, LIU H, LIU X L, et al. Mid-upper arm circumference as an alternative screening instrument to appendicular skeletal muscle mass index for diagnosing sarcopenia [J]. *Clin Interv Aging*, 2021, 16: 1095-1104.
- [20] LANDI F, RUSSO A, LIPEROTI R, et al. Midarm muscle circumference, physical performance and mortality: results from the aging and longevity study in the Sirente geographic area (iLSIRENTE study) [J]. *Clin Nutr*, 2010, 29(4): 441-447.
- [21] MORRIS J N, FRIES B E, MEHR D R, et al. MDS cognitive performance scale [J]. *J Gerontol*, 1994, 49(4): M174-M182.
- [22] AKIN S, MUCUK S, OZTURK A, et al. Muscle function-dependent sarcopenia and cut-off values of possible predictors in community-dwelling Turkish elderly: calf circumference, midarm muscle circumference and walking speed [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2015, 69(10): 1087-1090.
- [23] XIANG Q, LI Y, XIA X, et al. Associations of geriatric nutrition risk index and other nutritional risk-related indexes with sarcopenia presence and their value in sarcopenia diagnosis [J]. *BMC Geriatr*, 2022, 22(1): 327.
- [24] WU S E, CHEN W L. Calf circumference refines sarcopenia in correlating with mortality risk [J]. *Age Ageing*, 2022, 51(2).
- [25] GONZALEZ M C, MEHRNEZHAD A, RAZAVIARAB N, et al. Calf circumference: cutoff values from the NHANES 1999-2006 [J]. *Am J Clin Nutr*, 2021, 113(6): 1679-1687.
- [26] TANAKA T, TAKAHASHI K, AKISHITA M, et al. "Yubi-wakka" (finger-ring) test: a practical self-screening method for sarcopenia, and a predictor of disability and mortality among Japanese community-dwelling older adults [J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2018, 18(2): 224-232.
- [27] GONZALEZ CORREA C H, MARULANDA MEJIA F, CASTANO GONZALEZ P A, et al. Bioelectrical impedance analysis and dual x-ray absorptiometry agreement for skeletal muscle mass index evaluation in sarcopenia diagnosis [J]. *Physiol Meas*, 2020, 41(6): 064005.
- [28] TSUKASAKI K, MATSUI Y, ARAI H, et al. Association of muscle strength and gait speed with cross-sectional muscle area determined by mid-thigh computed tomography - a comparison with skeletal muscle mass measured by dual-energy X-Ray absorptiometry [J]. *J Frailty Aging*, 2020, 9(2): 82-89.
- [29] LI C I, LIU C S, LIN C H, et al. Independent and joint associations of skeletal muscle mass and physical performance with all-cause mortality among older adults: a 12-year prospective cohort study [J]. *BMC Geriatr*, 2022, 22(1): 597.
- [30] PINHEIRO P A, CARNEIRO J A, COQUEIRO R S, et al. "Chair Stand Test" as simple tool for sarcopenia screening in elderly women [J]. *J Nutr Health Aging*, 2016, 20(1): 56-59.
- [31] ALCAZAR J, AAGAARD P, HADDOCK B, et al. Assessment of functional sit-to-stand muscle power: Cross-sectional trajectories across the lifespan [J]. *Exp Gerontol*, 2021, 152: 111448.
- [32] LEE S Y, CHOO P L, PANG B W J, et al. SPPB reference values and performance in assessing sarcopenia in community-dwelling Singaporeans - Yishun study [J]. *BMC Geriatr*, 2021, 21(1): 213.
- [33] PODSIADLO D, RICHARDSON S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons [J]. *J Am Geriatr Soc*, 1991, 39(2): 142-148.
- [34] CAWTHON P M. Assessment of lean mass and physical performance in sarcopenia [J]. *J Clin Densitom*, 2015, 18(4): 467-471.
- [35] SRI-ON J, FUSAKUL Y, KREDARUNSOOKSREE T, et al. The prevalence and risk factors of sarcopenia among Thai community-dwelling older adults as defined by the Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS-2019) criteria: a cross-sectional study [J]. *BMC Geriatr*, 2022, 22(1): 786.
- [36] RONDANELLI M, CEREDA E, KLERSY C, et al. Improving rehabilitation in sarcopenia: a randomized-controlled trial utilizing a muscle-targeted food for special medical purposes [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2020, 11(6): 1535-1547.
- [37] KUZUYA M, KANDA S, KOIKE T, et al. Evaluation of Mini-nutritional assessment for Japanese frail elderly [J]. *Nutrition*, 2005, 21(4): 498-503.
- [38] SUZANA S, JR., SITI SAIFA H. Validation of nutritional screening tools against anthropometric and functional assessments among elderly people in selangor [J]. *Malays J Nutr*, 2007, 13(1): 29-44.
- [39] TSAI A C, CHANG T L, WANG Y C, et al. Population-specific short-form mini nutritional assessment with body mass index or calf circumference can predict risk of malnutrition in community-living or institutionalized elderly people in taiwan [J]. *J Am Diet Assoc*, 2010, 110(9): 1328-1334.
