



卢健,教授、博士研究生导师,主要研究方向:运动与骨骼肌衰老,青少年有氧能力评价与干预,体适能理论与实践。1985年毕业于西南大学生命科学学院生物化学专业(本科);1992年毕业于华东师范大学体育与健康学院运动生物化学专业(硕士);1998年毕业于华东师范大学体育与健康学院运动生物化学专业(博士);2009年作为访问学者在芬兰于韦斯屈莱大学运动与健康科学学院学习工作。现任华东师范大学体育与健康学院实验教学中心主任,中国老年学会衰老与抗衰老科学委员会委员。曾先后任教于西南科技大学生命科学院、广州体育学院和华东师范大学体育与健康学院。曾任国家皮划艇队、广东体操中心、蹦床中心、击剑中心科研教练。

骨骼肌衰减症与运动干预研究进展

卢 健

摘 要: 肌肉衰减症是指具有渐进性、全身性的骨骼肌质量和力量丢失为特征的综合症状,该综合症状伴有身体活动能力丧失,生活质量下降甚至死亡等严重后果的风险。骨骼肌质量和功能降低(肌肉力量下降和/或身体活动能力下降)是评判骨骼肌衰减症的临床诊断标准。有氧运动,尤其是抗阻训练和快速力量训练是改善老年人骨骼肌力量和身体活动能力的有效方法。本文综述了骨骼肌衰减的定义和临床诊断标准,以及运动干预的研究成果,以期为国内骨骼肌衰减症的基础研究和临床应用研究提供借鉴和参考。

关键词: 肌肉衰减症;老年人;运动干预

中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2015)03-0001-07

Progress of the Researches on Sarcopenia and Exercise Intervention

LU Jian

(East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: Sarcopenia is a syndrome characterized by progressive and generalized loss of skeletal muscle mass and strength with a risk of adverse outcomes such as physical disability, poor quality of life and death. Sarcopenia is clinically diagnosed by using the criteria of low muscle mass and low muscle function (either low strength and/or low physical performance). Aerobic exercise, especially resistance training and fast strength training is an effective intervention for improving skeletal muscle strength and physical functioning of the old people. The article summarizes the definition and clinical diagnostic criteria of sarcopenia as well as the research outcome of exercise intervention in order to provide reference for the basic study and clinical application research of sarcopenia in China.

Key Words: Sarcopenia; old people; Exercise Intervention

自 1989 年 Rosenberg^[1]提出骨骼肌衰减概念以来,人们逐渐意识到这是人体衰老所面临的不可回避的问题,相关学者以期通过对骨骼肌衰减的研究,发现延缓骨骼肌衰减发生、发展的手段来提高老年人的生活质量,降低因骨骼肌衰减及其带来的医疗成本的增加。目前,我国已经进入老年社会,2012 年底我国 60 岁以上的老年人口达到了 1.94 亿,预计 2033 年将突破 4 亿。面对我国未富先老的国情,2009 年国家老龄办会同相关部门开展了“国家应对人口老龄化战略研究”,以实现“健康老龄化”和“积极老龄化”战略。延缓骨骼肌衰减的发生发展是实现该战略的一个重要方面,但国内相关的基础研究和应用研究还比较薄

弱,本文通过对骨骼肌衰减与运动干预相关文献的综述,以期为国内在该领域的基础研究和临床应用研究提供借鉴和参考。

1 Sarcopenia 术语的翻译

1989 年美国 Tufts 大学的 Rosenberg 针对老年人群中出现的骨骼肌老化现象,首先提出了“Sarcopenia”这一术语^[1]。其术语来自希腊语的合成词,前缀“Sarco-”代表“肌肉”的意思,后缀“penia”代表“减少”的意思。因此,国内的中文翻译为“肌肉减少症”,“少肌症”,“骨骼肌减少症”,

收稿日期: 2015-05-10

基金项目: 上海市浦江人才计划(10PJJC029);“青少年健康评价与运动干预教育部重点实验室”建设项目(40500-541235-14203 / 004)。

作者简介: 卢健,男,教授,博士研究生导师。主要研究方向:运动与骨骼肌衰老;青少年有氧能力评价与干预;体适能理论与实践骨骼肌损伤机制。

作者单位: 华东师范大学体育与健康学院;青少年健康评价与运动干预教育部重点实验室 上海 200241



也有翻译为“老年性骨骼肌衰弱”,“衰老性肌肉丢失”,“肌力流失”等等^[2-9]。笔者曾与 2007^[10]年和 2014 年^[11]将这一术语翻译为“骨骼肌衰减症”,笔者认为这样翻译体现了这一术语的内在本质,即随着年龄的增加(衰老)而出现的骨骼肌质量的减少、力量的下降、功能的减弱这一衰老现象。称之为“征”,即现象;而非“症”,即疾病。但随着老龄人口的不断增加,相关研究的不断深入,尤其是 2009 年欧洲老年人骨骼肌衰减工作组(The European Working Group on Sarcopenia in Older People, EWGSOP)对其重新定义^[12],2011 年国际老年人骨骼肌衰减工作组(The International Working Group on Sarcopenia in Older People, IWGS)的定义^[13],以及 2014 年骨骼肌衰减国际联盟(The International Sarcopenia Initiative, ISI)所达成的共识^[14],笔者认为将“Sarcopenia”翻译为“骨骼肌衰减症”更为贴切,将之视为一种新的慢性疾病,以利于相关基础研究和临床应用研究。

