

# 老年肌少症患者平衡功能障碍的研究进展

张婷<sup>1</sup>, 项洁<sup>2</sup>

【关键词】 肌少症;平衡功能;评估

【中图分类号】 R49;R592 【DOI】 10.3870/zgkf.2023.09.013

跌倒可导致老年人身体机能迅速下降。老年人跌倒风险因素包括既往跌倒史、特定药物使用、尿失禁、认知障碍、视力障碍、步态缺陷和平衡障碍等<sup>[1]</sup>。姿势和运动是由中枢神经系统控制下的肌肉骨骼结构产生,在控制平衡的过程中,肌肉是将身体各部分移动到适当位置的唯一动力来源。肌肉减少症(简称肌少症)作为一种涉及肌肉系统病理改变的老年综合征,是引起老年人跌倒的一个内在因素。本文关注肌少症相关平衡障碍的评估、表现和治疗,以期预防潜在的少肌型跌倒。

## 1 老年肌少症的概念

如同骨密度随增龄的变化,肌肉质量在成年早期达到高峰后处在一个短暂的平台期,之后开始逐渐减少并伴随肌肉力量的快速下降。根据亚洲肌少症工作组(Asian Working Group for Sarcopenia, AWGS)专家共识,肌少症的操作性定义是与年龄相关的骨骼肌质量减少,伴随肌肉强度和(或)躯体功能下降<sup>[2]</sup>。AWGS提及的肌少症不涉及合并症,年龄界限取决于各个国家对老年人的定义,在社区中的患病率为5.5%~25.7%<sup>[2]</sup>。在临床研究中,肌少症可分为原发性和继发性。原发性肌少症指疾病与衰老有关,没有其他明显病因,患病率在10%左右。继发性肌少症指有医学证据表明的一种及以上病因,进一步可分为活动相关、营养相关和疾病相关。继发性肌少症常见于消化系统疾病、内分泌疾病和癌症患者中,患病率在30%及以上。肌少症的病理机制主要为肌纤维受损和肌肉蛋白代谢失衡。肌纤维受损涉及运动神经元缺失、神经肌肉接头阻滞、肌纤维大小及数量下降、II型肌纤维向I型转变,以及肌内和肌间脂肪浸润。肌肉蛋白降解增加及合成减少主要与炎症反应、氧化应激、

细胞过度自噬及卫星细胞激活减少有关。

肌肉实际上是人体最大的内分泌系统,其可分泌数百种肌因子,不仅作用于肌细胞本身,还影响大脑、皮肤、骨骼、肠道及肝脏等其他器官的生理功能,进而调节全身效应<sup>[3]</sup>。而肌少症作为一种进行性、广泛性的骨骼肌疾病,与机体多处功能下降密切联系,包括吞咽障碍、肺功能损伤、骨密度下降和认知功能减退等,可诱发跌倒、骨折、残疾、住院和死亡等不良结局,显著降低患者生活质量。随着临床工作者对其认知的不断深入以及相关诊断标准的不断完善,肌少症在2016年拥有独立的国际疾病分类代码(ICD-10-CM),被正式纳入疾病范畴(M62.8)。可以预见,肌少症的预防、诊断和治疗将成为常规临床实践的一部分。

## 2 肌少症患者平衡功能障碍的临床评估

肌少症患者引起平衡障碍和跌倒似乎是既定的事实,对平衡功能的检查是肌少症躯体功能诊断的选项之一<sup>[4]</sup>,老年肌少症预防的核心信息包括预防跌倒<sup>[5]</sup>。可见对肌少症患者平衡障碍临床识别尤为重要,目前评估方法包括主观检查、量表评定和仪器检测。

2.1 主观检查法 单腿站立测试(one-leg stance test, OLST)是反映老年人静态平衡功能常见检查手段,关于抬起腿高度、睁闭眼情景和测试时间阈值尚无标准。相关文献对肌少症患者 OLST 的量化方法为单腿站立时长或左右腿站立时间之和<sup>[6-7]</sup>。其中, Khanal 等<sup>[7]</sup>认为 OLST 可以区分社区老年人肌少症前期特征,并给出了低肌量的诊断阈值为 55s。四方格跨步测试(four square step test, FSST)可评估受试者多方位跨越障碍物行进的动态平衡能力。在老年人中,以 FSST 评估的步态失衡与其肌少症有关<sup>[8-9]</sup>。计时起立-行走测试(timed up and go, TUG)则能够实现从坐-站转换、瞬间的站立平衡、步行和转弯等多种姿态下的平衡功能的检测。TUG 是欧洲老年肌少症工作组(european working group on sarcopenia in older people, EWGSOP)建议的肌少症躯体功能诊断的选项测试,也被广泛用于肌少症患者的动态平衡功能的评定<sup>[10-12]</sup>。

