

## 地域在住高齢者に対するトレーニングが 運動機能に及ぼす影響

—筋力トレーニングと複合トレーニングとの効果の違いについて—

池添 冬芽, 市橋 則明

Effect of Resistance, Balance and Power Training on Physical Function  
in Community-dwelling Older Adults

Tome IKEZOE and Noriaki ICHIHASHI

**Abstract:** The effects of multicomponent training and resistance training on physical functions of community-dwelling older adults were investigated. The subjects comprised 35 elderly aged  $69.9 \pm 4.1$  years, who were assigned to either the resistance training group ( $n = 16$ ) or the multicomponent training group ( $n = 19$ ). Once weekly training with each session for about 40 minutes for 10 weeks was performed. Physical assessments were tested using the following measures ; muscle strength (quadriceps strength and grip strength), balance test (functional reach, one-legged stance test, and TUG), flexibility test (sit and reach test), agility test (stepping test), muscle power (chair stand test), and mobility (maximum walking speed). After training, only quadriceps strength significantly improved from 1.18 Nm/kg to 1.30 Nm/kg in the resistance training group. The significant increase in quadriceps strength, functional reach, TUG, stepping test, chair stand test, and maximum walking speed were observed in the multicomponent training group. These results suggest that multicomponent exercise programs include resistance, balance and power training components for older adults may be more effective for increasing functional fitness than programs that involve only resistance training component.

**Key words:** Elderly, Resistance training, Multicomponent training, Physical function

### はじめに

高齢者の筋力トレーニング効果については、1988年に Frontera ら<sup>1)</sup>が高齢者に対する高強度トレーニングによる筋肥大を伴う筋力増強効果を報告してから、多くの研究によって認められており、超高齢者であってもトレーニングを有することが示されている<sup>2,3)</sup>。しかしながら、高齢者の筋力トレーニング効果に関するシステムティックレビューにおいては、筋力トレーニングによって筋力増強効果は得られるものの、日常生活動作能力の向上や QOL 改善効果に対するエビデンスは明らかではないとされている<sup>4,5)</sup>。さらに、高齢者の転倒事故は筋力低下との関連が強いとされているが<sup>6-8)</sup>、筋力トレーニング単独での転倒予防効果は不十分であり<sup>9)</sup>、転倒を予防するには多面的要因に対するアプローチが必要とされている<sup>10,11)</sup>。このよう

なことから、高齢者の日常生活動作能力の向上や転倒予防のためには、筋力トレーニングだけでなく、多面的な運動機能に対するトレーニングが重要であることが指摘されているものの、高齢者に対する複合的な運動トレーニングの効果については明らかではない。

本研究の目的は地域在住高齢者に対して筋力トレーニングのみ、あるいは筋力トレーニング、バランストレーニングおよび筋パワートレーニングを含んだ複合トレーニングを実施し、トレーニング内容によって運動機能に及ぼす効果にどのような違いがあるかを明らかにすることである。

### 方 法

#### 1. 対 象

対象は京都市内の保健センターにおける運動教室に参加した在宅高齢者35名(男性4名, 女性31名, 平均年齢 $69.9 \pm 4.1$ 歳)とした。2つの異なる期間で10週間の運動教室への参加を募集し、この2つの期間の違いによって、筋力トレーニング群と複合トレーニング群とに対象者を分類した。

重度の認知障害を有さず、健康状態が安定して歩行が自立している高齢者を対象とし、運動機能の測定に大きな影響を及ぼすほど重度の神経学的障害や筋骨格系障害を有する者は対象から除外した。対象者には研究についての十分な説明を書面および口頭にて行い、同意を得た。

## 2. トレーニング

トレーニングは1回につき約40分、7種類の運動プログラムをグループ体操の形態で週1回、10週間実施した。筋力トレーニング群には7種類すべて下肢筋力トレーニング、複合トレーニング群には4種類の下肢筋力トレーニングと3種類のバランス・筋パワートレーニングを実施した。

