

中老年女性增龄性肌力流失特征的实验研究

袁德盛,张胜年*

摘要:目的:探讨中老年女性增龄性肌力流失的规律特征。方法:以85名中老年女性为实验组,按年龄分为3个年龄组,以29名青年女性为对照组,运用全身型双能X线骨密度仪、Con-Trex等速肌力测试系统进行全身肌肉质量,下肢髋、膝、踝关节屈伸等长与60°/s的等速肌力测试。结论:50年龄段的中年女性已表现出明显的肌肉质量流失、且在70岁前仍表现为以下肢肌肉质量流失为主的局部性特征。中老年女性下肢肌肉力量流失的增龄性特征表现为髋关节的肌肉力量流失最早表现,下肢肌肉收缩力量呈现快速流失的“拐点”约在60岁年龄段,且有肌肉的动态收缩力量的流失先于等长收缩力量的年龄特征。下肢三关节等长收缩力量流失呈现“髋-膝-踝”模式,60°/s的等速力量约在60岁后呈现“膝-踝-髋”模式。结论:老年女性膝关节屈肌较之伸肌可能有着更高的肌力流失速率。肌肉质量与力量流失的关系方面表现出力量流失先于质量流失的特征。

关键词:中老年女性;肌力流失;瘦体重;肌肉质量;肌肉力量

中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2022)04-0075-07

DOI:10.12064/ssr.2022012001

Experimental Study on the Characteristics of Aging Muscle Loss in Middle-aged and Elderly Women

YUAN Desheng, ZHANG Shengnian*

(Key Laboratory of Exercise and Health Sciences of Ministry of Education, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: Objective: To explore the characteristics of aging muscle strength loss in middle-aged and elderly women. Methods: 85 middle-aged and elderly women were divided into 3 age groups. 29 young women were used as the control group. The whole-body muscle mass, hip, knee and ankle flexion and extension, and 60° /s isokinetic muscle strength were measured by using the whole-body dual energy X-ray absorptiometry and Con-Trex isokinetic muscle strength testing system. Results: The middle-aged women in their 50 s showed significant muscle mass loss, and the lower limb muscle mass loss persisted before the age of 70. The age-related characteristics of the lower limb muscle strength loss in the middle-aged and elderly women were the earliest manifestation of muscle strength loss in the hip joint. The "turning point" of the rapid loss of lower limb muscle contraction strength was about 60 years old, and the loss of dynamic muscle contraction strength preceded the loss of isometric contraction strength. The loss of isometric contraction strength of the three joints of the lower limbs showed a "hip-knee-ankle" pattern; The 60°/s isokinetic strength presented a "hip-knee-ankle" pattern after the age of 60. Conclusion: Elderly women's knee flexors may have a higher rate of muscle loss than extensors. The relationship between muscle mass and strength loss reveals that strength loss precedes mass loss.

Keywords: middle-aged and elderly women; muscle loss; lean body weight; muscle mass; muscle strength

收稿日期:2022-01-20

基金项目:上海市科委地方院校能力建设项目(19080503300)。

第一作者简介:袁德盛,硕士,中级康复治疗师。主要研究方向:老年人肌力流失。E-mail:yuands9191@163.com。

*通信作者简介:张胜年,男,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:运动生物力学。E-mail:zhangsnx@163.com。

作者单位:上海体育学院“运动健身科技”省部共建教育部重点实验室,上海 200438。



肌力流失 (sarcopenia) 是指中老年人表现出以肌肉质量、力量和身体活动能力下降为主要特征的综合症(或症候群)^[1-3],是生命个体衰老进程中骨骼肌衰老的重要表征之一。自 1989 年 Rosenberg 首次提出肌力流失概念以来,老年人肌力流失问题就受到老年医学、运动科学界的关注。科研人员、临床医生等对老年人肌力流失从流行病学筛查、测试分析评估以及肌器官衰老分子生物学机制等方面进行了较为广泛的探讨。Melton 等^[4]对 20~80 岁 649 名受试者(男 345 人,女 349 人)进行肌肉质量测试并以年龄分层分析,结果表明 65 岁以上人群肌力流失发生率为 6%~15%。Fleg 等^[5]的研究显示,人体的肌肉质量从 40 岁开始每 10 年下降 6%左右,女性肌肉质量流失的起始年龄较男性早些;70 岁以上的老年男性较 40 岁以下年龄段骨骼肌质量减少约 18%。Baumgartner 等^[6]对 65~85 岁年龄段的老年人瘦体重变化进行测评,结果表明瘦体重减少约为 6%~7%,且瘦体重流失的 60%是四肢肌肉。Janssen 等^[7-8]研究报告女性不论是肌肉绝对质量还是相对质量均低于男性,且在下肢尤为明显。研究认为老年人的肌力流失与运动功能障碍、跌倒风险、全因死亡等有着高度关联性^[9]。在肌力流失的评价方面,老年人肌力流失国际工作组、欧洲工作组及亚洲工作组都提供了相应的评价规范与标准^[10]。近十几年来,运动科学更多关注肌力流失的运动干预、应用及与其他慢性病之间相关研究。有关运动干预研究主要集中在抗阻训练及有氧运动对肌力流失干预的有效性等方面^[9-13]。从生物学适应性角度来讲,人类衰老进程中日常劳