2 骨骼肌衰减症共识

1989 年 Rosenberg^[1]提出了骨骼肌衰减这一术语,指出骨骼肌衰减症是指随着年龄的增加出现的瘦体重下降的现象。

2009 年 EWGSOP 提出了与年龄增加相关的骨骼肌衰减症的临床应用定义和统一的诊断标准^[12],其临床定义为:骨骼肌衰减症是指具有渐进性、全身性的骨骼肌质量和力量丢失为特征的综合症,该综合症伴有身体活动能力的丧失、生活质量的降低甚至死亡等严重后果的风险。其临床诊断标准为:骨骼肌质量减少,骨骼肌功能降低(骨骼肌力量下降和/或身体活动能力下降)。EWGSOP 认为只有在骨骼肌质量减少和骨骼肌功能下降这两个特征同时出现时才能诊断为骨骼肌衰减症。

2011 年 IWGS 提出了骨骼肌衰减症的定义和诊断标准^[13]。其定义为:骨骼肌衰减症是指与年龄增加相关的骨骼肌质量和骨骼肌功能的丢失。IWGS 提出了基于全身去脂肪骨骼肌质量或四肢去脂肪骨骼肌质量并结合身体活动能力作为骨骼肌衰减症的临床诊断标准。

迄今为止,大多数关于骨骼肌衰减症的研究所使用的定义并不完全统一。例如,有些研究所采用的定义仅仅基于骨骼肌质量的下降,而没有考虑到骨骼肌力量的变化和骨骼肌功能的变化。由于定义标准的不统一,往往造成对骨骼肌衰减症研究的不利影响,其研究结果和质量效果难以进行比较。然而,随着骨骼肌衰减症的临床操作定义的执行,使之可以确诊老年人是否出现了骨骼肌衰减症,并能明确哪些治疗手段是有效的。为此,2013 年 EWGSOP、IWGS 以及来自亚洲和美国的专家在一起成立了骨骼肌衰减症国际联盟,并达成了骨骼肌衰减症共识^[14],系统阐述了基于骨骼肌质量和骨骼肌功能(骨骼肌力量和身体活动能力)的定义,评估了骨骼肌衰减症的发病率,总结了运动和营养治疗骨骼肌衰减症在骨骼肌质量和功能两个方面的效果。

EWGSOP 还将骨骼肌衰减症分为 3 种情况^[12]:(1)骨骼肌衰减症初期:以骨骼肌质量减少为特征,但骨骼肌力量和身体活动能力没有受到影响。(2)骨骼肌衰减症中

期:以骨骼肌质量减少为特征,并伴有骨骼肌力量或者身体活动能力的下降。(3)骨骼肌衰减症晚期:骨骼肌质量明显减少,骨骼肌力量明显下降、身体活动能力明显下降。

3 骨骼肌衰减症的评判

3.1 评判程序(见图 1)

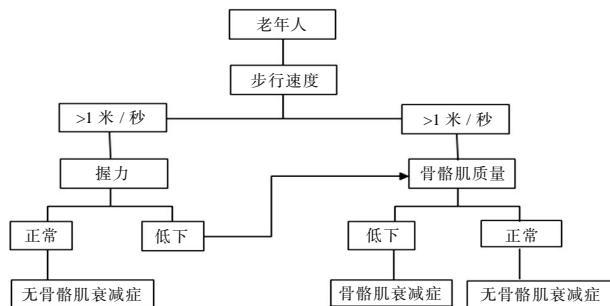


图 1 骨骼肌衰减症诊断程序^[15]

Figure 1 Diagnostic Procedure of Sarcopenia

3.2 步行速度

老年人无需帮助能从座椅上站起,向前步行 4 m,评价其平均速度。

3.3 握力

人使用握力计评价老年人的握力。握力与下肢肌肉力量、伸膝力矩和腓肠肌横断面面积呈高度正相关。

3.4 四肢骨骼肌质量指数(Appendicular Skeletal Muscle mass Index, ASMMI)

