

## 危重症患者肌少症的研究进展

李欣<sup>1</sup> 沈悦好<sup>1</sup> 庄淑梅<sup>2</sup> 王丹华<sup>1</sup> 刘海迎<sup>1</sup> 黄冬雪<sup>1</sup>

<sup>1</sup>天津医科大学总医院重症医学科,天津 300052; <sup>2</sup>天津医科大学护理学院,天津 300070

通信作者:沈悦好,Email:yuehaoshen@163.com

**【摘要】** 随着老龄化的加剧,肌少症已经成为全球范围内严峻的公共卫生问题。目前国内外对肌少症的研究焦点多集中在普通老年人群中。然而,肌少症在危重症患者中的发生率更高,严重威胁患者的健康结局,但尚未引起医护人员的重视。现通过对危重症患者肌少症的定义、流行病学、预后、发病机制、评估和诊断、治疗和管理等方面的新进展进行综述,以提高重症医护人员对危重症患者肌少症的认识,为早期识别及规范管理危重症患者的肌少症提供参考。

**【关键词】** 肌少症; 危重症; 综述

**基金项目:**天津市教委科研计划项目(2022SK210)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2023.04.023

### Research progress of sarcopenia in critically ill patients

Li Xin<sup>1</sup>, Shen Yuehao<sup>1</sup>, Zhuang Shumei<sup>2</sup>, Wang Danhua<sup>1</sup>, Liu Haiying<sup>1</sup>, Huang Dongxue<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Intensive Care Unit, Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin 300052, China; <sup>2</sup>School of Nursing, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China

Corresponding author: Shen Yuehao, Email: yuehaoshen@163.com

**【Abstract】** With the intensifying population aging, sarcopenia has become a serious public health problem worldwide. At present, the focus of research on sarcopenia is mostly concentrated in the non-critical elderly at home and abroad. However, studies have shown that the incidence of sarcopenia is higher in critically ill patients, which seriously threatens the health outcome of patients, and has not attracted the attention of domestic medical staff. This paper reviewed the definition, epidemiology, prognosis, pathogenesis, evaluation and diagnosis, treatment and management of critically ill patients with sarcopenia, in order to improve new knowledge of intensive care unit doctors and nurses on critically ill patients with sarcopenia, and to provide reference for its early identification and standardized management.

**【Key words】** Sarcopenia; Critical illness; Review

**Fund program:** Scientific Research Project of Tianjin Municipal Education Commission (2022SK210)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2023.04.023

肌少症是指与增龄相关的骨骼肌质量和肌肉力量或躯体功能下降<sup>[1]</sup>。随着老龄化的逐年加剧,肌少症已经成为我国乃至世界范围内的严重公共卫生问题。研究显示,全世界目前约有 5 000 万人罹患肌少症,预计 30 年后,这一数字将增加至 5 亿<sup>[2]</sup>。目前,国内外对肌少症的关注主要集中在老年人群中。然而,肌少症可能存在于不同的临床环境中,包括危重疾病。近年来,国外的研究开始关注危重症患者。有研究表明,肌少症在危重症患者中的发生率更高<sup>[3]</sup>。至关重要的是,肌少症会对危重症患者的预后产生负面影响<sup>[4-5]</sup>。此外,肌少症还会对危重症幸存者造成远期不良后果,导致患者的功能残疾<sup>[6]</sup>。基于此,现就肌少症的定义、危重症患者肌少症的特点、发病机制、评估和诊断以及治疗与管理进行综述,以期提高国内重症监护病房(intensive care unit, ICU)医护人员对危重症患者肌少症的认识,进而为危重症患者肌少症的早期识别及干预提供参考。

### 1 肌少症的定义

肌少症,又称肌肉减少症、肌肉衰减综合征、少肌症,最早于 1989 年,由 Irwin Rosenberg 提出<sup>[7]</sup>。欧洲老年人肌少症工作组(European Working Group on Sarcopenia in Older People, EWGSOP)于 2010 年最先发布了老年人肌少症共识,该共识将肌少症定义为一种与增龄相关的肌肉量减少、肌