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFC2006604)

收稿日期:2023-08-26

作者单位:1. 徐州医科大学第二临床医学院,江苏 徐州 221004;2. 徐州医科大学附属医院康复医学科,江苏 徐州 221002

作者简介:张婷(1997-),女,硕士研究生,主要从事老年康复方面的研究。

通讯作者:项洁,18052268386@163.com

2.2 量表评定法 简易体能状况量表(short physical performance battery, SPPB)由椅立试验、平衡测验和4米步速测试三部分组成,可以实现对下肢肌力、平衡和步行能力的综合简便评估。其中的平衡子测验,包括三种站姿测试,常被单独用来评估肌少症患者的静态平衡功能<sup>[13]</sup>。SPPB也是EWGSOP和AWGS推荐的肌少症相关躯体功能诊断的可选测试。Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)是临床上应用最多的平衡量表,反映多种功能性活动下的静动态平衡及重心转移能力。在相关研究中,BBS常被用来反映肌少症治疗后平衡功能的变化,作为一种功能性预后指标<sup>[14-15]</sup>。

2.3 仪器检测法 ①生物力学检测:力平台的压力感受器和加速度传感器可跟踪和记录压力中心(center of pressure, CoP)的实时变化以反映姿势控制状况。文献报道主要围绕静态姿势平衡和稳定极限(limit of stability, LOS)两方面。CoP摆动轨迹表示身体晃动的程度,反映静态平衡维持的质量。LOS表示身体向各个方向的自主重心移动能力,是一种动态平衡指标。目前力平台检测被用于肌少症患者平衡缺陷的探究和治疗后的功能评定<sup>[16-17]</sup>。②电生理学检测:平衡功能的维持需要感觉输入和运动传出,涉及神经肌肉的生物电变化。表面肌电技术(surface electromyography, sEMG)则通过无创、同步的方式检测静态活动中的浅层肌肉的电活动,反映运动单位的募集情况。除了应用于三维步态分析,也有部分研究将其与力平台检测技术结合用以探究受试者姿势平衡机制,包括肌肉贡献比、关节姿势控制策略和肌肉疲劳性等。在肌少症人群中,sEMG被用以探究肌肉病理和识别肌少症<sup>[18-19]</sup>,尚未提及平衡功能。鉴于肌少症涉及肌肉结构和功能异常,而sEMG能够检测特定肌肉的激活和做功情况,其或许是能够反映肌少症平衡缺陷特征的潜在技术。

### 3 关联与表现

平衡功能下降的主要结局是导致老年人跌倒风险增加,因此本部分关注肌少症相关平衡障碍的同时也概述了肌少症与跌倒的特异性关联。

3.1 肌少症与平衡功能的联系 由于概念发展的原因,现存文献对明确诊断的肌少症的平衡功能探究较少,而更多的是报道肌少症诊断指标(肌量和肌力)与平衡功能的联系。其中,肌肉质量减少是肌少症起初的概念,是狭义的肌少症。最初的EWGSOP将其识别为“肌少症前期”。老年人四肢和大腿中部的瘦体质量(去脂肪质量)正比于FSST表现<sup>[8]</sup>。而对肌少症患

者股外侧肌肌肉活检显示,肌肉横截面积与SPPB平衡测试得分有强相关性<sup>[13]</sup>。除了下肢骨骼肌,核心肌群如膈肌,其厚度也被报道是老年人姿势摆动及LOS表现的重要决定因素<sup>[20]</sup>。肌肉力量下降在许多文献中也被称为“动力减少症”,EWGSOP和AWGS将其定义为“肌少症可能”<sup>[2,4]</sup>。与年龄相关的肌力下降可能影响姿势反射并增加跌倒风险。髋外展肌肌力被报道与OLST相关<sup>[21]</sup>。此外,上肢握力也分别与CoP摆动、TUG和FSST表现有关<sup>[22]</sup>。Ozkal等<sup>[20]</sup>报道股直肌肌少症导致老年人静态站立时中外侧摆动增加,并与跌倒恐惧心理相关。除了部位特异性肌少症,按照标准诊断的整体肌少症患者,在闭眼OLST<sup>[23]</sup>、闭眼软垫站立和TUG中表现更差<sup>[10,24]</sup>。且肌少症的严重程度与姿势摆动和跌倒风险增加呈正相关<sup>[16]</sup>。另外,足底压力分析发现,肌少症组的左右足各区域压力变化不对称,足底CoP轨迹短轴增加,提示重心在双足间转换失衡,侧向抖动增加<sup>[25]</sup>。