ASMMI 被广泛认为是判定 Sarcopenia 的一个重要参数,它是四肢骨骼肌(appendicular skeletal muscle, ASM)的质量与身高平方的比值,即 $ASM/height^2 (kg/m^2)$ 。ASM 值可由计算机断层扫描(CT)、核磁共振(MRI)、双能 X-射线吸收谱(Dual energy X-ray absorption, DEXA)以及生物电阻抗(BIA)等手段来测定。对老年人而言,当其 ASMMI 值低于其青年对照组 ASMMI 值 $2 \times SD$ 以上或男性 $ASMMI < 7.23 kg/m^2$ (女性 $ASMMI < 5.67 kg/m^2$)时即可判定为骨骼肌衰减症^[16]。

4 骨骼肌衰减症的发生率

ISI 在 PubMed 数据库中检索到 2000 年 1 月至 2013 年 5 月公开发表的研究 1 081 篇,符合骨骼肌衰减症定义和诊断标准的只有 15 篇^[14],根据骨骼肌衰减症的定义和诊断标准,生活在社区的老年人群骨骼肌衰减症的发生率为 1%~29%(女性高达 30%)^[15-24]。长期生活在护理机构中的老年人骨骼肌衰减症的发生率为 14%~33%(男性高达 68%)^[25,26]。而急性住院老年人骨骼肌衰减症的检测率为 10%^[27]。

大多数的研究发现,肌肉衰减的发生率随着年龄的增加而增加^[23,24,27],但是也有一个研究发现,肌肉衰减的发生率随年龄的增加而减少^[25]。通过性别与肌肉衰减关系的研究



究发现,男性肌肉衰减的发生率高于女性^[26]。而另有研究发现女性发生肌肉衰减和严重肌肉衰减的发生率高于男性^[21]。在进一步的研究中发现,75岁以下的老年人中女性发生肌肉衰减的数量高于男性,而在85岁以上的老年人中,男性发生肌肉衰减的人数高于女性^[24]。然而大多数研究认为肌肉衰减的发生率与性别没有显著性相关,其可能原因与研究对象的人数有关系,85岁以上男性的存活数量本身就小于女性。

5 骨骼肌衰减症发生发展的机制

研究发现50岁以后骨骼肌的横切面积每年减少1%^[28,29],骨骼肌纤维大小和数量减少^[30]。大多数日常体力活动和亚极量运动(例如,步行)主要募集I型骨骼肌纤维,高强度的活动才首先募集II型骨骼肌纤维。Lexell等人研究发现,衰老引起了股外侧肌II型骨骼肌纤维选择性萎缩,这可能与老年人高强度体力活动减少有关^[29,31]。在骨骼肌纤维中,非收缩区域面积减少与肌球蛋白横桥数量的减少一致,单根肌纤维的力量下降。T管二氢吡啶受体数量减少而解偶联的利阿诺定受体数量增加,致使收缩时间减少和最大缩短速度下降^[13]。

骨骼肌衰减症的分子机制与骨骼肌蛋白质合成与分解的不平衡有关。肌肉肥大的研究证实,合成代谢激素和肌肉活动激活了PI3K/Akt信号通路,通过mTOR和SGK1激活了骨骼肌蛋白质的合成,通过磷酸化叉头转录因子抑制了即萎缩。磷酸化的叉头转录因子起抑制作用,降低了肌肉特异性E3泛素连接酶、肌肉萎缩因子(MAFbx/atrogenin 1)和指环-1(MuRF-1),继而通过泛素蛋白酶系统阻止了蛋白质的降解。研究发现,与青年组比较,老龄啮齿动物骨骼肌MuRF-1和MAFbx/atrogenin 1表达显著性上调,较青年组增加了90%^[32]。骨骼肌也含有一个重要的自分泌的信号分子限制骨骼肌的生长,即肌肉生长抑制素(myostatin, MSTN)。肌肉生长抑制素是转化生长因子 β 家族中的一个成员,是骨骼肌肥大的抑制剂,对骨骼肌的生长调节起着重要作用。

6 运动对骨骼肌衰减症的影响

骨骼肌衰减症的运动干预实验研究^[33-39]调查了运动对60~95岁老年人肌肉参数的影响,研究中用肌肉质量、肌肉力量和快速力量来评估运动对骨骼肌衰减症的影响,分别采用坐起、12 min走、登楼梯、TUG测试(记录被试者从椅子上站起来,然后向前走3 m,再转身回来坐在椅子所用的时间)。

研究发现,为期3~18个月的抗阻训练,与对照组(低强度的居家活动或标准的康复活动)比较,单独采用抗阻训练肌肉质量得到了提高^[23,29],肌肉力量得到了改善^[33,35,39]。身体活动能力(站起、登楼梯、12 min步行)得到了改善^[34,35,39]。

对246名女性进行为期3~18个月混合练习干预(有氧练习、抗阻练习、柔韧性练习和平衡性练习)^[36-38]研究发现,与对照组比较混合练习改善了肌肉质量、肌肉力量和身体活动能力^[37]。在2个不区分性别的研究中发现^[36,38],与