肉力量下降和(或)躯体功能减退的老年综合征<sup>[8]</sup>。随后,各国际组织及机构陆续发表了肌少症的共识及指南。2016 年,肌少症被纳入国际疾病分类 ICD-10 疾病编码(M62.84)中,被正式确认为一种疾病<sup>[9]</sup>。近年来,EWGSOP 及亚洲肌少症工作组(Asian Working Group for Sarcopenia, AWGS)总结最新的研究成果,发布了更新的 EWGSOP 2、AWGS 2019 共识<sup>[10-11]</sup>。我国也发布了《中国老年人肌少症诊疗专家共识(2021)》<sup>[1]</sup>和《老年人肌少症防控干预中国专家共识(2023)》<sup>[2]</sup>,以应对我国肌少症防治的严峻形势。

### 2 危重症患者肌少症的特点

**2.1 危重症患者的骨骼肌特征:**骨骼肌是人体最大的器官,是瘦体质量的主要组成部分,在调节体内平衡、新陈代谢和身体功能等方面起着重要的作用<sup>[12]</sup>。骨骼肌是一个适应性很强的器官,患者入住 ICU 后,由于卧床、制动和废用,肌肉蛋白分解迅速增加,出现严重的骨骼肌萎缩<sup>[13-14]</sup>。有研究证据表明,在治疗期间发生急性肌肉萎缩的患者,出现治疗相关并发症的风险更高,需要恢复的时间更长,总的生存率更低<sup>[4]</sup>。一项系统评价显示,危重症患者有早期和明显的肌肉萎缩,在危重症的第 1 周,患者每天失去约 2% 的肌肉质量,并且在 ICU 住院期间肌肉质量减少,逐渐丧失肌肉功能<sup>[15]</sup>。对严重脓毒症和脓毒症患者,研究显示,在 ICU 住院期间接

受机械通气的患者腹直肌横截面积降低了 17.25%，非机械通气患者降低了 10.76% ( $P=0.001$ )<sup>[16]</sup>。在第 7 d 失去超过 10% 股四头肌厚度的患者继续使用机械通气的可能性更高 [ 风险比 (hazard ratio, HR) = 2.1, 95% 可信区间 (95% confidence interval, 95%CI) 为 1.1 ~ 3.8,  $P=0.017$  ]<sup>[17]</sup>。此外, 一项研究表明, 在危重疾病的第 1 周, 股四头肌厚度每减少 1%, 60 d 病死率增加 5% [ 校正优势比 (odds ratio, OR) = 0.95, 95%CI 为 0.90 ~ 0.99,  $P=0.023$  ]<sup>[18]</sup>。在 ICU 的第 1 周, 股直肌横截面积损失超过 10% 与 ICU 住院时间 ( $P=0.038$ )、住院时间 ( $P=0.014$ ) 和机械通气时间 ( $P=0.05$ ) 均相关<sup>[19]</sup>。

**2.2 危重症患者肌少症的发生率:** 一项系统评价显示, 全球范围内老年人肌少症的发生率为 10% ~ 27%<sup>[20]</sup>。随着老龄化人口的增加, ICU 住院患者数每年都在增加, 这些患者可能因急性疾病 (如脓毒症、创伤或手术等) 或慢性疾病 (如呼吸衰竭、心力衰竭、肾衰竭或癌症等) 被收入 ICU。由于没有可以在床旁进行的检测方法, 因此, 较难估计危重症患者肌少症的实际发生率。一项纳入 3 582 例进行机械通气的 ICU 患者的系统评价显示, 肌少症的发生率为 22% ~ 71.1%, 合并发生率为 43.0%<sup>[3]</sup>。另外一项纳入了 1 563 例有不同诊断的危重患者, 采用 CT 诊断的方法发现肌少症的发生率为 50.9%<sup>[21]</sup>。