作及运动习惯等方面的差异,导致身体功能退化尤其是肌肉的肌力流失出现非均衡性特征。这种非均衡性肌力流失影响着人体运动链稳态及其运动机能表现,增加老年人跌倒风险。抗阻训练作为应对老年人肌力流失的运动干预方案备受关注,相关研究主要集中在运动负荷实施及生物学机制探讨,对于中老年人肌力流失的增龄性、非均衡性特征以及肌肉质量与力量流失关系等方面的研究尚未见报道。鉴于此,本研究旨在探讨中老年人增龄进程中肌力流失的非均衡性特征,为运动干预方案的制定提供实验依据。

1 对象与方法

1.1 实验对象与分组

在上海市杨浦区招募自愿参与实验的中老年女性为实验组、上海体育学院非运动专业青年女性学生为对照组。实验对象纳入标准:(1)中老年女性年龄 50~75 岁,女性学生 20~30 岁;(2)半年内无重大疾病及传染病;(3)无手术史和神经系统疾病;(4)半年内无运动损伤;(5)有配合实验进行的能力。排除标准:(1)生活不能自理者;(2)运动员和强体力工作者;(3)规律力量训练者;(4)精神状态无法配合实验者;(5)注射胰岛素的糖尿病患者;(6)不符合实验要求的其他因素。最终选取中老年女性(56~70 岁)85 人、青年女性(20~30 岁)29 人,共计 114 名受试者。告知实验对象本研究的测试内容、基本要求,签署知情同意书。实验对象的基本情况及分组见表 1。

表 1 受试者基本情况($\bar{X}\pm SD$)

Table 1 Basic information of subjects($\bar{X}\pm SD$)

| | 青年组(n=29) | 56~60 岁组(n=28) | 61~65 岁组(n=28) | 66~70 岁组(n=29) |
|---------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| 年龄 / 岁 | 24.49±1.73 | 56.86±3.80 | 63.40±1.47 | 68.68±2.01 |
| 身高 / cm | 161.91±6.88 | 158.81±6.17 | 158.40±5.16 | 156.30±4.33 |
| 体重 / kg | 56.07±7.53 | 61.48±6.80 | 57.92±7.67 | 56.46±9.54 |
| ET·W ⁻¹ /min | 164.70±92.65 | 230.36±208.66 | 254.00±149.83 | 236.90±187.24 |
| BMI/(kg·m ⁻²) | 21.36±2.39 | 24.46±3.12 | 23.09±3.00 | 23.09±3.69 |

注:ET/W 为每周运动时间。

1.2 实验方法

应用全身型双能 X 线骨密度仪(Lunar Prodigy, 美国)对受试者进行身体成分测量分析。应用 Con-Trex 等速肌力测试仪(Physiomed, 德国)对受试者髋、膝、踝关节等长与等速 60°/s 屈、伸肌力进行测试。关节屈伸等长肌力测试;髋关节测试时受试者取

仰卧、关节屈 45°位,膝关节测试时取坐位、关节屈 75°位,踝关节测试取仰卧、关节于中立位。测试时要求受试者持续最大用力 5 s,屈伸收缩模式转换时休息 5 min。60°/s 等速肌力测试每组完成 5 个重复动作,共 2 组,组间休息 5 min。以上实验测试严格执行实验设备测试规范与基本要求并由专业人员完成。



1.3 实验参数选取及其标准化处理

双能 X 线骨密度仪扫描全身组织含量,获取上肢、下肢、躯干及身体整体的瘦体重测量变量,以评估肌肉质量流失情况,测量结果以体重为标准进行归一化处理(g/kg)。关节等速肌力测试系统,获取下肢三关节屈伸的最大等长收缩力(静态)和 60°/s 等速收缩力(低速动态),以评估肌肉力量流失情况,测量数据以体重为标准进行归一化处理(N·m/kg)。对实验数据以青年对照组数据为基线计算各实验组瘦体重比,以评估肌力流失量级(%)。

1.4 统计学处理

所有实验指标以平均值±标准差表示,使用 SPSS22.0 对测试数据进行统计学分析。采用单因素方差分析(one way anova)对不同年龄组别(青年组和 3 个中老年组)的瘦体重、不同关节肌肉力矩进行差异性检验,用 LSD 法进行组间比较,选取 $P < 0.05$ 为统计学差异的显著性水平。

2 实验结果

2.1 身体瘦体重测试结果

中老年女性瘦体重的整体总量较之青年组都有明显的衰减($P < 0.05$)(表 2、图 1),3 个年龄组段分别为青年组的 93.45%、93.16%、92.65% ($P < 0.05$)。瘦体重的身体区域性特征表现出中老年女性增龄性瘦体重衰减主要体现在下肢,3 个年龄组段的下肢肌肉质量衰减百分比分别为:86.73%、86.51%、85.07%。受试者上肢、躯干的瘦体重指标即使在 66~70 岁组还保持 97%的瘦体重比,表现出中老年女性身体区域性肌肉质量不均衡性衰减特征,但这一表现是否与小样本研究有关,有待进一步探讨。由于条件所限本实验仅就 56~70 岁段进行测试,从实验数据的年龄特征来看,女性下肢瘦体重衰减的启动年龄要远远早于本实验的下限组(56~60 岁组)。从受试者左右侧瘦体重的比例特征来看,实验结果并没有表现出左右侧的不均衡性衰退特征。