- [40] CALVANI R, MICCHELI A, LANDI F, et al. Current nutritional recommendations and novel dietary strategies to manage sarcopenia [J]. *J Frailty Aging*, 2013, 2(1): 38-53.
- [41] CHEN L K, ARAI H, ASSANTACHAI P, et al. Roles of nutrition in muscle health of community-dwelling older adults: evidence-based expert consensus from Asian Working Group for Sarcopenia [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(3): 1653-1672.
- [42] JYVAKORPI S K, URTAMO A, KIVIMAKI M, et al. Macronutrient composition and sarcopenia in the oldest-old men: the Helsinki Businessmen Study (HBS) [J]. *Clin Nutr*, 2020, 39(12): 3839-3841.
- [43] COELHO-JUNIOR H J, CALVANI R, AZZOLINO D, et al. Protein intake and sarcopenia in older adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19

- (14): 8718.
- [44] LI C W, YU K, SHYH-CHANG N, et al. Sterol metabolism and protein metabolism are differentially correlated with sarcopenia in Asian Chinese men and women [J]. *Cell Prolif*, 2021, 54(4): e12989.
- [45] MONTIEL-ROJAS D, NILSSON A, SANTORO A, et al. Fighting sarcopenia in ageing european adults: the importance of the amount and source of aietary proteins [J]. *Nutrients*, 2020, 12(12): 3601.
- [46] PARK S, CHAE M, PARK H, et al. Higher branched-chain amino acid intake is associated with handgrip strength among korean older adults [J]. *Nutrients*, 2021, 13(5): 1522.
- [47] BEAR D E, LANGAN A, DIMIDI E, et al. beta-Hydroxy-beta-methylbutyrate and its impact on skeletal muscle mass and physical function in clinical practice: a systematic review and meta-analysis [J]. *Am J Clin Nutr*, 2019, 109(4): 1119-1132.
- [48] OKTAVIANA J, ZANKER J, VOGGRIN S, et al. The effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on sarcopenia and functional frailty in older persons: a systematic review [J]. *J Nutr Health Aging*, 2019, 23(2): 145-150.
- [49] WITTERT G A, CHAPMAN I M, HAREN M T, et al. Oral testosterone supplementation increases muscle and decreases fat mass in healthy elderly males with low-normal gonadal status [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2003, 58(7): 618-625.
- [50] ASADI A, ARAZI H, SUZUKI K. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate-free acid supplementation on strength, power and hormonal adaptations following resistance training [J]. *Nutrients*, 2017, 9(12).
- [51] LIN Z, ZHAO A, HE J. Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on the muscle strength in the elderly population: a meta-analysis [J]. *Front Nutr*, 2022, 9: 914866.
- [52] Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride. Washington (DC). 1997.
- [53] ABIRI B, VAFA M. Vitamin D and muscle sarcopenia in aging [J]. *Methods Mol Biol*, 2020, 2138: 29-47.
- [54] //ROSS A C, TAYLOR C L, YAKTINE A L, et al. Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. Washington (DC). 2011.
- [55] CEREDA E, PISATI R, RONDANELLI M, et al. Whey protein, leucine- and vitamin-D-enriched oral nutritional supplementation for the treatment of sarcopenia [J]. *Nutrients*, 2022, 14(7).
- [56] TROESCH B, EGGERSDORFER M, LAVIANO A, et al. Expert opinion on benefits of long-chain omega-3 fatty acids (DHA and EPA) in aging and clinical nutrition [J]. *Nutrients*, 2020, 12(9): 2555.
- [57] CALDER P C, YAQOOB P. Understanding omega-3 polyunsaturated fatty acids [J]. *Postgrad Med*, 2009, 121(6): 148-157.
- [58] ZHUANG Z Q, SHEN L L, LI W W, et al. Gut microbiota is altered in patients with alzheimer's disease [J]. *J Alzheimers Dis*, 2018, 63(4): 1337-1346.
- [59] CORNISH S M, CORDINGLEY D M, SHAW K A, 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.
- [60] PEREIRA S L, SHOEMAKER M E, GAWEL S, et al. Biomarker changes in response to a 12-week supplementation of an oral nutritional supplement enriched with protein, vitamin D and HMB in malnourished community dwelling older adults with sarcopenia [J]. *Nutrients*, 2022, 14(6).
- [61] XIA Z, CHOLEWA J M, ZHAO Y, et al. A potential strategy for counteracting age-related sarcopenia: preliminary evidence of combined exercise training and leucine supplementation [J]. *Food Funct*, 2017, 8(12): 4528-4538.
- [62] MORI H, TOKUDA Y. Effect of whey protein supplementation after resistance exercise on the muscle mass and physical function of healthy older women: a randomized controlled trial [J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2018, 18(9): 1398-1404.

收稿日期: 2023-09-20  
本文编辑: 王晓琳