3.2 肌少症与跌倒的联系 目前报道的肌少症与跌倒的特异性关联如下。①社区老年肌少症患者跌倒风险增加:在前瞻性研究中,养老院老年人的肌少症与未来跌倒事件无关<sup>[26-27]</sup>。相比之下,大量研究报道了社区老年人肌少症与跌倒风险的关联,包括复发性跌倒、脆性跌倒和伤害性跌倒,风险比约在2~3之间<sup>[28-30]</sup>。相比于社区老年人,养老院人群往往有相对严重的健康问题,其往往活动受限或倾向于使用辅助器具,这可能降低跌倒暴露风险,进而削弱肌少症对跌倒的影响。②男性肌少症患者跌倒风险更高:日本社区老年人的肌少症与跌倒史相关,其中男性风险比高于女性<sup>[31]</sup>。另一项加拿大队列研究表明,肌少症与社区老年男性伤害性跌倒有关,而在女性中未发现关联<sup>[32]</sup>。这种差异或许依赖于性别特异性的激素失调。在衰老过程中,男性雄激素水平通常比女性下降更多,而较低的睾酮水平与肌量及肌力减少有关,进而增加肌少症发生风险和严重程度。③肌肉质量或肌肉功能介导关联:在社区老年女性群体中,肌少症相关的低握力<sup>[33]</sup>和慢步速增加跌倒风险<sup>[34]</sup>,而也有文献指出肌量减少而非肌力或躯体功能与跌倒相关<sup>[35]</sup>。虽然肌力和步速被广泛证明与跌倒、功能下降甚至死亡有关,但肌肉质量与骨密度和胰岛素抵抗有关,两者在预测跌倒等不良事件中均有其独特意义。这也反过来证明了结合肌量与功能指标作为肌少症诊断标准的必要性。

### 4 干预措施

尚无文献专门针对肌少症平衡障碍进行训练,也没有单纯探究平衡训练对肌少症的影响。对肌少症疾

病本身的干预或将具有平衡效益,因此本部分概述了在肌少症临床治疗中提及平衡功能改善的干预措施,包括运动训练、物理疗法和营养干预。

#### 4.1 运动训练

4.1.1 抗阻运动 抗阻运动是改善肌少症最主要的训练方式,即使是老年人,力量训练也存在增肌效应。具有肌少症风险的老年人群在执行12周的弹力带抗阻训练后,TUG、BBS和肌少症指标均显著好于对照组,且无运动不良反应发生<sup>[15]</sup>。赵楚楚等<sup>[14]</sup>对比了阶段性功能训练与抗阻训练的疗效,结果显示两组患者的OLST、SPPB和BBS均显著改善,且抗阻训练组效果更好。提示抗阻训练在增加肌力的同时对功能性平衡能力有一定程度的改善。肌少症相关的肌力减退(尤其下肢)破坏姿势和功能活动中平衡维持的动力机制,而抗阻训练能有效改善骨骼肌缺陷、提高肌肉功能。因此肌肉功能可能介导了抗阻训练对平衡功能的效益。此外,肌肉收缩对骨骼的机械刺激可减少骨质流失,降低跌倒和骨折风险。但应特别关注老年人肌肉和关节应力损伤的风险,需要相关研究提供老年人尤其肌少症患者可以实施的阻力训练方式及剂量。