表 2 不同年龄组身体及各部位瘦体重比较(单位:g/kg)($\bar{X} \pm SD$)

Table2 Comparison of lean body weight in different age groups (unit: g/kg)($\bar{X} \pm SD$)

| 类别 | 青年组 (n=29) | 56~60 岁组 (n=28) | 瘦体 重比 | 61~65 岁组 (n=28) | 瘦体 重比 | 66~70 岁组 (n=29) | 瘦体 重比 | F | P |
|--------|---------------|--------------------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|-------|--------|
| 全身 LM | 643.96±46.15 | 601.77±29.8 [▲] | 93.45% | 599.88±30.99 [▲] | 93.16% | 596.61±42.03 [▼] | 92.65% | 9.72 | < 0.05 |
| 上肢 LM | 61.44±4.56 | 60.92±4.87 | 99.16% | 60.02±5.24 | 97.69% | 59.6±4.2 | 97.00% | 0.80 | |
| 下肢 LM | 215.22±15.8 | 186.67±9.41 [▲] | 86.73% | 186.19±12.74 [▲] | 86.51% | 183.08±15.88 [▼] | 85.07% | 33.57 | < 0.05 |
| 躯干 LM | 308.33±24.09 | 300.64±19.18 | 97.51% | 300.35±13.44 | 97.41% | 299.33±23.32 | 97.08% | 1.20 | |
| 左上肢 LM | 30.16±2.39 | 30.04±2.61 | 99.60% | 29.78±3.35 | 98.73% | 29.63±2.34 | 98.24% | 0.20 | |
| 左下肢 LM | 106.97±8.47 | 93.38±4.67 [▲] | 87.30% | 93.06±6.77 [▲] | 87.00% | 91.31±9.24 [▼] | 85.36% | 26.30 | < 0.05 |
| 左躯干 LM | 155.85±11.11 | 150.35±11.18 | 96.47% | 150.46±7.58 [▲] | 96.54% | 150.38±11.2 | 96.49% | 2.03 | |
| 右上肢 LM | 31.29±2.31 | 31.08±2.75 | 99.31% | 31.05±2.93 | 99.22% | 30.83±2.9 | 98.51% | 0.14 | |
| 右下肢 LM | 108.25±7.68 | 93.4±4.77 [▲] | 86.28% | 93.14±6.36 [▲] | 86.04% | 92.59±7.93 [▼] | 85.53% | 34.83 | < 0.05 |
| 右躯干 LM | 154.11±12.31 | 148.06±9.71 | 96.07% | 147.39±9.92 [▲] | 95.64% | 147.27±12.21 [▼] | 95.56% | 2.54 | |

注:LM 为瘦体重;▲表示 20~30 岁组与 56~60 岁组相比差异性显著, $P < 0.05$;△表示 20~30 岁组与 61~65 岁组相比差异性显著, $P < 0.05$;▼表示 20~30 岁组与 66~70 岁组相比差异性显著, $P < 0.05$;瘦体重比 = 实验组瘦体重 / 青年组瘦体重×100%。

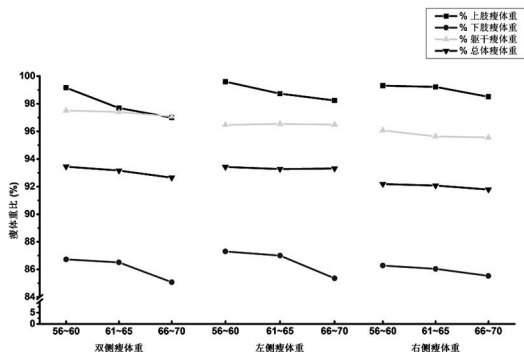


图 1 不同年龄组瘦体重比

Figure1 Lean body weight ratio of different age groups

2.2 下肢肌肉力量测试结果

依据身体整体瘦体重总量的衰减主要表现在下肢这一特征,本研究主要关注下肢关节等速肌力变化方面的评估。

2.2.1 下肢三关节肌肉等长收缩力测试结果

实验组下肢三关节屈伸等长肌力较之青年组都有不同程度衰退,其中髌关节屈伸肌、踝关节足背屈肌和膝关节屈肌群力量衰减表现出统计学上的组间差异性($P < 0.05$)(表 3、图 2)。就各关节不同肌群等长肌力衰退的增龄性特征方面,髌关节屈、伸肌群及踝关节蹠伸



肌群力量衰退相对较早(56~60岁组,肌力约为青年组的82%, $P<0.05$);膝关节屈肌群在61~65岁组呈现明显的衰退($P<0.05$);下肢各功能肌群的等长肌力约在

65岁后呈现快速衰退拐点($P<0.05$)(表3),且有膝关节屈肌肌力衰退高于伸肌的不均衡性特征。在下肢三关节肌力衰退模式呈现出“髌-膝-踝”的衰退特征。

表3 不同年龄组下肢三关节屈伸等长肌力矩比较(单位: $N\cdot m/kg$)($\bar{X}\pm SD$)