**2.3 肌少症对危重症患者预后的影响:** 近年来, 肌少症已被证明是影响危重症患者的预后因素。研究显示, 危重症患者肌少症是病死率增加、呼吸机撤机困难和 ICU 住院时间及总住院时间延长的有效预测指标<sup>[22]</sup>。一项纳入 2 396 例脓毒症患者的系统评价表明, 与无肌少症的患者比较, 肌少症患者早期 (1 个月) 的死亡风险显著增加 [ 相对危险度 (relative risk, RR) = 2.14, 95%CI 为 1.60 ~ 2.87,  $P<0.001$  ], 且肌少症与 3 ~ 6 个月 ( $RR=2.13$ , 95%CI 为 1.58 ~ 2.89,  $P<0.001$ ) 和 1 年 ( $RR=1.57$ , 95%CI 为 1.09 ~ 2.24,  $P=0.01$ ) 的死亡风险增加有关<sup>[5]</sup>。Yanagi 等<sup>[23]</sup>的研究也得出类似的结果。此外, 一项回顾性队列研究表明, 肌少症是危重症手术患者呼吸机撤机困难的有效预测指标<sup>[24]</sup>。对 ICU 机械通气患者的研究结果表明, 肌少症会导致患者机械通气持续时间 [ 均数差 (mean difference, MD) = 0.12, 95%CI 为 0.05 ~ 0.19 ]、ICU 住院时间 ( $MD=5.69$ , 95%CI 为 4.73 ~ 6.64) 和总住院时间 ( $MD=1.35$ , 95%CI 为 1.08 ~ 1.61) 延长<sup>[3]</sup>。一项对脓毒症患者的前瞻性队列研究显示, 患者表现出急性和持续性肌肉萎缩, 肌少症组的急性生理紊乱更大, 多器官衰竭发生率更高, 且患者在出院后 3 个月仍存在持续性的肌肉萎缩<sup>[25]</sup>。

对 ICU 幸存者的远期预后来说, 由于骨骼肌肌肉量减少, 肌力减弱, 肌肉功能减退等原因, 会使患者运动和日常生活能力受损, 严重影响患者出院后的生活质量, 进而使其丧失独立性, 最终导致死亡<sup>[25-26]</sup>。

### 3 危重症患者肌少症的发病机制

目前肌少症的发病机制尚未完全明确, 骨骼肌神经支配和毛细血管密度降低以及 II 型肌纤维选择性萎缩是肌少症发生的可能机制<sup>[27]</sup>。EWGSOP 2 制定的标准中将肌少症

分为原发性和继发性两类, 原发性肌少症主要与增龄有关; 而继发性肌少症主要由其他明显的致病原因导致, 可继发于全身疾病, 特别是器官衰竭或肿瘤等可能引发炎症过程的疾病。也有研究显示, 由于长时间卧床、制动导致的机体活动减少以及能量、蛋白质摄入不足也会导致肌少症的发生<sup>[1, 10]</sup>。目前的研究表明, 危重症患者肌少症的主要发病机制为: ① 全身炎症: 炎症因素可直接导致危重症患者的肌肉力量和肌肉质量下降。在慢性疾病或急性手术中, 一些炎症细胞因子如肿瘤坏死因子- $\alpha$  (tumor necrosis factor- $\alpha$ , TNF- $\alpha$ )、C-反应蛋白 (C-reactive protein, CRP)、白细胞介素-6 (interleukin-6, IL-6) 等显著升高, 导致肌肉质量损失; ② 激素水平改变: 性激素、生长激素、胰岛素、胰岛素样生长因子-1、血管紧张素 II 等激素水平的失衡也会导致肌肉萎缩; ③ 活动减少: 部分慢性疾病或急性手术患者可能需要长期卧床休息, 食欲不振, 这可能会减少主动和被动锻炼, 刺激蛋白质分解, 减少蛋白质合成, 最终导致肌少症的发生<sup>[3, 22, 28]</sup>。