4.1.2 中国传统健身术 方磊等<sup>[36]</sup>将36名存在平衡障碍的老年肌少症患者等比分为易筋经组和健康宣教组,干预后易筋经组的TUG时长显著降低且平衡信心增加。Zhu等<sup>[11]</sup>在高龄老年肌少症患者中对比观察了太极拳和全身振动疗法的影响,结果显示两种训练方式均显著改善了各项躯体功能指标,且太极拳对平衡功能的改善大于全身振动组。易筋经和太极拳是中医传统功法,其慢而劲的招式可能通过增加骨骼肌收缩协调性和关节稳定性提高动静平衡能力。此外,训练对专注力的要求也可能通过改善心理与认知功能而影响老年人整体平衡表现。

4.1.3 认知-运动双重任务训练 近来双重任务训练被报道可改善老年人的平衡功能<sup>[37]</sup>,赵依帆等<sup>[38]</sup>首次将其应用于肌少症患者中。研究对象被分为双重任务组、单纯运动组和对照组,分别进行了12周的训练。结果显示有干预的2组患者的肌量、认知功能、平衡功能和平衡信心均较对照组以及治疗前改善,且双重任务组的平衡性能显著好于单纯运动组。认知-运动双重任务调动了身体和认知储备,真实模拟了在复杂环境中活动的场景,这些场景往往致使功能低下老年人发生跌倒。因此,对双重任务的规律训练可能在改善躯体功能的同时具有优化认知分配、加速信息处理的认知效益,进而提高肌少症患者的反应力并降低跌倒风险。

4.1.4 混合运动 朱倩倩等<sup>[39]</sup>对45例老年肌少症

患者进行3个月的坐位运动训练,包括抗阻和有氧运动,结果显示SPPB评分和平衡信心均较干预前显著改善。Jung等<sup>[40]</sup>的研究表明抗阻与有氧交替循环的训练模式对女性肌少症患者静动态平衡功能具有显著疗效。Sen等<sup>[12]</sup>探究了强度逐渐增加的家庭训练对老年肌少症患者躯体功能的影响,训练项目包括了姿势伸展、肌肉力量、平衡协调和步态训练。3个月的干预后,BBS和TUG较对照组显著改善。Makizako等<sup>[41]</sup>在肌少症前期或肌少症期的人群中应用了包括阻力、平衡、柔韧性和有氧训练在内的多组分运动,结果显示TUG的组间-时间交互作用显著,表明12周的多组分运动可有效改善肌少症风险人群的动态平衡功能。不过,在Liang等<sup>[42]</sup>的研究中,平衡结合抗阻的训练方式并没有比仅抗阻训练显著降低高龄肌少症患者跌倒发生率。综合这些研究,混合运动中的抗阻和有氧训练可能是改善肌少症相关平衡障碍的有效组分,建议混合运动应以抗阻和有氧训练为主要形式再根据患者特征进行个性化训练。训练的交替进行也可一定程度上避免单一运动过度带来的损伤,并能降低单调性、增加依从性。

#### 4.2 物理因子治疗

4.2.1 全身振动疗法 全身振动疗法通过特定频率和幅度的反复垂直机械振动刺激个体的骨骼、肌肉和神经系统,使其产生兴奋和应力反应以达到类似阻力训练的功效。在肌肉层面上,振动训练被认为可激活肌梭引起肌肉反射性收缩,而且主要促进快肌纤维的募集,从而增强肌力和爆发力。相关研究分别对养老院和临床高龄肌少症患者进行12周的全身振动训练<sup>[11,43]</sup>,结果显示OLST表现均得到显著改善。Wei等<sup>[44]</sup>探究了全身振动训练的参数组合,根据振动频率和时间将80名社区肌少症患者分为低频组、中频组、高频组和对照组,进行12周的训练和随访。双向重复测量的方差分析显示TUG具有显著的组间-时间交互作用,而仅低频组和中频组的TUG变化的组间主效应显著,表明中低频的全身振动疗法可以改善肌少症患者的动态平衡能力,但疗效受到训练时间的影响。除了增加肌力,振动疗法对平衡功能的改善可能与其对本体感受器的刺激有关。肌少症相关肌肉质量丢失可伴随肌梭本体感受器的减少,而全身振动对本体感受器机械刺激以诱发肌肉牵张反射的过程,可促进本体感觉输入。相关的作用机制值得进一步探究。

4.2.2 其他理疗 另外两篇文献分别探究了中频电刺激和热敏灸对肌少症住院患者的疗效。其中,4周的中频电刺激结合下肢功率自行车改善了老年肌少症患者SPPB和BBS表现<sup>[45]</sup>,但与对照组相比无统计