Table3 Comparison on flexion and extension isometric torque of three joints of lower limbs in different age groups (unit: $N\cdot m/kg$)($\bar{X}\pm SD$)

| 分组 | 20~30岁组 (n=29) | 56~60岁组 (n=28) | 肌肉 力量比 | 61~65岁组 (n=28) | 肌肉 力量比 | 66~70岁组 (n=29) | 肌肉 力量比 | F | P |
|-----|-------------------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------|-------|
| 髌屈 | 0.78±0.18 | 0.64±0.20 [▲] | 82.09% | 0.63±0.22 ^Δ | 79.91% | 0.55±0.20 [▼] | 70.66% | 6.50 | <0.05 |
| 髌伸 | 0.74±0.28 | 0.61±0.20 [▲] | 82.20% | 0.60±0.24 ^Δ | 80.97% | 0.49±0.19 [▼] | 66.55% | 5.55 | <0.05 |
| 膝屈 | 0.61±0.16 | 0.55±0.11 | 91.37% | 0.51±0.21 ^Δ | 83.26% | 0.39±0.17 [▼] | 65.07% | 8.00 | <0.05 |
| 膝伸 | 1.10±0.28 | 0.96±0.26 | 87.50% | 0.98±0.36 | 89.36% | 0.89±0.37 [▼] | 80.77% | 2.09 | |
| 足趾屈 | 0.67±0.24 | 0.63±0.21 | 94.72% | 0.57±0.21 | 86.02% | 0.53±0.28 [▼] | 78.92% | 1.75 | |
| 足背屈 | 0.36±0.05 | 0.30±0.06 [▲] | 82.00% | 0.26±0.07 ^Δ | 71.96% | 0.24±0.07 [▼] | 66.67% | 19.80 | <0.05 |

注: ▲表示20~30岁组与56~60岁组相比差异性显著, $P<0.05$; Δ表示20~30岁组与61~65岁组相比差异性显著, $P<0.05$; ▼表示20~30岁组与66~70岁组相比差异性显著, $P<0.05$; 肌肉力量比=中老年组肌肉力量/青年组肌肉力量的比例×100%。

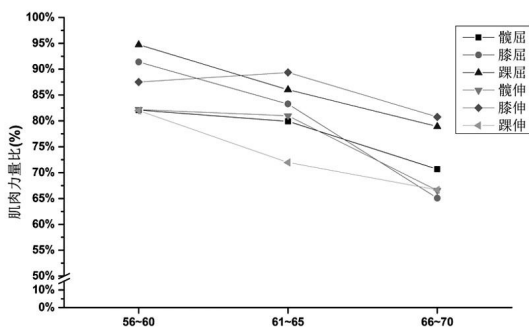


图2 不同年龄组下肢不同功能肌群等长收缩力量比
Figure2 Isometric contraction strength ratio of different functional muscle groups of lower limbs in different age groups

2.2.2 下肢三关节 60°/s 等速肌力测试结果

下肢三关节 60°/s 等速肌力测试结果表明, 髌、

膝、踝关节动态肌力(髌伸肌除外)均表现出明显的组间差异性($P<0.05$)(表4、图3)。3个实验组髌关节屈肌、膝关节伸肌的力量流失在56~60岁年龄段较之对照组已有明显衰退($P<0.05$)。髌关节屈肌为对照组的77.07%,膝关节伸肌为对照组的80.24%。髌关节伸肌肌力流失没表现统计学上的差异性,很可能是髌伸肌测试中的系统误差所致,因为本研究取仰卧位测试可能对髌伸动作发力有影响,这有待于后续实验验证。增龄性特征表现为髌关节肌力流失呈现相对平缓下降态势;膝关节与踝关节屈、伸肌力流失约在61~65岁年龄段呈现快速流失的“拐点”,较之等长肌力流失的快速期相对较早(表3、表4);且有膝关节屈肌肌力的衰退速率高于伸肌,预示膝关节屈肌流失速率加快。约60岁后下肢功能肌群肌力表现出“膝-踝-髌”的衰退模式。

表4 不同年龄组下肢三关节屈伸 60°/s 等速肌力矩比较(单位: $N\cdot m/kg$)($\bar{X}\pm SD$)

Table4 Comparison of 60°/s isokinetic muscle torque of three joints of lower limbs in different age groups (unit: $N\cdot m/kg$)($\bar{X}\pm SD$)

| 分组 | 20~30岁 (n=29) | 56~60岁 (n=28) | 肌肉 力量比 | 61~65岁 (n=28) | 肌肉 力量比 | 66~70岁 (n=29) | 肌肉 力量比 | F | P |
|-----|------------------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------|-------|
| 髌屈 | 0.79±0.26 | 0.61±0.20 [▲] | 77.07% | 0.61±0.19 ^Δ | 76.25% | 0.58±0.23 [▼] | 72.88% | 4.79 | <0.05 |
| 髌伸 | 0.52±0.23 | 0.49±0.21 | 94.79% | 0.44±0.14 | 84.82% | 0.44±0.17 | 84.91% | 1.08 | <0.05 |
| 膝屈 | 0.64±0.14 | 0.59±0.21 | 91.40% | 0.43±0.16 ^Δ | 66.97% | 0.40±0.17 [▼] | 61.58% | 13.36 | |
| 膝伸 | 1.12±0.20 | 0.90±0.18 [▲] | 80.24% | 0.75±0.28 ^Δ | 67.11% | 0.71±0.34 [▼] | 63.45% | 13.31 | <0.05 |
| 足趾屈 | 0.56±0.23 | 0.54±0.16 | 95.25% | 0.40±0.20 ^Δ | 71.79% | 0.41±0.20 [▼] | 72.16% | 4.38 | <0.05 |
| 足背屈 | 0.27±0.10 | 0.24±0.12 | 91.00% | 0.21±0.06 ^Δ | 76.82% | 0.20±0.05 [▼] | 75.00% | 3.59 | <0.05 |