对照组比较,3个月的混合练习,2个研究中有1个研究发现肌肉质量没有改善^[38],但肌肉力量和身体活动能力得到了改善。而另外1个研究没有发现身体活动能力的改善^[38]。

一般认为体力活动可以减缓骨骼肌质量和功能下降。Raguso等人对老年人长期体力活动与身体成分关系的研究发现^[40],休闲体力活动并不能阻止老年人身体成分的改变。在这项长期研究中,老年人每天进行中等强度到大强度体力活动的平均时间为90 min,约有70%的老年人每天有60 min中等强度到大强度的体力活动。这些体力活动包括爬楼梯、慢跑、打网球、滑雪和游泳等,但没有一个老年人进行抗阻训练。尽管这些老年人的体力活动水平达到甚至超过了美国心脏病联合会所建议的水平^[41],但是对于他们维持瘦体重、降低身体脂肪来说还是不够的。产生这一矛盾结果的原因可能与这些老年人过高地估计了他们的体力活动水平。Mitchell等人的研究也发现了类似的结果^[42]。他们发现老年人瘦体重与体力活动水平、膳食无关。Kent-Braun等人报道^[43],高水平的体力活动可以缓解骨骼肌氧化能力的下降和骨骼肌衰减。他们认为骨骼肌氧化能力的降低不是衰老的必然结果。产生这些矛盾的研究结果可能与不同研究的设计、身体活动的数量和质量以及被研究者的自我感觉有关。遗憾的是很少有对80岁以上老年人体力活动的研究,而80岁以上的老年人骨骼肌衰减的发生率最高。有越来越多的研究者对老年人进行抗阻训练以改善骨骼肌力量和功能的研究产生了兴趣。

6.1 抗阻训练

研究证实^[44],抗阻训练是老年人安全有效改善骨骼肌质量和力量的干预方法,例如,在2~3 s时间内进行向心收缩或离心收缩。研究发现,抗阻训练可增加骨骼肌蛋白质合成^[45],激活骨骼肌卫星细胞,继而发生卫星细胞增殖^[46],增加合成代谢激素的分泌,降低分解代谢细胞因子的活性^[47]。抗阻训练增加了老年人I型和II型骨骼肌纤维的横断面积和瘦体重,从而使骨骼肌力量增加^[48]。Candow等人报道^[49],健康老年人(60~71岁)进行为期22周的抗阻训练(每周3次)能有效地阻止瘦体重的下降,局部肌肉体积增加,上肢和下肢力量提高。对年轻男性进行抗阻训练的研究也发现了同样的结果。

一般认为,抗阻训练能有效地改善骨骼肌的功能,提高生活质量。Peterson等人对49个涉及1328名50岁以上的老年人的随机和非随机实验研究进行了Meta分析发现,抗阻训练能够增加老年人的瘦体重,瘦体重增加的多少与进行抗阻训练的数量有关,而且认为,老年人应该尽早开始抗阻训练以获得训练带来的好处^[50]。Latham等人进行了系统的文献研究发现,大多数的抗阻训练为8~12周,每周训练2~3次,每次进行2~3组重复8~10次65%1RM的负重练习。这类抗阻练习主要进行向心收缩和离心收缩,对离心收缩力量影响较小。大多数研究发现其骨骼肌力量增加,但像坐起和TUG这些功能性测试得分变化不大^[51]。Liu就121个涉及渐进抗阻训练对身体功能影响的研究(6700人)进行了系统评价发现,大多数的渐进性抗阻训练采用每周2~3次高强度训练,对骨骼肌力量的增加



有积极的效应,但身体活动能力无显著性变化,步行速度有一定的提高,坐起活动能力有明显改善。笔者认为渐进性抗阻训练能有效地改善老年人骨骼肌力量和身体活动能力,其中包括完成一些简单或复杂的任务。但笔者提醒,在这些研究中缺乏对意外不良事故的报道,因此,对将渐进性抗阻训练应用于临床应持谨慎的态度^[52]。Raue 等人^[53]研究了一次急性抗阻训练和 12 周渐进性抗阻训练对年轻人和老年人骨骼肌转录组的影响。转录组包括 1 个细胞或一组细胞的全部 RNA 分子,包括 mRNA、rRNA、tRNA 和其他非编码 RNA。笔者发现,有 661 个基因对抗阻训练产生了急性适应性反应。渐进性抗阻训练后骨骼肌大小和力量的增加与之相一致。骨骼肌纤维类型的基因芯片扫描结果提示,老年人快收缩肌纤维对抗阻训练引起的基因表达的变化具有特异性。转录组数据强烈提示,骨骼肌对运动刺激的反应潜力的大小与骨骼肌的分子环境有关。这为进一步研究骨骼肌衰减的分子生物学基础和抗阻训练对特异性骨骼肌纤维类型的影响提供了一个新的研究视角。