学差异。另外,该研究入组受试者身体机能较差,基线BBS评分低于18,有潜在受试者选择偏倚。热敏灸通过艾条悬灸热敏化穴位,主要起到促进血液循环的作用,进而调节细胞代谢并改善机体炎症状态。这种对肌少症病理环境的改善,可能具有提高包括平衡功能在内的身体机能的潜在疗效。

4.3 营养干预 近年来肠道微生物群与人类健康的联系被不断探究,益生菌被认为通过改善肠道屏障、调节免疫系统对宿主产生有益影响。其中植物乳杆菌作为体内蛋白质载体可有效改善骨骼肌质量和功能。Lee等<sup>[46]</sup>对老年衰弱的患者补充植物乳杆菌TWK10,结果显示在第6周时TUG有改善趋势。其中高剂量补充组组间差异显著,且随着时间的推移改善效果增大,表明TWK10对平衡功能具有剂量效应。维生素D的对血清钙的维持有利于机体代谢、信号传导和神经肌肉活动,是被推荐的肌少症的保护因素。但最近的一项meta分析显示,单一补充维生素D降低了SPPB得分<sup>[47]</sup>。然而降低0.23是否具有实际临床意义,以及来自步行能力还是平衡能力的影响尚未可知。此外,高质量的随机对照研究证明补充富含维生素D的乳清蛋白并结合简单的功能训练,可以改善肌少症状态、TUG和SPPB评分<sup>[48]</sup>。可见,营养支持与身体活动组合的多维度干预应当作为改善肌少症及其平衡障碍的推荐措施。

## 5 小结

面对人口结构的变化,功能性残疾将是公共卫生面临的挑战之一。有必要预防老年人少肌型跌倒,尤其是社区老年人群,以最大限度提高老年人的生活质量。而有效预防跌倒的第一步是识别有跌倒风险的个体,其中肌少症相关平衡功能障碍是重要因素。由于概念发展原因,先前文献中对肌少症的诊断缺乏标准化和比较性,显示出下肢多个部位的肌量和肌力与平衡功能的联系,因此肌少症的平衡障碍特征仍不算清晰。仪器及实验室检查作为客观定量的检测手段,或许能够提供新的见解。随着大量研究的涌入,肌少症及其关联疾病综合体的评估与诊断在持续更新,如肌少-骨质疏松症、少肌性骨关节炎等,未来有可能将新的平衡障碍指标纳入肌少症的评估中,以加强其临床实践意义。

## 【参考文献】

[1] Ganz DA, Bao Y, Shekelle PG, et al. Will my patient fall? [J]. *Jama*, 2007, 297(1): 77-86.  
[2] Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian Working Group for Sar-