注: ▲表示20~30岁组与56~60岁组相比差异性显著, $P<0.05$; Δ表示20~30岁组与61~65岁组相比差异性显著, $P<0.05$; ▼表示20~30岁组与66~70岁组相比差异性显著, $P<0.05$; 肌肉力量比=中老年组肌肉力量/青年组肌肉力量的比例×100%。

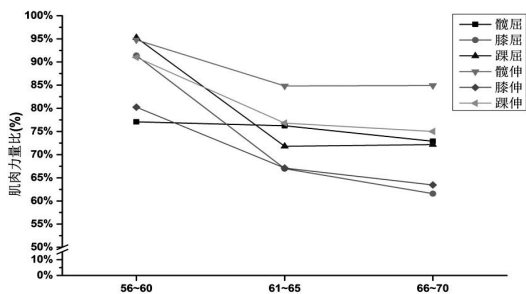


图3 不同年龄组下肢不同功能肌群 60°/s 等速收缩力量比

Figure3 60°/s isokinetic contraction strength ratio of different functional muscle groups of lower limbs in different age groups

3 分析与讨论

3.1 中老年女性增龄性肌肉质量流失特征

瘦体重也称“除脂体重”,为除脂肪以外身体其他成分的重量。骨约占人体重量的20%,因而瘦体重构成比中肌肉是主要成分,是反映身体肌肉质量的有效指标。故本研究测试中老年人瘦体重指标的变化以反映身体肌肉质量流失规律与特征是有意义的。

实验结果表明,中老年女性3个实验组表现出明显的肌肉质量流失,与对照组比较有统计学上的显著性差异。而上肢、躯干肌肉质量流失相对不太明显,身体整体肌肉质量流失主要表现为下肢肌肉质量流失。Janssen等^[8]在其有关老年人肌肉质量流失的研究中报道:老年人的肌肉质量流失不论男女,都表现出下肢肌肉质量流失高于上肢的特征规律。人类增龄进程中骨骼肌“质与力”的保持与流失在遵循生物学自然规律的基础上,更大程度受到生命个体的运动活动、生活方式、日常劳作等因素影响。本研究受试者主要是非重体力劳动、无规律性运动活动的居家女性群体,她们的日常活动主要是家务劳作与一般性散步活动。这类人群同青年阶段比较,下肢的运动负荷强度与量较之上肢变化较大。依照“用进废退”的生物学规律,中老年人下肢运动负荷强度与量的减小是下肢骨骼肌较早流失的主要诱因。这一结果提示,在制定中老年人骨骼肌肉运动干预计划时,在贯彻全身运动的前提下,应适当侧重于下肢肌肉的功能干预。此外,依据中老年上肢肌肉质量流失增龄特征可以认为,体质测量评价中应用握力评估中老年人肌力有一定的局限性。

Janssen等^[7]对18~88岁的人群进行了不同年龄段肌肉质量流失研究,结果表明无训练的人群自30岁开始人体肌肉质量就已经开始减少,约在50岁时出

现较明显的肌肉质量的下降。Fleg等^[5]对中老年人群肌力流失研究认为,人体的肌肉质量从40岁开始每10年下降6%左右,女性肌肉质量流失的起始年龄较男性早些。由于实验条件限制,本研究没能进行较大年龄跨度的测试,仅就56~70岁年龄段的中老年人群进行每5岁间距的年龄组段肌力流失特征分析。实验结果显示56~60岁年龄组下肢肌肉质量较之青年组有显著性衰退,而之后增龄进程中表现出比较平稳的质量衰减特征。中老年女性肌力流失除日常劳作、运动活动等外在因素的影响外,女性绝经期体内分泌及骨骼肌代谢等生物学因素也是重要的内在因素。增龄进程中雌性激素水平降低对女性肌肉质量流失产生重要影响^[14]。骨骼肌自身也是一个巨大的内分泌系统,骨骼肌分泌的活性物质(细胞因子等)对骨骼肌代谢、蛋白质合成等有着重要作用。细胞内某些细胞器的功能状态也影响着骨骼肌质量流失进程。Jonathan等^[15]的研究表明,线粒体的结构性变异是骨骼肌纤维萎缩与凋亡的决定因素之一。Rice等^[16]通过比较2种不同细胞凋亡介导下的不同部位肌肉纤维的肌细胞的凋亡途径是不一样的,提出线粒体依赖性凋亡途径可能不是影响肌肉衰老的主要途径。

由此可见,中老年女性肌力流失是身体内外因素共同作用、交互影响与调节的复杂过程,是一种增龄性的慢性疾病。依据年龄特征及身体不同区域肌力流失非均衡性特征进行针对性干预,是延缓老年人肌力流失的发展进程、改善老年人运动功能表现的重要措施^[17]。