### 4 危重症患者肌少症的评估和诊断

AWGS 在 2019 年的指南中指出, 老年人肌少症的诊断须同时满足肌肉质量减少、肌肉力量下降和 (或) 躯体功能减退<sup>[11]</sup>。测量肌肉质量最常用的方法为双能 X 线吸收法 (dual energy X-ray absorptiometry, DXA)、生物电阻抗分析 (bioelectrical impedance analysis, BIA), 此外也可使用计算机断层扫描 (computed tomography, CT)、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 等<sup>[29]</sup>; 肌肉力量可用握力计测量; 躯体功能的测量包括 6 m 步速、简易体能状况量表、5 次起坐试验等<sup>[2, 11]</sup>。然而, 目前在危重症患者中肌肉质量的测量方法尚未统一, 且难以测量患者的肌肉力量和躯体功能。因此, 尚无危重症患者肌少症评估和诊断的“金标准”, 基于肌肉质量定义的肌少症是目前常用的诊断方法。

**4.1 CT:** 目前基于 CT 测量肌肉质量的方法在危重症患者 (特别是外科手术及创伤患者) 肌少症识别中的应用越来越普遍<sup>[4]</sup>。CT 可以评估肌肉组织、脂肪组织以及肌肉中的脂肪渗透, 是测量骨骼肌质量最为准确的方法<sup>[30]</sup>。一项系统评价结果显示, CT 测量方法最常评估的肌肉或肌肉群是整个腹壁肌肉组织, 最常用的定位标志是第三腰椎 (L3 椎体), 最常用的腹壁肌肉测量指标为骨骼肌指数 (skeletal muscle index, SMI), 其中肌少症的诊断界值在不同研究中也不尽相同: 在男性中, 诊断界值分别为 43、53 和 55  $\text{cm}^2/\text{m}^2$ ; 在女性中, 诊断界值分别为 39  $\text{cm}^2/\text{m}^2$  和 41  $\text{cm}^2/\text{m}^2$ <sup>[31]</sup>。由此可见, 在危重症患者中, 使用 CT 定义肌少症的诊断界值尚未达成共识, 仍需要进一步的研究来证明可用于临床实践的肌少症的诊断标准。此外, CT 检查费用昂贵, 不能在床旁进行, 且 CT 扫描产生的辐射对人体有害, 不适用于针对性肌肉质量的测量, 在危重症患者中的使用存在一定局限性。

**4.2 超声:** 目前, 床旁超声有望成为 ICU 直接测量患者肌肉质量最有前途的工具<sup>[32]</sup>。EWGSOP 2 制定的标准中指出, 超声是评估骨骼肌质量的潜在有用方法<sup>[10]</sup>。超声可以实现

危重症患者肌少症的床旁评估,重复性好,安全、无创、无辐射,可以动态测量身体各个部位的肌肉质量<sup>[33]</sup>。研究显示,最常使用超声测量的肌肉群是股四头肌,此外也包括肱二头肌、胫骨前肌、桡侧腕屈肌和腰大肌等,最常采用的解剖标志是髌前上棘和髌骨上缘之间的大腿中点或远端 2/3 距离处,测量的指标包括肌肉厚度、横截面积、回声强度、羽状肌角度等,其中肌肉厚度和(或)横截面积是最常用的指标<sup>[12]</sup>。最近的系统评价显示,超声与其他成像方式相比,在肌肉质量测定上具有较强的一致性和有效性<sup>[34]</sup>。此外,最近发布的骨骼肌超声最佳技术共识为临床实践提供了参考<sup>[35]</sup>。然而,超声在临床应用中仍存在一定的局限性,其测量结果的准确性受到探头类型、测量部位、操作者技术和熟练程度以及患者状况等因素影响,且目前超声诊断肌少症的临界值尚未统一,仍需要进行进一步研究以确定标准化的超声诊断方法<sup>[12,33]</sup>。

**4.3 BIA:** BIA 起始于 20 世纪 80 年代,是目前临床上最常用的骨骼肌质量测定方法。BIA 是利用全身不同成分导电性不同的特点,使用人体成分分析仪,测量人体肌肉、脂肪、水分、无机盐等成分,设备相对便宜,携带方便,可床旁使用,且测量方法简单、快速、无创,适用于社区和医院老年人肌少症的筛查和诊断<sup>[2]</sup>。基于此特点,该技术有望成为危重症患者肌肉质量测量的标志物。然而,在 ICU 中,患者往往存在水合状态的改变(如严重脱水、水肿、腹水、胸腔积液、电解质浓度改变等),且难以准确测量其身高、体质量等参数,这些因素均会影响 BIA 测量结果的准确性<sup>[36]</sup>。此外,尚缺乏 ICU 患者肌肉质量减少的正常参考值及临界值。因此,仍需进一步研究,以评估 BIA 在危重症患者中使用的可靠性,并探索危重症患者 BIA 诊断肌少症的界值。