copenia; 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment [J]. *Journal of the American Medical Directors Association*, 2020, 21(3): 300-307.  
[3] Chen W, Wang L, You W, et al. Myokines mediate the cross talk between skeletal muscle and other organs[J]. *Journal of cellular physiology*, 2021, 236(4): 2393-2412.  
[4] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia; revised European consensus on definition and diagnosis[J]. *Age Ageing*, 2019, 48(4): 16-31.  
[5] 于普林,高超,周白瑜,等. 预防老年人肌少症核心信息中国专家共识(2021)[J]. *中华老年医学杂志*, 2021, 40(8): 953-954.  
[6] Lin CC, Ou HY, Hsu HY, et al. Beyond Sarcopenia; older adults with type II diabetes mellitus tend to experience an elevated risk of poor dynamic balance—a case-control study[J]. *BMC Geriatr*, 2022, 22(1): 138-147.  
[7] Khanal P, He L, Stebbings GK, et al. Static one-leg standing balance test as a screening tool for low muscle mass in healthy elderly women[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2021, 33(7): 1831-1839.  
[8] Bani HE, Phu S, Vogrin S, et al. Appendicular and mid-thigh lean mass are associated with muscle strength, physical performance, and dynamic balance in older persons at high risk of falls[J]. *Gait & posture*, 2022, 93: 90-95.  
[9] Sepúlveda LW, Phu S, Bani HE, et al. The Joint Occurrence of Osteoporosis and Sarcopenia (Osteosarcopenia): Definitions and Characteristics [J]. *Journal of the American Medical Directors Association*, 2020, 21(2): 220-225.  
[10] Kato T, Ikezoe T, Tabara Y, et al. Differences in lower limb muscle strength and balance ability between sarcopenia stages depend on sex in community-dwelling older adults[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2022, 34(3): 527-534.  
[11] Zhu YQ, Peng N, Zhou M, et al. Tai Chi and whole-body vibrating therapy in sarcopenic men in advanced old age: a clinical randomized controlled trial[J]. *European Journal of Ageing*, 2019, 16(3): 273-282.  
[12] Sen EI, Eyigor S, Dikici YM, et al. Effect of Home-Based Exercise Program on Physical Function and Balance in Older Adults With Sarcopenia: A Multicenter Randomized Controlled Study[J]. *J Aging Phys Act*, 2021, 29(6): 1010-1017.  
[13] Mastavi čiu ė A, Kilait ė J, Petroška D, et al. Associations between Physical Function, Bone Density, Muscle Mass and Muscle Morphology in Older Men with Sarcopenia: A Pilot Study[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2021, 57(2): 156-169.  
[14] 赵莹楚,王小蕊,葛政卿. 阶段性功能锻炼与抗阻运动对老年肌少症患者躯体功能和日常生活能力影响的对比[J]. *中国老年学杂志*, 2022, 42(8): 1875-1878.  
[15] 董欣,莫懿晗,王秀华,等. 抗阻运动对老年肌少症危险人群肌肉量、肌力和活动能力的影响[J]. *中国护理管理*, 2021, 21(8): 1190-1195.  
[16] Gadelha B, Neri R, Oliveira J, et al. Severity of sarcopenia is associated with postural balance and risk of falls in community-dwelling older women[J]. *Exp Aging Res*, 2018, 44(3): 258-269.  
[17] Piastra G, Perasso L, Lucarini S, et al. Effects of Two Types of 9-Month Adapted Physical Activity Program on Muscle Mass, Muscle Strength, and Balance in Moderate Sarcopenic Older Women[J]. *Biomed Res Int*, 2018, 20(5): 5095-6007.

