

# 幅広い高齢者に適応可能なサルコペニア予防法 (地域の介護予防現場で使える実践的方法の確立)

京都府立医科大学	渡邊裕也
(共同研究者) 日本学術振興会	山田陽介
京都府立医科大学	三宅基子
同	横山慶一
同	吉田司

## The Establishment of Effective Intervention to Prevent Sarcopenia for Elderly

by

Yuya Watanabe, Motoko Miyake,  
Keiichi Yokoyama, Tsukasa Yoshida  
*Kyoto Prefectural University of Medicine*  
Yosuke Yamada  
*Research Fellow,*  
*Japan Society for the Promotion of Science*

### ABSTRACT

The aim of this study was to compare the effects of class-style supervised intervention (CS) versus home-based unsupervised intervention (HB) in improving muscle mass and physical function in older adults. A total of 288 older adults (65–87 years) living independently participated in this cluster-randomized trial. They were assigned to one of two groups (CS and HB) and instructed on resistance exercise program in two lectures. Also, all participants were provided with exercise materials (ankle weight, Thera-Band, triaxial-accelerometer/pedometer and exercise log),

and then encouraged to perform resistance exercise and to increase the mean daily activity level. In CS intervention, the participants conducted a resistance exercise program at weekly class-style sessions. In other days, they performed the program independently. In HB intervention, the participants were only given instruction and practice about exercise. They were also instructed to increase 2,000 steps per day. Lower limb muscle mass (both front thigh muscle thickness and intracellular volume of lower limb) and knee extension strength were significantly increased in both groups. Significant increase in intracellular volume of upper limb was observed only in the CS intervention group. There were significant improvements of physical function (maximal gait velocity and chair-stand time) in both groups. Additionally, the mean number of daily steps significantly increased in both groups. None of these variables showed a significant difference between groups. These results indicated that low intensity resistance training with increase in daily walking steps can induce muscle hypertrophy, strength gain, and improvement of physical function. Particularly, it is important that there was no significant difference in the training effects on lower limb muscle and physical function between CS and HB interventions. Thus, HB intervention is considered a cost-effective method to prevent sarcopenia for elderly with a wide range of physical fitness level. Wide acceptance of this program on a community basis is anticipated for the future.

## 要 旨

本研究では、現実的な運用を想定したプログラムが高齢者の筋機能に及ぼす効果を検証した。高齢者 288 名 (65 ~ 87 歳) を教室型と自宅型の 2 群に分け、12 週間の介入を行った。介入プログラムは自体重・アングルウエイト・セラバンドを利用したレジスタンストレーニングおよび 3 軸加速度計の配布による活動量を増やす動機づけとした。教室型は週に一度の運動教室に参加し、他の日は自主的にプログラムを実施した。自宅型は数回のレクチャーのみを受け、自主的にプログラムを継続した。介入の結果、有意な下肢筋量 (大腿前部の筋組織厚・下肢筋細胞量) の増加は両群で認められたが、上肢筋細胞量の有意な増加は教室型のみで観察された。膝伸展筋力、最大歩行時間、5 回椅子立ち上がり時間といった運動機能や平均

歩数は両群で有意に改善した。なお、これらの改善に有意な群間差はなかった。比較的低コストで実施可能な自宅型でもほぼ同様の効果が得られた意義は大きく、今後地域での大規模展開が期待される。

## 緒 言

加齢に伴う骨格筋量および筋力の低下をサルコペニア (加齢性筋減弱症) という<sup>1)</sup>。サルコペニアは高齢期の虚弱性 (frailty) の中心要素と考えられており、日常生活動作 (Activities of daily living: ADL) や生活の質 (Quality of life: QoL) を低下させるだけでなく、転倒リスクの増大や自立の喪失につながる<sup>2)</sup>。さらに、近年の研究から、サルコペニアは生活習慣病の罹患リスク<sup>3)</sup> や総死亡リスク<sup>4)</sup> とも関連していることが指摘されている。以上のことから、サルコペニアは要介護

者の増加, ひいては介護保険利用料・医療費の上昇に強く関係していると考えられ, 高齢者人口の増加がつづく日本にとって, その予防・改善は社会的に重要な課題である.

