

· 科研综述 ·

老年人抗阻运动负荷制定方法的研究进展

潘晨岚¹, 杨蕾^{1*}, 李晓宁¹, 段筱妍², 董红¹

1. 中国人民解放军空军军医大学第一附属医院, 陕西 710032; 2. 陕西中医药大学附属医院



Research progress on the formulation method of resistance exercise load for elderly people

PAN Chenlan¹, YANG Lei^{1*}, LI Xiaoning¹, DUAN Xiaoyan², DONG Hong¹

1. The First Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Shaanxi 710032 China; 2. Shaanxi University of Traditional Chinese Medicine Affiliated Hospital

*Corresponding Author YANG Lei, E-mail: 348703457@qq.com

Keywords the elderly; resistance training; exercise prescription; exercise load; review

摘要 综述了当前国内外在老年人抗阻运动处方中运动负荷制定方法的研究现状,旨在为未来科学制定老年人抗阻运动处方提供有价值的参考和启示。

关键词 老年人; 抗阻运动; 运动处方; 运动负荷; 综述

doi:10.12102/j.issn.1009-6493.2024.23.025

人口老龄化已成为 21 世纪我国最显著趋势之一^[1]。随着年龄的增长,神经肌肉系统逐渐出现退行性病变,这直接导致肌肉力量和肌肉质量的下降,主要归结于神经因素、形态学因素以及它们之间的相互作用^[2]。其中肌肉力量及质量的减弱在这一过程中起到了核心作用,肌肉力量可以定义为对外部物体或阻力施加力的能力^[3],随着年龄增长引发身体虚弱和功能障碍,进而可能诱发多种慢性病。研究显示,50~70 岁的人群肌肉力量普遍下降约 30%,老年人约占残疾患病率的 50%^[4]。根据当前的医学发展水平,无法预见会有某种药物或药物组合能够有效逆转由衰老导致的功能衰退。研究表明,规律的身体活动对缓解老年人身体和认知能力下降有显著效果^[5]。较高水平的身体活动与更好的生活质量密切相关^[6]。这一发现为老年人健康管理和生活质量提升提供了新的视角和可能性。抗阻运动(resistance training, RT)作为一种重要的锻炼方式,通过自身肌肉力量对抗外部阻力,从而实现肌肉的增长和力量的增强,有效改善了肌肉功能,提

升肌肉性能以及优化健康参数^[7]。尽管运动无法完全阻止神经肌肉系统的自然衰老,但其在缓解与年龄相关的肌肉变化方面展现出了巨大的潜力。在老年人群中,关于抗阻运动处方(包括运动方式、频率、强度、剂量)的循证剂量-反应关系仍不够明确。虽然该领域已有大量研究成果发表,但如何优化抗阻训练效果的问题仍然存在争议^[8]。美国运动医学会(American College of Sports Medicine, ACSM)虽然制定了运动处方的黄金标准,但这些标准主要基于个体试验研究和综述,缺乏针对老年人群的具体指导。因此,本研究对老年人群抗阻运动负荷的制定方法进行了全面总结,旨在为医护人员提供制定抗阻运动处方时关于运动负荷的参考依据。通过提高老年人抗阻运动的科学性和合理性,期望能够进一步改善老年人的健康状况,推动我国健康老龄化的进程。

1 客观指标测量法

客观指标测量法是一种科学的方法,依赖于精确的测量工具和技术评估个体的生理状态,并据此制定与之相匹配的运动负荷^[9]。在抗阻运动的实践中,肌力通常被视为关键的客观指标。为了准确评估肌力,研究者们常常采用 1 次最大重复重量(one repetition maximum, 1RM)或多次最大重复重量(multiple repetition maximum, MRM)作为评估标准^[9]。这些指标能够客观反映个体的肌肉力量和耐力水平,为制定个性化的抗阻运动计划提供有力依据。

基金项目 国家自然科学基金项目,编号:82372033

作者简介 潘晨岚,护师,硕士

***通讯作者** 杨蕾, E-mail: 348703457@qq.com

引用信息 潘晨岚,杨蕾,李晓宁,等. 老年人抗阻运动负荷制定方法的研究进展[J]. 护理研究, 2024, 38(23):4282-4288.