筋力トレーニングは下肢の筋機能向上を目的としたメニューで構成されており、重錘バンドを負荷として、座位での膝関節伸展運動、立位での股関節屈曲および外転、足関節底屈運動等を実施した(表1)。運動強度はBorgの自覚的運動強度スケールで13「ややきつい」程度とし、対象者の運動機能に基づき、足部に0.5~2.0kgの重錘バンドを負荷して実施した。初回のトレーニングの重錘負荷設定については、運動開始時の最大等尺性膝伸展筋力値で目安をつけ、筋力が10kg未満であれば重錘負荷なし、10~20kgであれば0.5kgの重錘、20kg以上であれば1.0kgの重錘を負荷し、「ややきつい」程度の運動となるよう負荷を漸増させていった。挙上・降下それぞれ4~6秒かける程度にゆっくり運動を行い、それぞれの運動につき10回ずつ反復させた。

バランストレーニングは片脚立位保持や前方・側方へのステップング練習を実施した。ステップング練習では、素早く前方・側方に一歩踏み出し、踏み出した姿勢を5秒間保持してから、できるだけゆっくり元の姿勢に戻る動作を反復した。バランス能力向上に伴い、できるだけステップ幅を大きくしていき、かつ着地後はゆっくり元の姿勢に戻すように、さらに次の段

階では不安定な支持面であるマット上に素早くステップさせる練習へと難易度をあげていった。なお、歩行時に杖などの歩行補助具を必要とする立位歩行が不安定な対象者では、手すりなどを支持してステップ練習を実施した。

筋パワートレーニングでは、椅子からの立ち上がり動作において、身体を挙上するフェーズをできるだけ速く行った。バランストレーニング、筋パワートレーニングともに、8回ずつ運動を反復させた。

なお、筋力トレーニング群、複合トレーニング群ともに、同一の1名の理学療法士が運動指導にあたった。

## 3. 運動機能の評価

筋力として膝伸展筋力および握力を測定した。膝伸展筋力は椅座位にて徒手保持型マイオメータ(アニマ社製 $\mu$ -Tas F-1)を用いて、膝関節90度屈曲位における最大努力下での等尺性膝伸展筋力を左右2回ずつ測定し、その最大値をデータとして採用した。この値よりレバーアーム長を乗じて筋トルク値を算出し、さらに体重比百分率に換算して体重比膝伸展トルク値(Nm/kg)を求めた。握力は椅座位にてスメドレー型握力計を使用して右側の握力を2回測定し、その最大値をデータとして採用した。

バランス機能として、片脚立位保持時間、ファンクショナルリーチ<sup>12)</sup>およびTimed Up & Go (TUG)<sup>13)</sup>を測定した。片脚立位保持時間は開眼にて実施し、片足をあげてからその片足が地面に接地するまで、あるいは支持足が動くまでの時間を測定した。最大値は120秒とし、1回目の測定で120秒に達しない場合は2回測定を行い、最大保持できた値を記録した。ファンクショナルリーチは利き手側上肢を肩関節90度屈曲し、そこから足を動かさずにできるだけ前方にリーチさせ、最初のポジションから最大限リーチできた距離を測定した。ファンクショナルリーチは2回測定し、その最大値をデータとして用いた。TUGは高齢者の