### 5 危重症患者肌少症的治疗和管理

在危重症患者中,肌少症与多种不良结局有关,但是目前尚无标准、系统的治疗和管理方案。一些已发表的研究显示,基于营养、运动以及神经肌肉电刺激等的干预措施可以预防危重症患者肌少症的发生并改善其病情严重程度。

**5.1 营养支持:** 营养不良在肌少症的发病中起着重要作用,ICU 收治的老年和危重患者中 50% 以上存在营养不良,因此营养支持对危重症患者肌少症的预防和治疗具有重要意义<sup>[37]</sup>。研究表明,蛋白质、必需氨基酸、 $\beta$ -羟基  $\beta$ -丁酸甲酯、维生素 D、钙、抗氧化剂和  $\omega$ -3 脂肪酸对骨骼肌健康很重要<sup>[38]</sup>。蛋白质提供肌肉合成所需的氨基酸,蛋白质支持,特别是富含亮氨酸的蛋白质,可以刺激肌肉中的蛋白质合成。在 ICU 住院老年和危重患者中,热量和蛋白质的摄入量应分别为  $104.6 \sim 146.4 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  和  $1.2 \sim 1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ <sup>[39]</sup>。近年来,人们越来越强调维生素 D 的重要性,维生素 D 可以刺激骨骼肌纤维的增殖和分化,维持和改善肌肉力量及体能,可以预防肌少症以及改善肌少症的临床结局<sup>[38]</sup>。研究表明,血清维生素 D 水平应保持在  $40 \mu\text{g/L}$ ,至少使用  $800 \text{ U/d}$ <sup>[40]</sup>。尽管如此,营养支持在危重患者肌少症中的作用尚未得到充分描述,有必要开展进一步的研究以提供更多证据。

**5.2 运动干预:** 肌少症在早期是一种可逆的疾病,对于危重症患者,尽早运动和锻炼至关重要。运动尤其是抗阻运动,可以提高胰岛素的敏感性,减少炎症和氧化应激,促进 II 型肌纤维增加,是减缓肌肉质量和肌肉力量衰退的有效措施<sup>[41]</sup>。有证据表明,以运动为基础的干预措施,可以防止肌肉萎缩,并会对危重疾病患者恢复过程中的情绪、生活质量和活动能力产生积极影响<sup>[42-43]</sup>。然而也有研究得出矛盾的结果。此外,不同研究中运动干预的方案以及评价指标各不相同,因此,仍需要进一步研究来确定运动干预在危重症患者中的有效性。

**5.3 神经肌肉电刺激 (neuromuscular electrical stimulation, NMES):** NMES 是应用低频电流刺激运动神经使肌肉收缩,以改善骨骼肌萎缩,提高肌肉功能。由于 NMES 无须患者的主观配合,可以在床旁进行,因此对于部分无法进行运动干预的危重症患者, NMES 已成为一种替代治疗方法<sup>[43-44]</sup>。Dirks 等<sup>[45]</sup>在对重症患者的研究中观察到, NMES 治疗能更好地保存股四头肌肌纤维横截面积,有效防止肌肉萎缩。Fischer 等<sup>[46]</sup>发现,接受 NMES 治疗的危重患者股四头肌力量的改善速度更快。程洁等<sup>[47]</sup>的系统评价显示,下肢部位 NMES 可有效改善 ICU 机械通气患者的呼吸肌力量,缩短机械通气时间,改善运动功能状态。然而,关于启动 NMES 治疗的最佳时机、治疗频率以及在 ICU 住院期间和住院后的持续,需要建立标准化的治疗方案。最近一项系统评价结果显示, NMES 和基于运动的干预可能有助于保持危重症患者的肌肉质量和功能,不过仍需要更大规模、高质量的随机对照试验来评估不同干预措施对肌少症的影响,并且需要对危重症患者肌少症的结果进行标准化测量<sup>[43]</sup>。