1.1 基于1次最大重复重量的方法

最大重复重量是指在规范动作下,个体能够1次举起的最大重量,这一数值也可以通过估算多次重复举起的最重重量得出^[10]。1次最大重复重量被认为是在非实验室情况下评价肌肉力量的“金标准”,也是指南推荐的抗阻运动处方中的运动负荷制定依据^[11-12]。抗阻运动中的运动负荷常依据1次最大重复重量的百分比确定。美国运动医学会制定的运动测试与运动处方指南(第10版)推荐,成年初学者以60%~80%1次最大重复重量提高力量,老年人在进行抗阻运动时以低运动强度(40%~50%1次最大重复重量)开始,逐渐过渡到中等强度(60%~80%1次最大重复重量)^[13]。1次最大重复重量的评估方法包括直接测试法和间接推算法^[3,14]。

1.1.1 直接测试法

1次最大重复重量也是评估个体最大重复重量的直接且有效的方法,涉及逐渐增加负荷的过程,分为适应阶段和正式测试2个阶段^[15]。在适应阶段,受试者需熟悉运动器材(如哑铃、弹力带、健身器械等),并学习掌握测试动作和正确的运动呼吸技巧。此阶段通常不使用或仅使用较低的负荷,持续1~2周,以确保受试者充分适应并避免肌肉过度疲劳,每次运动间隔应至少48h。进入正式测试阶段,受试者首先进行热身活动,如5~10min的快步走和动态拉伸,以提高心率、呼吸频率和体温。随后,根据个人情况和适应阶段的表现,测试者选定初始负荷。测试流程可能因受试者年龄、测试动作和器材的不同而有所差异。以美国国家体能协会(NSCA)推荐的杠铃负重深蹲最大重复重量测试为例,测试者首先选定一个热身负荷,确保受试者能够完成5~10次动作^[16]。随后,在热身负荷基础上逐渐增加重量,通过多次尝试直至受试者仅能完成1次规范动作为止,此时所使用的负荷即为受试者的1次最大重复重量。测试应在5次尝试内完成,若超过则需至少休息48h后重新进行。整个测试过程在2名专业人员的指导下进行,以确保安全性和准确性。在老年人群中,1次最大重复重量测试已显示出良好的信度和效度,为制定个性化的抗阻运动负荷提供了有力依据^[17-18]。一项关于中老年健康女性的有氧结合抗阻运动研究中,采用直接测试法评估1次最大重复重量,老年女性在未经训练的条件下进行2次或3次测试,即可达到一致的1次最大重复重量测量结果。并据此制定初始运动负荷,通常为60%~70%1次最大重复重量^[17,19]。考虑到训练过程中肌肉力量的潜在增

长,研究中每3个月会重新测量1次最大重复重量,以确保运动负荷的准确性^[20]。

除了健康老年人,直接测试法在制定合并慢性病或其他疾病的老年人群抗阻运动负荷方面也有广泛应用。在针对心脏康复、社区肌少症老年病人的研究中,研究者采用了直接测试法确定运动初始负荷,同样为50%~70%1次最大重复重量^[21-22]。在关于老年慢性阻塞性肺疾病病人的研究中,抗阻运动训练方案初期采用了病人1次最大重复重量的50%作为起始负荷,随后6~8周的训练周期中,逐步将负荷上调至病人1次最大重复重量的60%^[23]。这一调整策略旨在确保训练的安全性与有效性,同时促进病人的肌肉力量逐步提升。此外,直接测试法还被应用于中老年人中。Messier等^[24]在高强度力量训练对成年人膝关节炎的影响研究中,以确定初始负荷为75%1次最大重复重量。该方法在跌倒高风险人群和活动受限人群中的应用也进一步证明了其广泛性和适用性^[25-26]。直接测试法制定运动负荷在老年人群中具有精确、直接和信效率高的优点。然而,该方法也存在一些局限性,首先,测试过程烦琐且周期长,通常需要至少2周的时间;其次,对测试者的专业性要求高,需要确保测试的准确性和安全性;再者,1次最大重复重量测试要求受试者达到瞬时力竭,这对缺乏抗阻运动经验的老年人来说存在一定的安全隐患。此外,动作规范性、力竭状态的准确判断以及不同器材对测试结果的影响也是需要注意的问题。最后,若需定期调整运动负荷,则测试过程将耗费大量的人力、物力和时间。