表1 トレーニングの内容

筋力トレーニング群	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 筋力トレーニング: 膝関節伸展 (座位にて足背屈しながら膝関節を伸展する)</li> <li>2. 筋力トレーニング: 足関節底屈 (立位にて膝伸展位で踵を挙上する)</li> <li>3. 筋力トレーニング: 股関節屈曲 (立位にて膝屈曲位で股関節を屈曲する)</li> <li>4. 筋力トレーニング: 股関節外転 (立位にて膝伸展位で股関節を外転する)</li> <li>5. 筋力トレーニング: 股関節伸展 (立位にて膝伸展位で股関節を伸展する)</li> <li>6. 筋力トレーニング: 膝関節屈曲 (立位にて股関節伸展位で膝関節を屈曲する)</li> <li>7. 筋力トレーニング: 両膝関節伸展 (座位にて両膝関節を同時に伸展する)</li> </ol>
複合トレーニング群	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 筋力トレーニング: 膝関節伸展 (座位にて足背屈しながら膝関節を伸展する)</li> <li>2. 筋力トレーニング: 足関節底屈 (立位にて膝伸展位で踵を挙上する)</li> <li>3. 筋力トレーニング: 股関節屈曲 (立位にて膝屈曲位で股関節を屈曲する)</li> <li>4. 筋力トレーニング: 股関節外転 (立位にて膝伸展位で股関節を外転する)</li> <li>5. バランストレーニング: 片脚立位 (片脚立位にて保持する)</li> <li>6. バランストレーニング: ステッピング (前方および側方に1歩踏み出してバランスをとる)</li> <li>7. 筋パワートレーニング: 立ち上がり (座位から素早く立ち上がる)</li> </ol>

バランス能力の評価法として高い信頼性や妥当性が報告されている<sup>13-16)</sup>。TUGは椅座位から立ち上がり、3m先まで歩いて方向転換して戻り、再び椅子に座るまでの動作をできるだけ速く行ったときの時間を測定した。

柔軟性として、長座体前屈を測定した。股関節90度屈曲位、膝関節伸展位の長座位にて両肩関節90度屈曲し、そこから膝を伸展したままで、できるだけ前方にリーチできた距離を測定した。

敏捷性としてステップテスト<sup>17)</sup>を測定した。ステップテストは椅座位で足元の30cm間隔の2本の線の内側に両足を置いた姿勢を開始肢位とし、20秒間でできるだけ速く線を踏まないように両足を開閉できた回数を測定した。

筋パワーの評価として、立ち座りテスト<sup>18)</sup>を実施した。立ち座りテストは椅座位からの立ち座り動作をできるだけ速く5回繰り返したときの所要時間を測定した。

歩行能力として、最大歩行時間を測定した。10mの直線距離をできるだけ速く歩行したときの所要時間を測定した。

#### 4. 分 析

トレーニング前後における筋力トレーニング群、複合トレーニング群それぞれの運動機能に対応のあるt-検定を用いて比較した。また、筋力トレーニング群と複合トレーニング群におけるトレーニング前後での運動機能の変化率について下記式により求めた。

表2 対象者の基本特性

	筋力トレーニング群		複合トレーニング群	
	人数	16名	19名	
		男性2名, 女性14名	男性2名, 女性17名	
年齢 (years)		70.8±3.3	69.1±3.5	
身長 (cm)		151.7±5.6	152.0±4.5	
体重 (kg)		52.3±4.7	49.7±6.5	

表3 筋力トレーニング群および複合トレーニング群におけるトレーニング効果

	筋力トレーニング群			複合トレーニング群		
	トレーニング前	トレーニング後	変化率 (%)	トレーニング前	トレーニング後	変化率 (%)
膝伸展筋力 (Nm/kg)	1.18±0.32	1.30±0.30**	13.3±13.5	1.21±1.56	1.56±0.32**##	32.4±24.1
握力 (kg)	26.0±3.7	25.1±3.8	-3.56±5.6	23.3±3.1	23.2±2.8	0.29±7.1
片脚立位保持時間 (s)	36.7±21.9	41.2±20.5	41.1±65.5	51.3±12.4	56.2±5.9	24.5±41.6
ファンクショナルリーチ (cm)	32.7±4.5	30.9±3.2	-3.55±11.2	35.5±4.3	38.3±4.1*##	9.39±12.8
Timed Up & Go (s)	6.06±0.71	5.97±0.67	-1.25±4.3	5.70±0.59	5.49±0.61*	-3.65±5.1
長座体前屈 (cm)	32.9±5.5	31.8±4.0	-2.09±12.9	30.8±5.2	31.6±6.1	6.50±18.3
ステップテスト (回)	30.2±1.7	31.6±2.3	4.97±8.7	28.0±3.7	31.5±3.4*##	14.0±12.0
立ち座りテスト (s)	7.22±1.8	6.99±1.7	-1.84±13.2	9.72±2.1	8.02±1.3*	-13.2±17.8
最大歩行時間 (s)	5.23±0.49	5.22±0.45	0.00±5.7	4.91±0.60	4.71±0.55**	-3.89±4.7