## 6 总结

危重症患者肌少症的发生率高,预后差,其防治面临严峻挑战。且目前危重症患者肌少症的发病机制尚未完全清楚,仍缺乏统一的评估方法和诊断标准,其标准化的预防和治疗措施仍在探索阶段。因此,今后需要开展更多大样本、高质量的研究,以明确危重症患者肌少症的发病机制、评估工具、诊断标准、干预措施等,从而提高临床医护人员对肌少症的认识,预防和改善危重症患者肌少症的发生发展,促进患者康复,提高其生活质量,以更好地实现“健康中国 2030”的战略目标。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参考文献

- [1] 刘娟,丁清清,周白瑜,等. 中国老年人肌少症诊疗专家共识(2021)[J]. 中华老年医学杂志, 2021, 40 (8): 943-952. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2021.08.001.
- [2] 崔华,王朝晖,吴剑卿,等. 老年人肌少症防控干预中国专家共识(2023)[J]. 中华老年医学杂志, 2023, 42 (2): 144-153. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2023.02.002.
- [3] Jiang TT, Lin TP, Shu XY, et al. Prevalence and prognostic value of preexisting sarcopenia in patients with mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis [J]. Crit Care, 2022, 26 (1): 140. DOI: 10.1186/s13054-022-04015-y.
- [4] Zhang XM, Chen DH, Xie XH, et al. Sarcopenia as a predictor of mortality among the critically ill in an intensive care unit: a systematic review and meta-analysis [J]. BMC Geriatr, 2021, 21 (1): 339. DOI: 10.1186/s12877-021-02276-w.