1.1.2 间接推算法

间接推算法是一种通过测试其他相关指标推算1次最大重复重量,进而依据1次最大重复重量的百分比制定运动负荷的方法。这种方法的主要测试指标包括多次最大重复重量和最大重复次数(reps)。多次最大重复重量指在特定次数下能够完成规范动作的最大重量,而最大重复次数则是指在固定重量下能够完成规范动作的最大次数。相较于直接测试1次最大重复重量,这2种方法不仅具有较高的信效率^[27],而且更为省时、安全。

目前,已有研究证实了在老年人群中利用多次最大重复重量和最大重复次数预测1次最大重复重量的可行性^[27]。谭思杰等^[28]对我国109名60~75岁的老年人进行了4~10次最大重复重量、11~15次最大重复重量、最大重复次数以及1次最大重复重量的测试,并据此建立了预测1次最大重复重量的线性回归方程。

这些方程的拟合优度均超过了73.0%，显示出良好的预测效果。特别是在男性进行深蹲动作时，通过11~15次最大重复重量预测1次最大重复重量的方程拟合优度高达96.6%。这一结果充分证明了多次最大重复重量和最大重复次数作为预测1次最大重复重量的有效性。此外，还有研究揭示了老年人群中多次最大重复重量与1次最大重复重量百分比之间的对应关系，这种对应关系在抗阻运动的相关研究中得到了广泛的应用。

基于间接推算法制定运动负荷在老年人群中同样得到了广泛应用。一项针对健康老年人下肢抗阻运动的研究人员测试了研究对象5~10次最大重复重量，并采用Reynolds等^[27,29]研究预测公式推算1次最大重复重量，最终确定初始运动负荷为50%1次最大重复重量。另一项研究比较了老年人低强度抗阻运动联合血流限制与中强度抗阻运动后的反应^[30]，制定运动负荷时，首先测量10次最大重复重量，并采用Brzycki^[31]的预测公式推算1次最大重复重量，最终确定两组的初始负荷分别为20%1次最大重复重量和80%1次最大重复重量。陈金鳌等^[32]研究则采用了Hotlen图表^[33]估算1次最大重复重量(25次最大重复重量=65%1次最大重复重量)，并设定中强度负荷组、低强度负荷组的运动负荷分别为55%~65%1次最大重复重量和25%~35%1次最大重复重量。还有研究直接基于多次最大重复重量与1次最大重复重量百分比间的对应关系，采用多次最大重复重量作为初始负荷。详见图1。

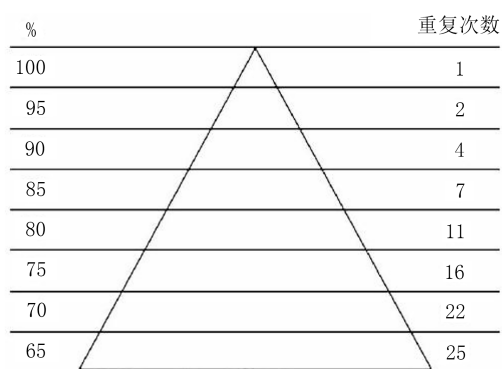


图1 Hotlen表结构示意图^[33]

间接推算法在制定运动负荷方面具有显著优势，主要体现在其安全性和准确性上。然而，该方法也伴随着一些不容忽视的局限性。首先，其对测试执行者的专业水平提出了较高要求，且即便是相同的动作，在不同器材上进行测试时也可能产生差异性的结果；其

次，为了精确获取每名研究对象的特定动作多次最大重复重量值，需要进行大量的个体测试，这无疑会消耗大量的时间与资源；再次，利用多次最大重复重量预测1次最大重复重量的准确性会受到重复次数的制约，具体而言，次数越多，预测的准确性就越可能降低。因此，要确保预测的精准度，选择恰当的次数显得尤为关键，但遗憾的是，目前对于如何确定这一范围尚缺乏明确的指导原则。最后，值得注意的是，不同的预测方程在我国老年人群体中的准确性还有待进一步的验证与研究。