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01 にてトレーニング前後で有意差があったことを示す。

#: p<0.05, ##: p<0.01 にて二元配置分散分析にて交互作用があったことを示す。

$$\text{変化率 (\%)} = (\text{トレーニング後} - \text{トレーニング前}) / \text{トレーニング前} \times 100$$

さらに、群間差および前後差の2要因についての二元配置分散分析を行い、交互作用を求めた。

なお、有意水準は5%未満とした。

## 結 果

筋力トレーニング群は16名、複合トレーニング群は19名であり、いずれの群においても、トレーニングを中止した者はいなかった。トレーニングの参加率は筋力トレーニング群が90.0%、複合トレーニング群が90.8%であり、2群間に有意差はみられなかった。また、ベースライン時における筋力トレーニング群と複合トレーニング群における基本特性を表2に示した。これら基本特性についてはいずれも2群間に有意差は認められなかった。なお、トレーニングや運動機能の評価において、心肺系や筋骨格系の有害事象がおこった対象者はみられなかった。

筋力トレーニング群ではトレーニング後に膝伸展筋力のみ有意な改善がみられ、握力、片脚立位保持時間、ファンクショナルリーチ、TUG、長座体前屈、ステップテスト、立ち座りテスト、最大歩行時間では有意差はみられなかった(表3)。一方、複合トレーニング群では、膝伸展筋力、ファンクショナルリーチ、TUG、ステップテスト、立ち座りテスト、最大歩行時間でトレーニング後に有意な改善がみられたが、握力、片脚立位保持時間、長座体前屈には有意差はみられなかった(表3)。

さらに、二元配置分散分析の結果、膝伸展筋力、ファンクショナルリーチ、ステップテストにおいて交互作用がみられた(表3)。

## 考 察

今回、地域在住高齢者に対して10週間のトレーニングを実施した結果、筋力トレーニング単独では介入後

に膝伸展筋力のみ改善がみられたのに対して、複合トレーニング後では膝伸展筋力、ファンクショナルリーチ、Timed Up & Go、ステップテスト、立ち座りテスト、最大歩行時間において改善が認められた。高齢者に対して複数の種類で構成された複合トレーニングを実施した効果について、Woodら<sup>19)</sup>はトレッドミル歩行および自転車エルゴメーターでの持久力トレーニングと筋力トレーニングとを合わせた複合トレーニング群は筋力トレーニング単独群よりも椅子からの立ち上がり反復速度や歩行速度の有意な増加がみられ、複合トレーニングはパフォーマンス向上に有用と述べている。またIzquierdoら<sup>20)</sup>は週2回の筋力トレーニング群と、筋力トレーニングと持久力トレーニングを週1回ずつ行う複合トレーニング群を比較し、複合トレーニング群では筋力トレーニング単独群よりもレッグパワーの改善がみられ、筋力増強・筋肥大についても同等の効果がみられたと報告している。このように、高齢者に対する複合トレーニングの効果については、筋力トレーニングと持久力トレーニングを組み合わせた報告が多くみられる。本研究では、筋力トレーニングとバランストレーニング、筋パワートレーニングを組み合わせた複合トレーニング、あるいは筋力トレーニングのみを高齢者に実施し、それぞれのトレーニング効果を比較・検討した。

筋力トレーニング群においては、トレーニング後に筋力増強効果のみ認められた。高齢者の筋力トレーニング効果に関するシステムティックレビューにおいては、筋力トレーニング単独の効果として、歩行速度・立ち座り時間というような動作速度の向上に対しては効果が認められているが、本研究では歩行時間や立ち座り時間の改善は認められなかった。これらシステムティックレビューで取り上げられている報告では週2～3回の高強度の筋力トレーニングが多い。それに対して、本研究では運動強度がBorgスケール13程度と中等強度で週1回と低頻度であったため、動作速度の向上が得られるほどの効果がみられなかったのかもしれない。