3.2 中老年女性下肢肌肉力量流失特征

鉴于肌肉质量流失的实验结果,本研究主要集中于下肢三关节的屈伸等长收缩(静态)与等速(动态)收缩2个状态的测试。

3.2.1 下肢三关节屈伸肌群等长收缩肌力流失的增龄性特征

基于肌力增长生理机制的逻辑思考,肌力流失可归因为肌纤维的萎缩(Ⅱ型纤维较早)、肌肉生理横断面减小以及神经-肌肉控制能力衰退等方面。肌肉质量是肌力的结构基础,肌力又是肌肉结构基础上的神经-肌肉控制技能表现,二者有着交互影响的生物学特征。

运动训练理论中肌肉等长收缩力量被认为是肌肉的绝对力量或最大力量,是肌肉结构基础上的神经-肌肉控制过程中对运动单位最大程度的动员。本研究的受试者进行了下肢三关节屈伸肌群等长收缩测试,实验结果表明,中老年女性下肢三关节屈伸



肌群等长收缩力衰退的年龄特征表现为髋关节屈、伸肌群和踝关节蹠伸肌群力量衰退相对较早(56~60岁年龄组已有明显衰退),可以认为是一次衰退期。膝关节屈伸肌群及踝关节蹠屈肌群等长收缩力衰退较之其他肌群相对滞后;膝关节屈肌相对伸肌衰退要早一些。分析实验组下肢各功能肌群等长肌力增龄性衰退的动态特征并参考 Greig 等^[18]的研究显示,认为老年女性约在 65 岁后下肢等长肌力呈现二次快速衰退的拐点。综合分析本研究结果不难看出,下肢各关节等长收缩力的流失表现出“髋-膝-踝”衰退模式;膝关节的功能肌群中,屈肌力衰退早于伸肌。目前有关肌力流失的过往文献多关注膝关节伸肌,有学者认为股四头肌可以作为预测下肢肌力流失的观测指标^[19-20],参考本研究结果认为这一观点可能存在一定局限性。

3.2.2 下肢三关节屈伸肌群 60°/s 等速肌力流失的增龄性特征

等速肌力是 1969 年由 Perrine 提出并建立的一种关节运动速度恒定、系统依据受试者的主动力变化反馈性调节外加阻力负荷的等速肌力评价方法,是目前人体关节肌力评估研究中的较为常用的测量技术。关节等速肌力测量技术中的速度设定分为低、中、高档。60°/s 及低于定义为低速,90~120°/s 为中速,180°/s 及以上速度为高速。传统训练理论认为低速肌力测量与肌肉动态最大肌力等效,据此本研究中的 60°/s 的肌力测试,可以认为是受试者的动态最大肌力。就实验结果分析,中老年女性下肢肌力衰退较早地表现在髋关节屈肌,这可能与进入中老年阶段的生活、工作及运动特征的变化有关。髋关节屈的力量主要由髂腰肌、股直肌和耻骨肌等肌肉收缩提供,进入中老年阶段女性更趋向于缓慢、平稳的工作、劳作方式,即使进行身体运动也更多选择强度低、运动幅度较小的运动方式,对髋关节屈肌的训练效应下降。60 岁后的老年女性膝关节与踝关节屈、伸肌力流失呈现加速衰退特征,且有膝关节屈肌力量衰退速率高于伸肌的特征趋势。

综合分析实验结果可以认为,中老年女性下肢屈伸动态肌力早期衰退发生在髋关节;60 岁后下肢功能肌群的动态肌力衰退表现出“膝-踝-髋”的衰退模式;下肢屈伸肌群的肌力存在不均衡性衰退特征,并且这种不均衡衰退特征可能存在于身体各环节区域。Forrest 等^[21]进行了 65~91 岁不同年龄层面的老年人握力测试分析,结果表明老年人平均握力呈现每年 2.4% 的流失速率,并建议以握力指标评估老年人的肌力流失。握力测试的确拥有测试简便、实验风险

较低、关联性较强的特点,但参考 Goodpaster 等^[20]、Bohannon 等^[22]的研究结果及本研究的肌肉质量流失特征可以认为,上下肢的肌力流失应该存在不同步的时相特征。因而在制定中老年人下肢肌肉功能训练运动处方时,应更多关注各关节屈肌功能训练。

3.2.3 中老年女性增龄性肌肉质量与力量流失特征比较

本研究的全身肌肉质量流失呈现出下肢高于上肢和躯干的区域性特征,这一实验结果与 Janssen 等^[8]的研究报道一致。理论上人类增龄进程中的上肢与躯干的肌肉质量流失也应存在一个加速期,但这个时期的年龄时相尚有待于进一步实验研究。肌肉质量(结构性因素)与肌肉力量(机能性因素)是相互影响的 2 个方面。肌肉质量主要体现在肌纤维的数量多少与横断面的大小,肌肉质量的流失也与肌纤维数量减少与萎缩有关。肌肉力量的流失影响影响相对较多,其主要因素包括:(1)肌肉结构性退化,主要体现在肌纤维数量的减小与萎缩;(2)肌肉神经控制能力下降;主要体现在运动单位的动员能力下降及大运动单位的减少等;(3)肌肉的伸展性与弹性能力降低。因而,肌力流失是多因素影响的肌肉结构与神经控制能力退化的结果。对肌肉质量与力量衰退的关联性研究也有相关报道^[20,23],主要研究结论为(包括本研究)人体肌肉质量减少与力量有一定相关性,但二者衰减的年龄时相不一致,表现出肌肉力量衰退比质量方面更多、更明显。