- [5] Liu W, Hu CH, Zhao SP. Sarcopenia and mortality risk of patients with sepsis: a meta-analysis [J]. *Int J Clin Pract*, 2022, 2022: 4974410. DOI: 10.1155/2022/4974410.
- [6] Patsaki I, Gerovasilis V, Sidiras G, et al. Effect of neuromuscular stimulation and individualized rehabilitation on muscle strength in intensive care unit survivors: a randomized trial [J]. *J Crit Care*, 2017, 40: 76–82. DOI: 10.1016/j.jccr.2017.03.014.
- [7] Anon. Epidemiologic and methodologic problems in determining nutritional status of older persons. Proceedings of a conference. Albuquerque, New Mexico, October 19–21, 1988 [J]. *Am J Clin Nutr*, 1989, 50 (5 Suppl): 1121–1235.
- [8] Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on sarcopenia in older people [J]. *Age Ageing*, 2010, 39 (4): 412–423. DOI: 10.1093/ageing/afq034.
- [9] Anker SD, Morley JE, von Haehling S. Welcome to the ICD–10 code for sarcopenia [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2016, 7 (5): 512–514. DOI: 10.1002/jcsm.12147.
- [10] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis [J]. *Age Ageing*, 2019, 48 (4): 601. DOI: 10.1093/ageing/afz046.
- [11] 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.e2. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.12.012.
- [12] Casey P, Alasmar M, McLaughlin J, et al. The current use of ultrasound to measure skeletal muscle and its ability to predict clinical outcomes: a systematic review [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13 (5): 2298–2309. DOI: 10.1002/jcsm.13041.
- [13] Hrdy O, Vrbica K, Kovar M, et al. Incidence of muscle wasting in the critically ill: a prospective observational cohort study [J]. *Sci Rep*, 2023, 13 (1): 742. DOI: 10.1038/s41598–023–28071–8.
- [14] 张宏, 侯维维, 李韦韦, 等. 中西医结合干预 ICU 获得性衰弱研究进展 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2021, 28 (6): 751–754. DOI: 10.3969/j.issn.1008–9691.2021.06.026.
- [15] Fazzini B, Märkl T, Costas C, et al. The rate and assessment of muscle wasting during critical illness: a systematic review and meta-analysis [J]. *Crit Care*, 2023, 27 (1): 2. DOI: 10.1186/s13054–022–04253–0.
- [16] Borges RC, Barbeiro HV, Barbeiro DF, et al. Muscle degradation, vitamin D and systemic inflammation in hospitalized septic patients [J]. *J Crit Care*, 2020, 56: 125–131. DOI: 10.1016/j.jccr.2019.12.017.
- [17] Toledo DO, Freitas BJ, Dib R, et al. Peripheral muscular ultrasound as outcome assessment tool in critically ill patients on mechanical ventilation: an observational cohort study [J]. *Clin Nutr ESPEN*, 2021, 43: 408–414. DOI: 10.1016/j.clnesp.2021.03.015.
- [18] Lee ZY, Ong SP, Ng CC, et al. Association between ultrasound quadriceps muscle status with premorbid functional status and 60-day mortality in mechanically ventilated critically ill patient: a single-center prospective observational study [J]. *Clin Nutr*, 2021, 40 (3): 1338–1347. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.08.022.
- [19] Kemp PR, Paul R, Hinken AC, et al. Metabolic profiling shows pre-existing mitochondrial dysfunction contributes to muscle loss in a model of ICU-acquired weakness [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2020, 11 (5): 1321–1335. DOI: 10.1002/jcsm.12597.
- [20] 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.
- [21] Meyer HJ, Wienke A, Surov A. Computed tomography-defined low skeletal muscle mass as a prognostic marker for short-term mortality in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Nutrition*, 2021, 91–92: 111417. DOI: 10.1016/j.nut.2021.111417.
- [22] Akan B. Influence of sarcopenia focused on critically ill patients [J]. *Acute Crit Care*, 2021, 36 (1): 15–21. DOI: 10.4266/acc.2020.00745.
- [23] Yanagi N, Koike T, Kamiya K, et al. Assessment of sarcopenia in the intensive care unit and 1-year mortality in survivors of critical illness [J]. *Nutrients*, 2021, 13 (8): 2726. DOI: 10.3390/nu13082726.
- [24] Kou HW, Yeh CH, Tsai HI, et al. Sarcopenia is an effective predictor of difficult-to-wean and mortality among critically ill surgical patients [J]. *PLoS One*, 2019, 14 (8): e0220699. DOI: 10.1371/journal.pone.0220699.
- [25] Cox MC, Booth M, Ghita G, et al. The impact of sarcopenia and acute muscle mass loss on long-term outcomes in critically ill patients with intra-abdominal sepsis [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2021, 12 (5): 1203–1213. DOI: 10.1002/jcsm.12752.
- [26] Xia L, Zhao R, Wan QY, et al. Sarcopenia and adverse health-related outcomes: an umbrella review of meta-analyses of observational studies [J]. *Cancer Med*, 2020, 9 (21): 7964–7978. DOI: 10.1002/cam4.3428.