一方、筋力トレーニング、バランストレーニングおよび筋パワートレーニングを含めた複合トレーニング群においては、膝伸展筋力の向上のみならず、ファンクショナルリーチ、TUG、ステップテスト、立ち座りテスト、最大歩行時間で有意な改善がみられた。

高齢者に対するバランストレーニングの効果について、島田ら<sup>21)</sup>は静的なバランストレーニングをした群では片足保持時間の延長等の静的バランス機能の改善がみられるというように、バランストレーニングの内容による反応の特異性が認められることを報告している。本研究において、片脚立位保持はトレーニング課題でもあるにも関わらず、課題特異的な効果は得ら

れなかった。一方、コクランシステムティックレビューによると、片脚立位保持やタンDEM歩行などの高齢者に対するバランストレーニング単独の効果として、開眼立位時の前後方向の安定性向上や随意的に最大限重心移動させたときの重心可動範囲の改善などにおいて有効であるが、ファンクショナルリーチや開眼片脚立位保持時間、TUGに対する効果は不十分としている<sup>22)</sup>。本研究においてファンクショナルリーチやTUGにおいて改善がみられた理由としては、バランストレーニングに加えて、筋力トレーニングおよび筋パワートレーニングも実施したことによって、バランス機能の中でもこれら動的な姿勢制御能力に対する効果が得られたことが推測される。

加齢に伴い、瞬発的に最大筋力を発揮する能力である筋パワーは著明に低下し、その低下率は最大筋力よりも大きいとされている<sup>23-25)</sup>。高齢者における筋パワー低下は移動動作能力低下や転倒リスクに密接な関連があるとされており、実際に筋力トレーニングよりも筋パワートレーニングを実施した方が地域在住高齢者の身体機能を改善するのに有効であるとの報告もある<sup>26)</sup>。そのため、高齢者の生活自立や転倒予防を目的としたトレーニングプログラムには、筋力トレーニングだけでなく、筋パワートレーニングも取り入れた方が望ましいと考えられる。本研究では、エクササイズマシンを用いずに簡便に実施できる筋パワートレーニングの方法として、椅子からの立ち上がり動作において、身体を挙上するフェーズをできるだけ速く行うといった方法を用いた。その結果、筋力トレーニング群よりも筋パワートレーニングを組み合わせた複合トレーニング群の方が筋パワーのみならず、歩行能力などを改善するにも効果的であることが示された。さらに、二元配置分散分析の結果、膝伸展筋力、ファンクショナルリーチ、ステップテストについては交互作用がみられた。このように、同じ40分間7種目の運動プログラムを実施したにも関わらず、筋力トレーニング群よりも複合トレーニング群の方が膝伸展筋力、動的バランス能力、敏捷性については、より効果が高いことが示された。

今回の筋力トレーニングおよび複合トレーニングにおいて、心肺系や整形外科的な有害事象がおこった対象者はみられず、またトレーニングを中断した者もおらず、コンプライアンスが高く、高齢者に対しても安全・簡便に実施可能であった。特に複合トレーニングにおいては、週1回という低頻度であっても、膝伸展筋力、動的バランス能力、敏捷性、筋パワー、歩行能力という様々な身体機能向上に有効であった。このことから、高齢者を対象として運動トレーニングを実施する場合、筋力トレーニングだけでなく、複合的な要素を含んだトレーニングを処方することによって相乗



効果が得られると考えられた。

本研究の制約として、複合トレーニングが高齢者の生活能力や QOL 向上、転倒にどのような影響を及ぼすかについては未検討であることがあげられる。今後の課題として、高齢者の運動機能や生活機能向上のためのトレーニングとしては、どのような運動要素を組み合わせたトレーニングが効果的であるかについて、さらなる検討が必要であると考ええる。