1.2 基于多次最大重复重量的方法

在抗阻运动研究中，多次最大重复重量除了用于推算1次最大重复重量进而确定运动负荷外，也可以直接用于制定运动负荷。例如，在一项针对肌少症合并骨质疏松社区老年人的高强度抗阻运动干预研究中，研究人员让参与者在适应阶段测试了多次最大重复重量与所需重量之间的关系^[34]。在后续的训练过程中，参与者们则使用多次最大重复重量对应的重量进行训练，但次数略少于多次最大重复重量值，即在次数的基础上减去3次。例如：某位参与者在20 kg的重量下能完成最多15次规范动作，那么在训练中他可能会选择使用20 kg的重量完成12~14次动作。另一项针对骨质疏松老年男性的研究也采用了这一方法^[35]。尽管基于多次最大重复重量制定运动负荷的方式在操作上较为直接，但这种方法同样需要首先测量多次最大重复重量，因此其也具有与间接推算法类似的局限性。这些局限性包括测试过程对专业性的要求、测试耗时、测试结果受多种因素影响等。此外，由于多次最大重复重量测试通常需要在专业指导下进行，且对测试条件有一定要求，因此在实际应用中可能存在一定的限制。

2 个性化测试法

个性化测试法是一种灵活而实用的方法，其核心在于依据每名研究对象的主观感受和评价确定运动负荷。这种方法注重个体的差异性和主观体验，通过收集和分析研究对象在运动过程中的感受、反馈和评价，科学、合理地制定和调整运动负荷，以达到最佳的训练效果。在此过程中，主观疲劳程度(Rating of Perceived Exertion, RPE)常被用作关键的评价指标。使用主观疲劳程度量表是基于一个假设的功能性联系，该联系存在于观察到的生理、感觉和表现反应之间。根据博格(Borg)努力持续模型的基本原理，当参与体育活动时，随着活动强度的提升，这些反应会同步

发生,相互交织,共同反映了个体的运动状态与努力程度^[36]。结合语言与视觉的主观疲劳程度量表,在监测抗阻训练强度上优势显著,避免单一模式导致的模糊评估,为确保其准确性和适用性,需针对特定运动与人群,通过临床研究验证跨模态量表的有效性^[37]。此外,研究表明,主观疲劳程度评分与抗阻运动负荷之间存在正相关关系^[38],因此,其特别适用于为社区老年人设定和调整运动负荷。

在评估主观疲劳程度时,常用的量表包括博格主观劳累程度量表(Borg 6-20)和抗阻运动自我感觉量表(OMNI)等。其中,Borg 6-20量表由瑞典学者Borg研发,该量表中“完全不用劳累”计6分,“最大用力”计20分。研究表明,老年人在进行抗阻运动时,Borg 6-20量表评分在14分左右通常意味着运动具有良好的力量增长效果^[39]。在实际应用中,个体试用法结合Borg 6-20量表已被广泛采用。在一项针对老年单纯收缩期高血压的抗阻运动研究中,研究者使用了不同规格的弹力带和沙袋作为运动设备,于运动干预前,研究者对受试者进行一对一的运动测试,让老年人选择不同规格的弹力带(颜色、长度、拉力不同),并使用Borg 6-20量表进行评分^[40],若评分为12~14分,则认为该规格弹力带适合作为运动负荷。OMINI在评估抗阻运动强度时,不仅提供了数字评分,还增加了直观的图像说明,使其评分为0~10分,已被证实是评价老年人抗阻运动强度的有效工具。OMINI量表不仅适用于传统的抗阻器械训练,也同样适用于弹力带抗阻训练,研究人员利用OMINI量表评估在老年人中使用不同拉力弹力带时的主观疲劳程度,通过主观疲劳程度进行最大努力的阻力训练可以降低关节炎的损伤风险,并减轻与高阻力训练相关的心血管压力。这是提高运动依从性和保证实现预期结果的重要考虑因素,然而,该研究未明确不同强度拉力对应的OMINI量表具体得分范围^[40]。Pierce等^[41]研究表明,当力量增加时,对于给定的负荷,主观疲劳程度会降低。因此,随着训练的持续,达到目标主观疲劳程度所需的阻力会增加,以这种方式使用主观疲劳程度,可以消除老年人参与与1次最大重复重量测试相关的重负荷举重的需求,因为阻力会自动调整,无需重新评估力量。在阻力训练中使用主观疲劳程度也可能很有用,因为老年人可能已经根据由现有状况(如关节炎或其他在老年人中更常见的全身疼痛和不适)引起的主观感受,对各种运动的阻力进行了调整。