6.2 有氧运动训练

衰老过程中,有氧运动能力逐渐下降,在整体水平上表现为最大摄氧量下降。在器官和系统水平上表现为心血管机能降低,在细胞水平上表现为骨骼肌线粒体数量和质量的减少^[54-57]。众所周知,有氧运动能够增加骨骼肌线粒体的数量,尤其是衰老的骨骼肌。骨骼肌对有氧运动的适应是运动引起线粒体基因转录增加的结果。在急性运动中,骨骼肌收缩所产生的各种信号,包括 Ca^{2+} 、AMP 等,激活了细胞中的信号转导(例如,钙调蛋白激酶 CaMK、腺苷酸活化蛋白激酶 AMPK 等),引起了线粒体基因转录上调。有氧运动引起了线粒体基因转录的累加效应,从而引起线粒体蛋白合成增加和新的线粒体蛋白输入^[57]。过氧化物酶增殖激活受体 γ 辅助因子 1α (PGC- 1α) 是线粒体生物发生中的关键调节因子,因为它具有辅助激活多个转录因子继而调节线粒体生物发生的作用^[58]。运动引起了骨骼肌中 PGC- 1α 的短暂时转录激活,有助于维持衰老骨骼肌的质量和有氧能力^[59]。有氧训练后线粒体数量增加功能得到改善,这将改善整个机体的代谢调节,降低氧化应激水平,维持最佳的运动能力^[60,61]。特异性敲出骨骼肌 PGC- 1α 的小鼠,表现出线粒体生物发生受损,加速了骨骼肌衰减的发生^[62],而 PGC- 1α 过表达的小鼠,表现出线粒体体积的增大,具有抵抗区神经支配和禁食引起的骨骼肌萎缩的作用^[63]。众所周知,有氧训练增加了胰岛素敏感性,但其机制还不是很清楚^[64]。Holloszy 认为这一作用依赖于胰岛素信号,葡萄糖转运增加和线粒体功能的改善^[65]。胰岛素抵抗是衰老的共同特征^[66],胰岛素抵抗通过降低胰岛素或胰岛素样生长因子(IGFs)的生物学作用,加速了骨骼肌质量的丢失,推测胰岛素对骨骼肌质量的调控主要以剂量依赖的方式抑制骨骼肌蛋白质的降解^[67]。

6.3 快速力量训练

直到最近,有关力量训练的研究都主要集中在如何增加骨骼肌的力量,对快速力量训练的研究较少。快速力量

是力量与速度的产物。快速力量的下降较绝对力量的下降快得多(60 岁以后每年以 3%~4% 的速度下降),从而使快速产生力量的能力下降^[68]。骨骼肌快速力量是进行日常体力活动的重要指标(例如,园艺工作、搬运生活用品、爬楼梯等等)快速力量随年龄的增加出现或快或慢的下降^[69]。快速抗阻训练是老年人提高快速力量的有效手段^[70],例如,在每次进行力量练习时,以尽可能快的速度进行向心收缩,然后以较慢的速度(2 s 左右)进行离心收缩。由于衰老骨骼肌 II 型肌纤维萎缩,快速力量训练对于维持 II 型肌纤维和骨骼肌的整体功能水平很重要。一些研究表明老年人进行快速抗阻训练,由于募集到较多的 II 型肌纤维运动单位,其快速力量显著性提高^[71-73],因此,在为老年人设计运动方案时应适当考虑一些快速抗阻训练。Henwood 报道,每周进行 2~3 次,每次 3~4 组 20~80 1RM 的快速力量训练,持续 8~16 周,肌肉力量、快速力量、身体活动能力有显著性改善^[74,75]。有研究比较了力量训练与快速力量训练,发现肌肉力量都有相似的改善,但快速力量训练引起的变化更显著^[76]。这些研究证实,力量训练和快速力量训练所引起的生理学反应存在密切的联系。

7 老年人体力活动建议

骨骼肌衰减症患者进行运动锻炼需要明确运动的数量和质量。老年人进行运动锻炼应该有一个推荐的体力活动水平的训练计划,依据运动强度、运动持续的时间、运动频率(每周运动的次数),循序渐进地达到所建议的体力活动水平^[41]。对于老年人来说,体力活动包括娱乐活动和闲暇活动、步行或骑车上下班、职业活动(如果还在工作的话)、家务、运动、家庭和社区活动等等^[77]。

有氧运动能改善老年人的代谢调控,降低氧化应激,维持运动能力。老年人应该每周有 5 d 进行 30 min 中等强度的有氧运动,或者每周有 3 d 进行 20 min 大强度的有氧运动^[41]中等强度的有氧运动,其强度的绝对值应该为 3.0~5.9 梅脱,其相对值相当于自我感觉 5 或 6 级运动强度(锻炼者将运动强度从小到大分为 10 等级,等级 5 或 6 相当于中等强度)。大强度的有氧运动其绝对值为 6 梅脱及其以上的运动强度,其相对值为自我感觉 7 或 8 级运动强度。每次有氧运动的时间应不少于 10 min。