## 結 論

地域在住高齢者に対するトレーニング効果について、筋力トレーニング単独で実施するよりも、バランストレーニングや筋パワートレーニング等も含めた複合的なトレーニングを実施することで、より運動機能向上効果が得られると考えられた。

## 文 献

- 1) Frontera WR, Meredith CN, et al: Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*, 1988; 64: 1038-1044
- 2) Fiatarone MA, Marks EC, et al: High-intensity strength training in nonagenarians. *J Am Med Assoc*, 1990; 263: 3029-3034
- 3) Ikezoe T, Tsutou A, et al: Low intensity training for frail elderly women: long-term effects on motor functions and mobility. *J Phys Ther Sci*, 2005; 17: 43-49
- 4) Latham NK, Bennett DA, et al: Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2004; 59(1): 48-61
- 5) Latham N, Anderson C, et al: Progressive resistance strength training for physical disability in older people. *The Cochrane Library* 2009, Issue 3, CD002759
- 6) Ikezoe T, Asakawa Y, Tsutou A: The Relationship between quadriceps strength and balance to fall of elderly admitted to a nursing home. *J Phys Ther Sci*, 2003; 15: 75-79
- 7) American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention: Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc*, 2001; 49(5): 664-672
- 8) Moreland JD, Richardson JA, et al: Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*, 2004; 52(7): 1121-1129
- 9) 池添冬芽, 坪山直生: 虚弱高齢者に対する低負荷運動プログラムが運動機能および転倒率に及ぼす影響. *Osteoporosis Japan*, 2005; 13(3): 193-197
- 10) Gillespie LD, Robertson MC, et al: Interventions for preventing falls in elderly people. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2006, Issue 1, CD000340
- 11) Chang JT, Morton SC, et al: Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *BMJ*, 2004; 20; 328(7441): 680-686
- 12) Duncan PW, Studenski S, et al: Functional reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol*, 1992; 47(3): M93-98
- 13) Podsiadlo D, Richardson S: The timed 'Up & Go': A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, 1991; 39: 142-148
- 14) Shumway-Cook A, Brauer S, et al: Predicting the probability for falls in community-dwelling adults using the timed-up & go test. *Phys Ther*, 2000; 80: 896-903
- 15) Mathias S, Nayak US, et al: Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil*, 1986; 67(6): 387-389
- 16) Noren AM, Bogren U, et al: Balance assessment in patients with peripheral arthritis: applicability and reliability of some clinical assessments. *Physiother Res Int*, 2001; 6(4): 193-204
- 17) 木村みさか, 新井多聞, ほか: 高齢者を対象にした体力測定を試み 1. 65歳以上高齢者体力の現状. *日本公衆衛生誌*, 1987; 37: 33-40
- 18) Bohannon RW: Reference values for the five-repetition sit-to-stand test: a descriptive meta-analysis of data from elders. *Percept Mot Skills*, 2006; 103(1): 215-222
- 19) Wood RH, Reyes R, et al: Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 2001; 33(10): 1751-1758
- 20) Izquierdo M, Ibanez J, et al: Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sports Exerc*, 2004; 36(3): 435-443
- 21) 島田裕之, 内山 靖: 高齢者に対する 3ヶ月間の異なる運動が静的および動的姿勢バランス機能に及ぼす影響. *理学療法学*, 2001; 28(2), 38-46
- 22) Howe TE, Rochester L, et al: Exercise for improving balance in older people. *The Cochrane Library* 2009, Issue 2, CD004963
- 23) Bassey EJ, Fiatarone MA, et al: Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci (Lond)*, 1992; 82: 321-327
- 24) Bassey EJ, Short AH: A new method for measuring power output in a single leg extension: feasibility, reliability and validity. *Eur J Appl Physiol*, 1990; 60: 385-390
- 25) Skelton DA, Greig CA, et al: Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Ageing*, 1994; 23: 371-377
- 26) Misko TA, Cress ME, et al: Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2003; 58(2): 171-175