此外,国内研究者倾向于通过受试者的主观描述

评估运动负荷的适宜性。刘文伟等^[42-43]研究根据病人自身耐受力,在医生及心肺康复师指导下,制订老年人抗阻训练方案,通过个体试用的方式确定运动负荷,这种方法不仅避免了专业性高且复杂的测试流程,使得评估过程更加简便;同时,一对一的评估方式确保了为每名老年人定制的运动负荷与其运动能力高度匹配;从最低负荷开始逐渐调整,也保证了运动过程的安全性。

然而,尽管此方法在追踪老年人力量变化上展现出潜力,但其也面临显著的局限性。首先,该过程要求对每名老年人的每个动作都进行细致入微的测试与个性化调整,增加了时间成本,使得在大规模应用中效率受限。其次,评估的核心依赖于受试者的主观疲劳程度评分或描述,这不可避免地引入了高度的主观性,可能导致评估结果在不同个体间或同一个体不同时间点的波动。尤为重要的是,考虑到我国老年人群体普遍缺乏抗阻运动的经验,他们可能难以准确理解和运用主观疲劳程度量表,尤其是在面对多种不同的评估工具时。这意味着,为了确保评估的准确性和有效性,老年人可能需要经历一段相对较长的学习 χ^2 过程,以熟悉并掌握如何根据自己的主观感受来合理评分。这不仅增加了实施难度,也可能在一定程度上影响评估结果的即时性和可靠性。因此,在推广和应用此类基于主观疲劳程度的评估方法时,需要充分考虑这些局限性,并探索相应的解决方案以优化评估流程和提高评估质量。

3 专家制定法

专家制定法融合多学科智慧,针对个体特征与研究需求,灵活制定运动负荷方案。既能统一标准,保障训练科学性,又能个性化定制,优化训练效果。专家团队协同合作,为运动训练与康复提供高效解决方案。一项关注老年肌少症危险人群的研究表明,根据美国运动医学会第8版《ACSM运动测试与运动处方指南》^[12]及参考相关文献的基础上,与研究生导师和康复治疗师共同制定干预方案初稿,使用专家会议法对训练方案进行论证,并一致决定将初始运动负荷设定为最低拉力规格,以确保受试者能在安全条件下进行运动训练^[44]。此外,对于需要更为个性化训练计划的受试者,如老年慢性非阻塞性疾病合并肌少症病人,专家们会进行一对一的咨询和评估,采用经皮神经电刺激(TENS)法,配合TheraBand黄色弹力带,针对肱二头肌、肱三头肌、前臂、胸大肌、斜方肌、股四头肌、腓肠肌及小腿肌群进行抗阻训练,旨在增强老年肌少症风险

人群的肌肉力量与功能^[45]。专家制定法不仅确保了运动负荷的科学性和合理性,还充分考虑了受试者的个体差异和安全性,主要应用于老年人合并肌少症、衰弱前期、膝关节炎等多种疾病的病人,为运动训练的有效实施提供了有力保障。一对一制定法基于专业人士的深厚知识和丰富经验,不仅简单易行,而且成本相对较低。专家能够根据每例病人的具体状况,如年龄、健康状况、运动经验等,量身定制出既安全又有效的运动方案。然而,该方法也存在一些局限性。首先,其受主观因素影响较大,如专家的权威性、对研究的兴趣等,这些都可能影响运动负荷的选择。其次,虽然该方法在具有相似心理、生理特点的老年人群中表现良好,但也可能忽视了个体之间的差异,从而影响运动效果。最后,当研究样本量较大时,专家需要投入大量的人力和时间进行一对一的制定,这无疑增加了研究的成本。因此,在使用一对一制定法时,需要综合考虑其优缺点,并根据实际情况做出合理的选择。