抗阻训练是安全、有效、可行的骨骼肌肥大和提高力量的手段,老年人应该尽可能早地开始抗阻训练,以获得理想的抗阻训练效益。为改善老年人骨骼肌的质量和力量,可采用涉及多关节和单关节的力量练习(自由重量和器械力量练习)。收缩速度慢到中等,每个练习动作做 1~3 组,采用 60%~80% 1RM 的负荷,重复 8~12 次,组间休息间隙 1~3 min,每周 2~3 d。抗阻训练需要渐进性增加负荷,保持 8~12 次的重复次数。为老年人设计抗阻训练计划时,还应该适当涉及快速力量训练的内容。

渐进性抗阻训练能有效改善老年人骨骼肌力量和身体活动能力,但是采用这种方法需要特别小心谨慎,避免不良事故的发生。老年人快速力量训练需要涉及多关节和单关节的力量训练,用轻到中等负荷的重量(30%~60% 1RM),快速重复 6~10 次,每个练习做 1~3 组(见表 1)。



表 1 老年人运动指南建议
Table 1 Guidance for the Exercise of the Aged

运动方式	运动频率	运动强度	持续时间/组数
有氧运动	每周至少 5 次中等强度的运动, 或 3 次大强度运动。	中等强度, 10 分制的 5~6 分 (呼吸频率和心率有明显增加) 大强度, 10 分制的 7~8 分 (呼吸频率和心率有非常显著性的增加)	每天中等强度的体力活动累计时间至少不低於 30 min, 每次体力活动的时间不低於 10 min。
抗阻运动	每周至少 2 次	60%~80% 的 1RM 重量, 慢速到中等速度。 轻到中等负荷 (30%~60% 的 1RM 重量)	8~10 个练习动作。 每个练习动作 1~3 组。 每个练习动作重复 8~12 次 (组间间歇时间 1~3 min)。 每个练习动作 1~3 组, 重复 6~10 次。
涉及大肌肉群的抗阻运动 (自由重量或力量训练器械)	每周 2 次	高速度重复	
快速力量练习	每周 2 次		
仅在抗阻练习后进行。			

为减少运动损伤和其它不良事故的发生,老年人在进行运动前最好就运动方式和运动量咨询保健指导人员,采取合适的运动,进行抗阻训练最好在有经验的指导者的监督下进行。

8 结束语

骨骼肌衰减症是随着年龄的增加出现以骨骼肌质量、力量和身体活动能力下降为特征的综合症,抗阻训练是延缓骨骼肌衰减发生、发展的有效干预手段,值得深入研究。

参考文献:

[1] Rosenberg I. (1989). Summary comments: epidemiological and methodological problems in determining nutritional status of older persons. *Am J Clin Nutr.* 50:1231-3.

[2] 林华,等.增龄与骨骼肌退变[J].中华骨科杂志,2001(01):53-55.

[3] 张宏,等.老年骨骼肌减少症研究进展及展望[J].中国康复,2003(02):115-117.

[4] 张宏,等.推拿对骨骼肌减少症患者伸膝速度和肌电的干预作用[J].上海中医药大学学报,2005(02):40-41.

[5] 温煦,等.骨骼肌减少症研究进展[J].中国运动医学杂志,2008(05):670-673.

[6] 方磊,等.增龄性骨骼肌减少症诊断与干预的研究现状[J].中国组织工程研究与临床康复,2009(02):392-395.

[7] 李文惠,等.Sarcopenia 之研究进展[J].中国老年学杂志,2010(19):2857-2860.

[8] 温煦,等.中国城镇居民骨骼肌含量和骨骼肌力量在增龄过程中的变化研究[J].体育科学,2010(03):36-41.

[9] 李海鹏,等.Sarcopenia 关联的线粒体介导的细胞凋亡信号通路的增龄性变化及爬梯运动对其的影响[J].体育科学,2010(07):56-61.

[10] 李海鹏,卢健,等.Sarcopenia 机制研究进展[J].体育科学,2007(11):66-69.

[11] 卢健.我国肌肉衰减征的研究进展[J].老年医学与保健,2014(6):364-367.

[12] Cruz-Jentoft AJ, et al. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working

Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing.* 39:412-423.

[13] Fielding RA, et al. (2011). Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences. International Working Group on Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc.* 12:249-256.

[14] Cruz-Jentoft AJ, et al. (2014). Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age and Ageing,* 43: 748-759.

[15] Iolascon. G, et al. Physical exercise and sarcopenia in older people: position paper of the Italian Society of Orthopaedics and Medicine (OrtoMed)

[16] Newman AB, et al. (2003). Sarcopenia: Alternative definitions and associations with lower extremity function. *J Am Geriatr Soc.* 51:1602-1609.