肌肉等长收缩力是指肌肉持续性强直收缩一定时间所产生的最大收缩力量的能力。等长收缩力体现功能肌群最大程度动员运动单位的能力^[24],等长收缩力受肌肉的生理横断面及运动单位最大程度动员能力等因素的影响。60°/s 等速肌力测试主要体现肌肉低速收缩状态下的主动收缩能力,通常代表肌肉的最大收缩力。肌肉低速状态下的主动收缩力与肌肉大运动单位的动员能力有关。人类衰老进程中,肌纤维的萎缩退化较早发生在快缩肌,即大运动单位的机能退化较早表现^[25]。因此,本研究中 60°/s 的等速收缩力衰退在 61~65 岁年龄段出现明显加速特征,可能与肌肉的大运动单位萎缩及神经-肌肉控制能力快速下降有关。由此可见,在中老年人肌力流失的运动干预中,设计适宜的抗阻训练是非常必要的。

4 结论

4.1 50 年龄段女性已有明显的肌肉质量流失,且在 70 岁前仍呈现以下肢肌肉质量流失为主的增龄性特征。

4.2 中老年女性下肢肌肉力量流失的增龄性特征表现



为,髋关节的肌肉力量流失最早表现;下肢肌肉收缩力量呈现快速流失的“拐点”约在 60 岁年龄段,且具有动态收缩力量的流失先于等长收缩力量的年龄特征。

4.3 下肢三关节等长收缩力量流失呈现“髋-膝-踝”模式;60°/s 的等速力量在 60 岁后呈现“膝-踝-髋”模式。

4.4 中老年女性膝关节屈肌较之伸肌可能有着更高的肌力流失速率。

4.5 肌肉质量与力量流失的关系方面表现出肌肉力量先于质量流失的特征。

参考文献:

- [1] CHEN L K, LIU L K, WOO J, et al. Sarcopenia in Asia: Consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia[J]. Journal of the American Medical Directors Association, 2014, 15(2):95-101.
- [2] 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]. Journal of the American Medical Directors Association, 2011, 12(4):249-256.
- [3] CRUZ-JENTOFT A J, BAEYENS J P, BAUER J M, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis report of the European Working Group on Sarcopenia in older people[J]. Age and Ageing, 2010, 39(4):412-423.
- [4] MELTON L J, KHOSLA S, CROWSON C S, et al. Epidemiology of sarcopenia[J]. Journal of the American Geriatrics Society, 2000, 48(6):625-630.
- [5] FLEG J L, LAKATTA E G. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO_{2max} [J]. Journal of Applied Physiology, 1988, 65(3):1147-1151.
- [6] BAUMGARTNER R N, STAUBER P M, MCHUGH D, et al. Cross-sectional age differences in body composition in persons 60+ years of age[J]. The Journals of Gerontology: Series A, 1995, 50A(6):M307-M316.
- [7] JANSSEN I, HEYMSFIELD S B, WANG Z M, et al. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr[J]. Journal of Applied Physiology, 2000, 89(1):81-88.
- [8] JANSSEN I, HEYMSFIELD S B, ROSS R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability[J]. Journal of the American Geriatrics Society, 2002, 50(5):889-896.
- [9] 田野.力量练习与老年人骨骼肌量-效应关系研究:最新进展与展望[J].中国体育科技,2020,56(9):3-13.
- [10] 李海鹏,刘宇.肌肉衰减症的动态识解及对我国运动科学研究的启示[J].体育科学,2020,40(9):61-73.
- [11] MURTON A J, GREENHAFF P L. Resistance exercise and the mechanisms of muscle mass regulation in humans: Acute effects on muscle protein turnover and the gaps in our understanding of chronic resistance exercise training adaptation[J]. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 2013, 45(10):2209-2214.
- [12] BECKWÉE D, DELAERE A, AELBRECHT S, et al. Exercise interventions for the prevention and treatment of sarcopenia. A systematic umbrella review [J]. The Journal of Nutrition, Health & Aging, 2019, 23(6):494-502.
- [13] SCHWARTZ R S, SHUMAN W P, LARSON V, et al. The effect of intensive endurance exercise training on body fat distribution in young and older men[J]. Metabolism: Clinical and Experimental, 1991, 40(5):545-551.
- [14] MALTAIS M L, DESROCHES J, DIONNE I J. Changes in muscle mass and strength after menopause[J]. Journal Musculoskelet Neuronal Interact, 2009, 9(4):186-197.
- [15] WANAGAT J, CAO Z, PATHARE P, et al. Mitochondrial DNA deletion mutations colocalize with segmental electron transport system abnormalities, muscle fiber atrophy, fiber splitting, and oxidative damage in sarcopenia [J]. Faseb Journal, 2001, 15(2):322-332.
- [16] RICE K M, BLOUGH E R. Sarcopenia-related apoptosis is regulated differently in fast- and slow-twitch muscles of the aging F344/N x BN rat model[J]. Mechanisms of Ageing & Development, 2006, 127(8):670-679.
- [17] REID K F, NAUMOVA E N, CARABELLO R J, et al. Lower extremity muscle mass predicts functional performance in mobility-limited elders[J]. The Journal of Nutrition Health & Aging, 2008, 12(7):493-498.
- [18] GREIG C A, BOTELLA J, YOUNG A. The quadriceps strength of healthy elderly people remeasured after eight years[J]. Muscle & Nerve, 2010, 16(1):6-10.
- [19] CARMELI E, IMAM B, MERRICK J. The relationship of pre-sarcopenia (low muscle mass) and sarcopenia (loss of muscle strength) with functional decline in individuals with intellectual disability (ID)[J]. Arch Gerontol Geriatr, 2012, 55(1):181-185.
- [20] GOODPASTER B H, PARK S W, HARRIS T B, et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study[J]. The Journals of Gerontology: Series A, 2006, 61(10):1059-1064.