4 不同制定方法的结合

在运动负荷制定的研究中,多种方法相结合的策略也被广泛采用,以综合不同方法的优点,同时尽量降低其局限性。例如,一项针对社区肌少症老年人的研究结合了等级化、进阶式的有氧联合抗阻运动方案,并通过专家咨询确定了抗阻运动的初始外加负荷为零^[46]。在运动过程中,研究人员4周评估1次研究对象运动后的主观疲劳程度,并根据主观疲劳程度情况对运动负荷进行个性化调整。这种将专家制定法和个体试用法结合的策略,确保了运动初期负荷制定的简易性,同时保证了后期负荷调整的个体性,非常适用于渐进性的运动方案。不过,这种方法的初期运动负荷可能并不完全适用于所有研究对象。另一种结合方法是将个体试用法与客观测量法结合。在某些研究中,研究人员会在适应阶段测试研究对象的20次最大重复重量及其对应的主观疲劳程度,并让研究对象以运动器械的最低阻力进行运动,再次测试其主观疲劳程度。基于这些数据,研究人员可以建立运动负荷与主观疲劳程度之间的关系。在正式运动时,可以选择主观疲劳程度评分为4~5分的重量作为运动负荷^[47]。这种方法既保留了客观测量法的精确性,又确保制定的运动负荷基于个体的实际感受,与个体的能力匹配性较好。然而,如果老年人对主观疲劳程度评估量表不熟悉,可能会导致评估误差。

总体而言,将不同的运动负荷制定方法结合使用,能够同时保留各方法的优点,但也不可避免会带有原

方法的某些缺点。因此,在选择使用哪种方法或结合哪些方法时,需要根据研究的具体需求和目标人群的特点进行综合考虑。

5 小结

在运动负荷制定的研究中,多种方法被证明是有效和实用的。从专家制定法到个体试用法,再到客观测量法,每种方法都有其独特的优势和适用场景。专家制定法基于专业知识和经验,能够统一或个性化地制定运动负荷,但其受主观因素影响较大,可能忽视个体差异。个体试用法则通过受试者的主观感受和反馈调整运动负荷,更加贴合个体的实际能力,但耗时较长且需要一定的学习期。客观测量法则通过仪器和测试精确评估运动负荷,但可能受到设备和测试条件的限制。近年来,研究者们开始尝试将不同的制定方法结合使用,以综合各种方法的优点。例如,将专家制定法和个体试用法结合,可以在运动初期快速制定简易的负荷计划,并在后期根据个体反馈进行精确调整。而将个体试用法与客观测量法结合,则可以在保证精确性的同时,确保运动负荷与个体能力的高度匹配。

6 展望

随着科技的进步和研究的深入,运动负荷制定的方法将继续得到优化和完善。一方面,人工智能和大数据技术的应用将使得运动负荷的个性化制定更加精准和高效。通过分析个体的生理数据、运动习惯、心理状态等多维度信息,可以更加精确地预测和评估个体的运动能力和需求,从而为其制定个性化的运动负荷计划。另一方面,跨学科的合作和研究也将为运动负荷制定带来新的思路和方法。例如,结合神经科学、生物力学、心理学等领域的研究成果,可以更深入地了解人体在运动过程中的生理和心理变化,为运动负荷的制定提供更加全面的科学依据。总之,运动负荷制定的研究是一个不断发展和完善的过程。随着科技进步和跨学科合作的深入,将能够为不同人群制定更加精准、个性化的运动负荷计划,促进人们健康和运动表现的提升。

参考文献:

- [1] 唐钧. 世界和中国的人口老龄化及其原因[J]. 社会政策研究, 2022 (3):3-18.
- [2] KHODADAD KASHI S, MIRZAZADEH Z S, SAATCHIAN V. A systematic review and meta-analysis of resistance training on quality of life, depression, muscle strength, and functional exercise capacity in older adults aged 60 years or more[J]. *Biological Research for Nursing*, 2023, 25(1):88-106.
- [3] BOVE A M, LYNCH A D, DEPAUL S M, *et al.* Test-retest reliability of rating of 16.6498 FUI perceived exertion and agreement