[17] Landi F, et al. (2013a). Sarcopenia and mortality risk in frail older persons aged 80 years and older: results from iLSIRENTE study. *Age and Ageing,* 42: 203-9.

[18] Landi F, et al. (2013b). Association of anorexia with sarcopenia in a community-dwelling elderly population: results from the iLSIRENTE study. *Eur J Nutr,* 52: 1261-8.

[19] Lee WJ, et al. (2013). Comparisons of sarcopenia defined by IWGS and EWGSOP criteria among older people: results from the I-Lan longitudinal aging study. *J Am Med Dir Assoc,* 14: 528.e1 - 7.

[20] Legrand D, et al. (2013). The prevalence of sarcopenia in very old individuals according to the European consensus definition: insights from the BELFRAIL study. *Age and Ageing* 42: 727-34.

[21] Patel HP, et al. (2013). Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older people in the UK using the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) definition: findings from the Hertfordshire Cohort Study (HCS). *Age and Ageing,* 42: 378 - 84.

[22] Tanimoto Y, et al. (2012). Association between sarcopenia and higher-level functional capacity in daily living in community-dwelling elderly subjects in Japan. *Arch Gerontol Geriatr,* 55: e9-13.



- [23] Volpato S, et al. (2014). Prevalence and clinical correlates of sarcopenia in community-dwelling older people: application of the EWGSOP definition and diagnostic algorithm. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 69: 438 - 46.
- [24] Yamada M, et al. (2013). Prevalence of sarcopenia in community-dwelling Japanese older adults. *J Am Med Dir Assoc*. 14: 911-5.
- [25] Bastiaanse LP, et al. (2012). Prevalence and associated factors of sarcopenia in older adults with intellectual disabilities. *Res - Dev Disabil*. 33:2004-12.
- [26] Landi F, et al. (2012). Prevalence and risk factors of sarcopenia among nursing home older residents. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 67:48-55.
- [27] Gariballa S, et al. (2013). Sarcopenia: prevalence and prognostic significance in hospitalized patients. *Clin Nutr*. 32:772-6.
- [28] Frontera WR, et al. (2000). Aging of skeletal muscle: A 12-year longitudinal study. *J Appl Physiol*. 88:1321-1326.
- [29] Lexell J, et al. (1988). What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci*. 84:275-294.
- [30] Lexell J, et al. (1983). Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: Effects of aging studied in whole muscle cross sections. *Muscle Nerve*. 6:588-595.
- [31] Porter MM, et al. (1995). Aging of human muscle: Structure, function and adaptability. *Scand J Med Sci Sports*. 5:129-142.
- [32] Clavel S, et al. (2006). Atrophy-related ubiquitin ligases, atrogen-1 and MuRF1 are up-regulated in aged rat tibialis anterior muscle. *Mech Ageing Dev*. 127:794-801.
- [33] Binder EF, et al. (2005). Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: results of a randomized, controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 60: 1425-31.
- [34] Bonnefoy M, et al. (2003). The effects of exercise and protein-energy supplements on body composition and muscle function in frail elderly individuals: a long-term controlled randomised study. *Br J Nutr*. 89:731-9.
- [35] Bunout D, et al. (2001). The impact of nutritional supplementation and resistance training on the health functioning of free-living Chilean elders: results of 18 months of follow-up. *J Nutr*. 131:2441s-6s.
- [36] Goodpaster BH, et al. (2008). Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: a randomized controlled trial. *J Appl Physiol* (1985). 105:1498-503.
- [37] Kemmler W, et al. (2010). Exercise, body composition, and functional ability: a randomized controlled trial. *Am J Prev Med*. 38:279-87.
- [38] Rydwick E, et al. (2008). Effects of a physical and nutritional intervention program for frail elderly people over age 75. A randomized controlled pilot treatment trial. *Ageing Clin Exp Res*. 20:159-70.
- [39] Suetta C, et al. (2008). Resistance training induces qualitative changes in muscle morphology, muscle architecture, and muscle function in elderly postoperative patients. *J Appl Physiol* (1985). 105:180-6.
- [40] Raguso CA, et al. (2006). A 3-year longitudinal study on body composition changes in the elderly: role of physical exercise. *Clin Nutr*. 25:573-580.
- [41] Nelson M, et al. (2007). Physical activity and public health in older adults. Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 116:1094-1105.
- [42] Mitchell D, et al. (2003). Body composition in the elderly: the influence of nutritional factors and physical activity. *J Nutr Health Aging*. 7(3):130-139.
- [43] Kent-Braun JA, et al. (2000). Skeletal muscle oxidative capacity in young and older women and men. *J Appl Physiol*. 89(3): 1072-1078.
- [44] Fiatarone MA, et al. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*. 330:1769-1775.
- [45] Schulte JN, et al. (2001). Effects of resistance training on the rate of muscle protein synthesis in frail elderly people. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 11:S111-S118.
- [46] Verdijk LB, et al. (2009). Skeletal muscle hypertrophy following resistance training is accompanied by a fibre type-specific increase in satellite cell content in elderly men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 64:332-339.
- [47] Smilios I, et al. (2007). Hormonal responses after a strength endurance resistance exercise protocol in young and elderly males. *Int J Sports Med*. 28:401-406.
- [48] Mero AA, et al. (2013). Resistance training induced increase in muscle fiber size in young and older men. *Eur J Appl Physiol*. 113(3):641-50.
- [49] Candow DG, et al. (2011). Short term heavy resistance training eliminates age-related deficits in muscle mass and strength in healthy older males. *J Strength Cond Res*. 25:326-333.
- [50] Peterson MD, et al. (2011). Influence of Resistance Exercise on Lean Body Mass in Aging Adults: A Meta-Analysis. *Med Sci Sports Exerc*. February.43(2):249-258.
- [51] Latham NK, et al. (2004). Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 59(1):48-61.
- [52] Liu CJ, et al. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*. (3):CD002759.
- [53] Raue U, et al. (2012). Transcriptome signature of resistance exercise adaptations: mixed muscle and fiber type specific profiles in young and old adults. *J Appl Physiol*. 112:1625-1636.
- [54] Johnston AP, et al. (2008). Resistance training, sarcopenia, and the mitochondrial theory of aging. *Appl Physiol Nutr Metab*. 33:191- 199.
- [55] Staunton L, et al. (2011). Proteomic profiling of mitochondrial enzymes during skeletal muscle aging. *J Aging Res*. doi:10.4061 /2011/908035.
- [56] Holloszy JO. (1967). Biochemical adaptations in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. *J Biol Chem*. 242: 2278-2282.