(下转第 97 页)



- [21] LOU L, ZOU L Y, FANG Q, et al. Effect of Taichi softball on function-related outcomes in older adults: A randomized control trial[J]. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2017, 2017:4585424.
- [22] ZHAO Y N, CHUNG P K, TONG T K. Effectiveness of a balance-focused exercise program for enhancing functional fitness of older adults at risk of falling: A randomised controlled trial[J]. Geriatric Nursing, 2017, 38(6):491-497.
- [23] LI F Z, HARMER P, FITZGERALD K, et al. Effectiveness of a therapeutic Tai ji Quan intervention vs a multimodal exercise intervention to prevent Falls among older adults at high risk of falling: A randomized clinical trial[J]. JAMA Internal Medicine, 2018, 178(10):1301-1310.
- [24] 陈晓洁.老年女性健步走与太极运动的健身效果比较研究[D].吉首:吉首大学,2018.
- [25] PENN I W, SUNG W H, LIN C H, et al. Effects of individualized Tai-Chi on balance and lower-limb strength in older adults[J]. BMC Geriatrics, 2019, 19(1):235.
- [26] ZHU Y Q, 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.
- [27] 张瑾瑾.24式太极拳对老年人跌倒风险效果的干预研究[D].北京:北京体育大学,2019.
- [28] 戈玉杰,吴庆文,高志鹏,等.简式太极拳训练对老年衰弱前期衰弱水平和平衡能力的影响[J].中国老年学杂志,2020,40(3):563-566.
- [29] MCGIBBON C A, KREBS D E, PARKER S W, et al. Tai Chi and vestibular rehabilitation improve vestibulopathic gait via different neuromuscular mechanisms: Preliminary report[J]. BMC Neurology, 2005, 5(1):3.
- [30] WAYNE P M, SCARBOROUGH D M, KREBS D E, et al. Tai Chi for vestibulopathic balance dysfunction: A case study[J]. Alternative Therapies in Health and Medicine, 2005, 11(2):60-66.
- [31] IRWIN M R, PIKE J L, COLE J C, et al. Effects of a behavioral intervention, Tai Chi Chih, on varicella-zoster virus specific immunity and health functioning in older adults[J]. Psychosomatic Medicine, 2003, 65(5):824-830.
- [32] WANG J S, LAN C, CHEN S Y, et al. Tai Chi Chuan training is associated with enhanced endothelium-dependent dilation in skin vasculature of healthy older men[J]. Journal of the American Geriatrics Society, 2002, 50(6):1024-1030.
- [33] 杨春荣.太极拳运动中的足底压力分布研究[J].北京体育大学学报,2007,30(5):645-647.
- [34] MCCA W S T, DEVITA P. Errors in alignment of center of pressure and foot coordinates affect predicted lower extremity torques[J]. Journal of Biomechanics, 1995, 28(8):985-988.
- [35] 张永超,黄世敬,刘伟.太极拳运动对人体生理及心理功能影响的研究进展[J].环球中医药,2013,6(3):235-238.
- [36] 覃林,韦霞,刘琳,等.太极运动对脑卒中患者运动、情绪及生活质量影响的系统评价和 Meta 分析[J].中国组织工程研究,2016,20(2):297-303.
- [37] 马兰军,任庆军,张昕,等.太极拳对改善中老年妇女平衡能力的研究[J].中国妇幼健康研究,2007,18(6):484-485.
- [38] LAJOIE Y, GALLAGHER S P. Predicting Falls within the elderly community: Comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers[J]. Archives of Gerontology and Geriatrics, 2004, 38(1):11-26.
- [39] 赵媛,王燕,徐旭东,等.太极拳运动对老年人平衡功能和跌倒预防效果的 Meta 分析[J].中国循证医学杂志, 2013,13(3):339-345.
- [40] DUNCAN P W, STUDENSKI S, CHANDLER J, et al. Functional reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans[J]. Journal of Gerontology, 1992, 47(3): M93-M98.

(责任编辑:刘畅)

(上接第 81 页)

- [21] FORREST K Y, ZMUDA J M, CAULEY J A. Patterns and correlates of muscle strength loss in older women[J]. Gerontology, 2007, 53(3):140-147.
- [22] BOHANNON R W. Dynamometer measurements of grip and knee extension strength: Are they indicative of overall limb and trunk muscle strength? [J]. Perceptual & Motor Skills, 2009, 108(2):339-342.
- [23] HAIRI N N, CUMMING R G, VASI N, et al. Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional limitation and physical disability: The Concord Health and Ageing in Men Project[J]. Journal of the American Geriatrics Society, 2010, 58(11):2055-2062.
- [24] 张胜年.肌肉力量训练与损伤生物力学基础[M].石家庄:河北科学技术出版社,2007.
- [25] 杨锡让.运动生理学[M].北京:北京体育大学出版社, 2010.

(责任编辑:刘畅)