- with 1-repetition test-rites maximum in adults[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2016, 46(9):768-774.
- [4] ALLEN J R, SATIROGLU R, FICO B, *et al.* Inertial load power cycling training increases muscle mass and aerobic power in older adults[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2021, 53(6): 1188-1193.
- [5] TERRY P C, KARAGEORGHIS C I, CURRAN M L, *et al.* Effects of music in exercise and sport: a meta-analytic review[J]. *Psychological Bulletin*, 2020, 146(2):91-117.
- [6] BOYER L, SAUTER A, LOSS J. Capabilities for physical activity in older people: development and testing of a measurement tool[J]. *Gesundheitswesen*, 2024, 86(3):224-231.
- [7] REFALO M C, HELMS E R, TREXLER E T, *et al.* Influence of resistance training proximity-to-failure on skeletal muscle hypertrophy: a systematic review with meta-analysis[J]. *Sports Medicine*, 2023, 53(3):649-665.
- [8] COELHO-JÚNIOR H J, PICCA A, CALVANI R, *et al.* Prescription of resistance training for sarcopenic older adults: does it require specific attention?[J]. *Ageing Research Reviews*, 2022, 81:101720.
- [9] NUZZO J L, PINTO M D, NOSAKA K, *et al.* Maximal number of repetitions at percentages of the one repetition maximum: a meta-regression and moderator analysis of sex, age, training status, and exercise[J]. *Sports Medicine*, 2024, 54(2):303-321.
- [10] SUCHOMEL T J, NIMPHIUS S, BELLON C R, *et al.* Training for muscular strength: methods for monitoring and adjusting training intensity[J]. *Sports Medicine*, 2021, 51(10):2051-2066.
- [11] VAN ROIE E, WALKER S, VAN DRIESSCHE S, *et al.* Training load does not affect detraining's effect on muscle volume, muscle strength and functional capacity among older adults[J]. *Experimental Gerontology*, 2017, 98:30-37.
- [12] 王艳. ACSM 运动测试与运动处方指南[M]. 北京:北京体育大学出版社, 2015:1.
- [13] 王正珍. ACSM 运动测试与运动处方指南[M]. 北京:北京体育大学出版社, 2019:1.
- [14] GARBER C E, BLISSMER B, DESCHENES M R, *et al.* American College of Sports Medicine Position Stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2011, 43(7):1334-1359.
- [15] GRGIC J, LAZINICA B, SCHOENFELD B J, *et al.* Test-retest reliability of the one-repetition maximum(1RM) strength assessment: a systematic review[J]. *Sports Medicine-Open*, 2020, 6(1):31.
- [16] WALLER M, PIPER T, MILLER J. National Strength and Conditioning Association: strength and conditioning professional standards and guidelines[J]. *Strength and conditioning journal*, 2009, 31(5):14-38.
- [17] AMARANTE DO NASCIMENTO M, JANUÁRIO R S, GERAGE A M, *et al.* Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2013, 27(6):1636-1642.
- [18] PHILLIPS W T, BATTERHAM A M, VALENZUELA J E, *et al.* Reliability of maximal strength testing in older adults[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2004, 85(2):329-334.
- [19] DIEHL-CONWRIGHT C M, COURNEYA K S, DEMARK-WAHNEFRIED W, *et al.* Aerobic and resistance exercise improves physical fitness, bone health, and quality of life in overweight and obese breast cancer survivors: a randomized controlled trial[J]. *Breast Cancer Research*, 2018, 20(1):124.
- [20] 邓采平. 有氧运动结合柔性抗阻练习对中老年女性骨密度的影响[D]. 北京:北京体育大学, 2018.
- [21] RODRIGUES F, DOMINGOS C, MONTEIRO D, *et al.* A review on aging, sarcopenia, falls, and resistance training in community-dwelling older adults[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(2):874.
- [22] DE SÁ SOUZA H, DE MELO C M, PIOVEZAN R D, *et al.* Resistance training improves sleep and anti-inflammatory parameters in sarcopenic older adults:a randomized controlled trial[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(23):16322.
- [23] 张洋洋,程亚艳,黄书芹. 有氧抗阻运动结合健康信念干预在老年慢性阻塞性肺疾病中的应用[J]. *蚌埠医学院学报*, 2022, 47(9): 1328-1331.
- [24] MESSIER S P, MIHALKO S L, BEAVERS D P, *et al.* Effect of high-intensity strength training on knee pain and knee joint compressive forces among adults with knee osteoarthritis: the START randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2021, 325(7):646-657.
- [25] ENGLUND D A, PRICE L L, GROSICKI G J, *et al.* Progressive resistance training improves torque capacity and strength in mobility-limited older adults[J]. *The Journals of Gerontology Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 2019, 74(8):1316-1321.
- [26] BORG G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion[J]. *Scand J Work Environ Health*, 1990, 16(Suppl 1):55-58.
- [27] REYNOLDS J M, GORDON T J, ROBERGS R A. Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry[J]. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(3):584.
- [28] SMITH A E, EVANS H, PARFITT G, *et al.* Submaximal exercise-based equations to predict maximal oxygen uptake in older adults:a systematic review[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2016, 97(6):1003-1012.
- [29] LYTTLE J R, KRAVITS D M, MARTIN S E, *et al.* Predicting energy expenditure of an acute resistance exercise bout in men and women[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2019, 51(7): 1532-1537.
- [30] PARKINGTON T, MADEN-WILKINSON T, KLONIZAKIS M, *et al.* Comparative perceptual, affective, and cardiovascular responses between resistance exercise with and without blood flow restriction in older adults[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(23):16000.
- [31] BRZYCKI M. Strength testing--predicting a one-rep max from reps-to-fatigue[J]. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 1993, 64(1):88-90.
- [32] 陈金鳌,张林,李亚峰,等. 长期抗阻运动对中老年人颈动脉顺应