- [57] Hawley JA, et al. (2006). Signalling mechanisms in skeletal muscle: role in substrate selection and muscle adaptation. *Essays Biochem.* 42:1-12.
- [58] Lira VA, et al. (2010). PGC-1alpha regulation by exercise training and its influences on muscle function and insulin sensitivity. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 299: E145-E161.
- [59] Pilegaard H, et al. (2003). Exercise induces transient transcription activation of PGC-1alpha gene in human skeletal muscle. *J Physiol.* 546:851-858.
- [60] Forbes SC, et al. (2012). Exercise and nutritional interventions for improving aging muscle health. *Endocrine.* 42:29-38.
- [61] Abadi A, et al. (2009). Limb immobilization induces a coordinate downregulation of mitochondrial and other metabolic pathways in men and women. *PLoS ONE.* 4:e6518.
- [62] Wenz T, et al. (2009). Increased muscle PGC-1alpha expression protects from sarcopenia and metabolic disease during aging. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 106:20405-20410.
- [63] Sandri M, et al. (2006). PGC-1alpha protects skeletal muscle from atrophy by suppressing FoxO3 action and atrophy-specific gene transcription. *Proc Natl Acad Sci USA.* 103:16260-16265.
- [64] Hawley JA. (2004). Exercise as a therapeutic intervention for the prevention and treatment of insulin resistance. *Diabetes Metab Res Rev.* 20:383-393.
- [65] Holloszy JO. (2005). Exercise-induced increase in muscle insulin sensitivity. *J Appl Physiol.* 99:338-343.
- [66] Hildrum B, et al. (2007). Age-specific prevalence of the metabolic syndrome defined by the International Diabetes Federation and the National Cholesterol Education Program: the Norwegian HUNT 2 study. *B.M.C. Public Health.* 7:220.
- [67] Greenhaff PL, et al. (2008). Disassociation between the effects of amino acids and insulin on signaling, ubiquitin ligases, and protein turnover in human muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 295:E595-E604.
- [68] Metter EJ, et al. (1997). Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 52:B267-B276.
- [69] Puthoff ML, et al. (2007). Relationships among impairments in lower extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. *Phys Ther.* Oct.87(10):1334-1347.
- [70] Sayers SP. (2007). High-speed power training: a novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *J Strength Cond Res.* 21:518-526.
- [71] Fielding RA, et al. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc.* 50(4):655-662.
- [72] Bottaro M, et al. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol.* 99(3):257-264.
- [73] Porter MM. (2006). Power training for older adults. *Appl Physiol Nutr Metab.* 31:87-94.
- [74] Henwood TR, et al. (2008). Strength versus muscle power specific resistance training in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 63(1):83-91.
- [75] Henwood TR, et al. (2005). Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology.* 51(2):108-115.
- [76] Reid KF, et al. (2008). Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res.* 20(4):337- 343.
- [77] Global Recommendations on Physical Activity for Health. *World Health Organization.* 2011.

(责任编辑:何聪)