- [27] 杨明, 游利. 肌少症发病机制 [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2018, 11 (4): 408–414. DOI: 10.3969/j.issn.1674–2591.2018.04.014.
- [28] 杨玲, 杜娟, 刘荣雁, 等. 肌肉减少症病因学研究现状与展望 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2020, 26 (11): 1689–1693. DOI: 10.3969/j.issn.1006–7108.2020.11.024.
- [29] 侯建存, 高伟, 张雅敏, 等. 《肝移植患者肌肉减少症北美专家共识(2019 版)》解读 [J/CD]. *实用器官移植电子杂志*, 2021, 9 (4): 267–270. DOI: 10.3969/j.issn.2095–5332.2021.04.003.
- [30] Tolonen A, Pakarinen T, Sassi A, et al. Methodology, clinical applications, and future directions of body composition analysis using computed tomography (CT) images: a review [J]. *Eur J Radiol*, 2021, 145: 109943. DOI: 10.1016/j.ejrad.2021.109943.
- [31] Amini B, Boyle SP, Boutin RD, et al. Approaches to assessment of muscle mass and myosteatosis on computed tomography: a systematic review [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2019, 74 (10): 1671–1678. DOI: 10.1093/gerona/glz034.
- [32] 陈先俊, 李均凤, 李书文, 等. 2013–2022 年重症超声领域研究进展——基于知识可视化分析 [J]. *实用检验医师杂志*, 2022, 14 (2): 168–173. DOI: 10.3969/j.issn.1674–7151.2022.02.015.
- [33] 唐欢, 李娟, 余欢, 等. 肌少症患者肌肉质量测评工具的研究进展 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2023, 29 (1): 129–133. DOI: 10.3969/j.issn.1006–7108.2023.01.025.
- [34] Price KL, Earthman CP. Update on body composition tools in clinical settings: computed tomography, ultrasound, and bioimpedance applications for assessment and monitoring [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2019, 73 (2): 187–193. DOI: 10.1038/s41430–018–0360–2.
- [35] Perkisas S, Bastijns S, Sanchez-Rodriguez D, et al. Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: 2020 SARCUS update: reply to the letter to the editor: SARCUS working group on behalf of the Sarcopenia Special Interest Group of the European Geriatric Medicine Society [J]. *Eur Geriatr Med*, 2021, 12 (2): 427–428. DOI: 10.1007/s41999–021–00462–y.
- [36] Moonen HPFX, Van Zanten ARH. Bioelectric impedance analysis for body composition measurement and other potential clinical applications in critical illness [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2021, 27 (4): 344–353. DOI: 10.1097/mcc.0000000000000840.
- [37] Robinson SM, Reginster JY, Rizzoli R, et al. Does nutrition play a role in the prevention and management of sarcopenia? [J]. *Clin Nutr*, 2018, 37 (4): 1121–1132. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.08.016.
- [38] Cruz-Jentoft AJ, Dawson Hughes B, Scott D, et al. Nutritional strategies for maintaining muscle mass and strength from middle age to later life: a narrative review [J]. *Maturitas*, 2020, 132: 57–64. DOI: 10.1016/j.maturitas.2019.11.007.
- [39] Gropper S, Hunt D, Chapa DW. Sarcopenia and psychosocial variables in patients in intensive care units: the role of nutrition and rehabilitation in prevention and treatment [J]. *Crit Care Nurs Clin North Am*, 2019, 31 (4): 489–499. DOI: 10.1016/j.cnc.2019.07.004.
- [40] Remelli F, Vitali A, Zurlo A, et al. Vitamin D deficiency and sarcopenia in older persons [J]. *Nutrients*, 2019, 11 (12): 2861. DOI: 10.3390/nu11122861.
- [41] 黄瑛, 常晶, 王晓娟. 抗阻运动对肌少症的改善效应 [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2022, 15 (2): 206–210. DOI: 10.3969/j.issn.1674–2591.2022.02.012.
- [42] Hodgson CL, Capell E, Tipping CJ. Early mobilization of patients in intensive care: organization, communication and safety factors that influence translation into clinical practice [J]. *Crit Care*, 2018, 22 (1): 77. DOI: 10.1186/s13054–018–1998–9.
- [43] Trethewey SP, Brown N, Gao F, et al. Interventions for the management and prevention of sarcopenia in the critically ill: a systematic review [J]. *J Crit Care*, 2019, 50: 287–295. DOI: 10.1016/j.jccr.2019.01.008.
- [44] 刘丹丹, 谭玲玲, 杨茗. 急性肌少症的研究进展 [J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2023, 22 (1): 71–75. DOI: 10.11915/j.issn.1671–5403.2023.01.014.
- [45] Dirks ML, Hansen D, Van Assche A, et al. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle wasting in critically ill comatose patients [J]. *Clin Sci (Lond)*, 2015, 128 (6): 357–365. DOI: 10.1042/cs20140447.
- [46] Fischer A, Spiegl M, Altmann K, et al. Muscle mass, strength and functional outcomes in critically ill patients after cardiothoracic surgery: does neuromuscular electrical stimulation help? The catstim 2 randomized controlled trial [J]. *Crit Care*, 2016, 20: 30. DOI: 10.1186/s13054–016–1199–3.
- [47] 程洁, 孔佳佳, 王瑞, 等. 下肢部位神经肌肉电刺激对 ICU 机械通气患者影响的 Meta 分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2021, 33 (10): 1243–1248. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430–20210628–00962.