- [18] Piasecki M, Ireland A, Piasecki J, et al. Failure to expand the motor unit size to compensate for declining motor unit numbers distinguishes sarcopenic from non-sarcopenic older men[J]. *J Physiol*, 2018, 596(9): 1627-1637.
- [19] Leone A, Rescio G, Manni A, et al. Comparative Analysis of Supervised Classifiers for the Evaluation of Sarcopenia Using a sEMG-Based Platform[J]. *Sensors-Basel*, 2022, 22(7): 2721-2730.
- [20] Özkal Ö, Kara M, Topuz S, et al. Assessment of core and lower limb muscles for static/dynamic balance in the older people: An ultrasonographic study[J]. *Age Ageing*, 2019, 48(6): 881-887.
- [21] Porto JM, Freire Júnior RC, Bocarde L, et al. Contribution of hip abductor-adductor muscles on static and dynamic balance of community-dwelling older adults[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2019, 31(5): 621-627.
- [22] Wi śniowska A, Ćwirlej A, Wołoszyn N, et al. Association between Handgrip Strength, Mobility, Leg Strength, Flexibility, and Postural Balance in Older Adults under Long-Term Care Facilities[J]. *Biomed Res Int*, 2019, 17(5): 1042-1068.
- [23] 江茜,段德崇,张晓丹.老年女性肌少症与平衡功能的相关性[J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(7): 842-846.
- [24] Kim AY, Lee JK, Kim SH, et al. Is postural dysfunction related to sarcopenia? A population-based study[J]. *PLoS One*, 2020, 15(5): 2321-2335.
- [25] 何媛媛,丁呈彪,张薇薇,等.老年肌肉减少症患者的足底压力变化[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(14): 2223-2228.
- [26] Henwood T, Hassan B, Swinton P, et al. Consequences of sarcopenia among nursing home residents at long-term follow-up[J]. *Geriatr Nurs*, 2017, 38(5): 406-411.
- [27] Buckinx F, Croisier JL, Reginster JY, et al. Prediction of the Incidence of Falls and Deaths Among Elderly Nursing Home Residents: The SENIOR Study[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2018, 19(1): 18-24.
- [28] Matsumoto H, Tanimura C, Tanishima S, et al. Sarcopenia is a risk factor for falling in independently living Japanese older adults: A 2-year prospective cohort study of the GAINA study[J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2017, 17(11): 2124-2130.
- [29] Lim SK, Beom J, Lee SY, et al. Association between sarcopenia and fall characteristics in older adults with fragility hip fracture[J]. *Injury*, 2020, 51(11): 2640-2647.
- [30] Kirk B, Zanker J, Bani E, et al. Sarcopenia Definitions and Outcomes Consortium (SDOC) Criteria are Strongly Associated With Malnutrition, Depression, Falls, and Fractures in High-Risk Older Persons[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2021, 22(4): 741-745.
- [31] Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W, et al. Sarcopenia and falls in community-dwelling elderly subjects in Japan: Defining sarcopenia according to criteria of the European Working Group on Sarcopenia in Older People[J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2014, 59(2): 295-299.
- [32] Mayhew AJ, Phillips SM, Sohel N, et al. The impact of different diagnostic criteria on the association of sarcopenia with injurious falls in the CLSA[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2020, 11(6): 1603-1613.
- [33] Schaap LA, Van NM, Lips P, et al. Associations of Sarcopenia Definitions, and Their Components, With the Incidence of Recurrent Falling and Fractures: The Longitudinal Aging Study Amsterdam[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2018, 73(9): 1199-1204.
- [34] Aibar-Almazán A, Martínez-Amat A, Cruz-Díaz D, et al. Sarcopenia and sarcopenic obesity in Spanish community-dwelling middle-aged and older women: Association with balance confidence, fear of falling and fall risk[J]. *Maturitas*, 2018, 107: 26-32.
- [35] Warzecha M, Amarowicz J, Berwecka M, et al. Relation between risk of falls, sarcopenia and parameters assessing quality of skeletal muscles in a group of postmenopausal women[J]. *Prz Menopauzalny*, 2020, 19(3): 123-129.
- [36] 方磊,李振瑞,陶旭辰,等.易筋经对老年骨骼肌减少症平衡障碍患者跌倒风险影响的临床研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(3): 319-323.
- [37] 陈秀恩,郑洁皎,施海涛,等.认知注意力、平衡功能双重任务训练对预防老年人跌倒的临床研究[J]. *中国康复*, 2016, 31(3): 215-217.
- [38] 赵依帆,王莉,张天芳,等.认知—运动双重任务训练对老年肌少症患者认知和肢体功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(9): 1118-1122.
- [39] 朱倩倩,刘扣英,梅克文,等.坐位运动对老年高跌倒风险肌少症病人肌肉功能及跌倒效能研究[J]. *实用老年医学*, 2021, 35(7): 773-775.
- [40] Jung WS, Kim YY, Park HY. Circuit Training Improvements in Korean Women with Sarcopenia[J]. *Percept Mot Skills*, 2019, 126(5): 828-842.
- [41] Makizako H, Nakai Y, Tomioka K, et al. Effects of a Multicomponent Exercise Program in Physical Function and Muscle Mass in Sarcopenic/Pre-Sarcopenic Adults[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(5): 1386-1398.
- [42] Liang Y, Wang R, Jiang J, et al. A randomized controlled trial of resistance and balance exercise for sarcopenic patients aged 80-99 years[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 18756-18773.
- [43] Lin P, Chang S, Ho H. Effect of Whole-Body Vibration Training on the Physical Capability, Activities of Daily Living, and Sleep Quality of Older People with Sarcopenia[J]. *Applied sciences (Basel, Switzerland)*, 2020, 10(5): 1695-1706.
- [44] Wei N, Pang MY, Ng SS, et al. Optimal frequency/time combination of whole body vibration training for developing physical performance of people with sarcopenia: a randomized controlled trial[J]. *Clin Rehabil*, 2017, 31(10): 1313-1321.
- [45] 赵旻超,高艳玲,余报,等.中频电刺激联合下肢功率自行车对肌少症患者的治疗效果[J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2022, 21(3): 194-197.
- [46] Lee MC, Tu YT, Lee CC, et al. Lactobacillus plantarum TWK10 Improves Muscle Mass and Functional Performance in Frail Older Adults: A Randomized, Double-Blind Clinical Trial[J]. *Microorganisms*, 2021, 9(7): 1466.
- [47] Prokopidis K, Giannos P, Katsikas K, et al. Effect of vitamin D monotherapy on indices of sarcopenia in community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(3): 1642-1652.
- [48] 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.