- 性的影响[J]. 体育科学, 2014, 34(2):60-67.
- [33] HERTLING D, KESSIER R M. Management of common musculoskeletal disorders[M]. New York: Lippincott, 2016:1.
- [34] LICHTENBERG T, VON STENGEL S, SIEBER C, *et al.* The favorable effects of a high-intensity resistance training on sarcopenia in older community-dwelling men with osteosarcopenia: the randomized controlled FrOST study[J]. *Clinical Interventions in Aging*, 2019, 14:2173-2186.
- [35] GHASEMIKARAM M, CHAUDRY O, NAGEL A M, *et al.* Effects of 16 months of high intensity resistance training on thigh muscle fat infiltration in elderly men with osteosarcopenia[J]. *GeroScience*, 2021, 43(2):607-617.
- [36] BORG G A V. Psychophysical bases of perceived exertion[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1982, 14(5):377-381.
- [37] MAYS R J, GOSS F L, SCHAFFER M A, *et al.* Validation of adult omni perceived exertion scales for elliptical ergometry[J]. *Perceptual and Motor Skills*, 2010, 111(3):848-862.
- [38] MORISHITA S, TSUBAKI A, NAKAMURA M, *et al.* Rating of perceived exertion on resistance training in elderly subjects[J]. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, 2019, 17(2):135-142.
- [39] SANG P P, LI J, TAN X D, *et al.* Associations between Borg's rating of perceived exertion and changes in urinary organic acid metabolites after outdoor weight-bearing hiking[J]. *World Journal of Psychiatry*, 2023, 13(5):234-246.
- [40] COLADO J C, FURTADO G E, TEIXEIRA A M, *et al.* Concurrent and construct validation of a new scale for rating perceived exertion during elastic resistance training in the elderly[J]. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2020, 19(1):175-186.
- [41] PIERCE K, ROZENEK R, STONE M H. Effects of high volume weight training on lactate, heart rate, and perceived exertion[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1993, 7(4):211-215.
- [42] 刘文伟, 曾海涓, 曾婷, 等. 基于奥马哈系统的护理干预在接受抗阻训练的老年高血压病人中的应用效果研究[J]. *护理研究*, 2022, 36(2):299-302.
- [43] 张丽, 曹雯, 张开贵, 等. 早期抗阻训练联合连续性远红外线照射在中老年糖尿病肾病病人中的应用[J]. *护理研究*, 2024, 38(11):2034-2038.
- [44] 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.
- [45] 翟雨婷, 张建薇, 许玲, 等. 弹力带抗阻运动联合呼吸功能训练治疗老年慢阻肺稳定期合并肌少症患者的临床分析[J]. *老年医学与保健*, 2022, 28(2):291-295.
- [46] 刘冈敬. 社区老年肌少症患者等级进阶式居家抗阻联合有氧运动干预研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2021.
- [47] COLADO J C, TRIPLETT N T. Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2008, 22(5):1441-1448.

(收稿日期: 2024-07-15; 修回日期: 2024-11-16)

(本文编辑 曹妍)