現在, サルコペニア予防・改善に最も有効と考えられている処方レジスタンストレーニングである<sup>5)</sup>. 一般的に, 筋肥大・筋力増強を目的とした場合, 最大挙上重量 (1RM: One-repetition maximum) の80% (80%1RM) 程度の高負荷を用いることが広く推奨されており<sup>6)</sup>, 65%1RM以下の負荷では, 筋肥大効果はほとんど望めないとされる<sup>7)</sup>. レジスタンストレーニングにおける負荷の重要性は高齢者にも当てはまり, 高齢者を対象とした先行研究の大部分は70%1RMを超える負荷を用いている<sup>8)</sup>. 高負荷で行うレジスタンストレーニングによるサルコペニア予防・改善効果に疑いの余地はないが, この処方を地域在住高齢者へ大規模展開することは安全性や設備面の問題から現実的に不可能である.

一方最近, 負荷は必ずしも筋肥大に決定的な因子ではなく, 低負荷であっても他の要因に工夫を加味することで十分な筋肥大・筋力増強効果を得られることがわかってきている. 先行研究では, 低負荷レジスタンストレーニングによる筋肥大には総筋力発揮時間が重要な因子であることが指摘されており<sup>9)</sup>, 動作速度が遅く1レップの時間が長いトレーニング法<sup>10-13)</sup> や, 反復回数が極めて多いトレーニング法<sup>14, 15)</sup> での筋肥大効果が報告されている. したがって, 低負荷でも筋力発揮時間に工夫を加えたプログラムを実施することでサルコペニアを予防・改善できる可能性は十分考えられる.

そこで本研究では, これまでに得られた知見を応用し現実的に運用可能なプログラムを作成し, そのプログラムが高齢者の筋機能に及ぼす効果を検証することを目的とした.

## 1. 実験方法

### 1.1 参加者

介入参加者は, 本研究室が実施する体力測定に参加した地域在住高齢者から募集した. 参加希望者に研究の目的, 内容, 手順, リスク等に関する説明を行い, 自立歩行が可能な288名を介入参加者とした. 参加者は在住地域別に教室型介入群と自宅型介入群 (詳細は後述) の2群に割り振られた. 参加者の身体的特性は表1に示す.

本研究は, 京都府立医科大学医学倫理審査委員会の承認を得て実施し, すべての参加者から, 同意書に自署署名を得た.

表1 参加者の身体的測定

	教室型	自宅型
参加者数 (名/男女)	146 (60/86)	142 (60/82)
年齢 (歳)	74.2±5.1	73.8±8.6
身長 (cm)	155.6±8.6	156.3±8.6
体重 (kg)	55.2±9.9	55.9±9.4

### 2.2 介入プログラム

介入プログラムの内容は自体重・アングルウエイト (STW140, トータルフィットネス, 日本)・セラバンド (Thera-Band, Hygenic社, 米国) を利用したレジスタンストレーニングおよび活動量を増やす動機づけとし, その実施状況を日誌に記録することで習慣化を図った. レジスタンストレーニングは低速度で筋張力を維持したまま行う筋発揮張力維持スロー法<sup>10)</sup> を応用した.

下肢は自体重やアングルウエイトを負荷とするスクワット, レッグレイズ, カーフレイズの3種目, 上肢はセラバンドを用いて行うアームカール, フロントレイズ, サイドレイズ, エクスターナルローテーションの4種目とした. 反復回数ならびにセット数は6~10回を1~2セットとした. なお, すべての種目で, 急な加減速を行わずゆっくりした一定の速度 (挙上・下降ともに3~4秒)

で動作するよう指示した。5週目からは下肢の種目で、できるだけ高速度で行うセットを加えた。

活動量を増やす動機づけとしては、参加者全員に3軸加速度計（EW-NK52, パナソニック, 日本）を配布し、介入期間の初めの週を基準に1日の歩数を2,000歩増やすよう指示した。また、自己判断でアンクルウエイトを装着することで歩行に負荷を加えられることを案内した。

本研究では、地域での現実的な展開を想定したプログラム実施法として教室型介入と自宅型介入を設定した。教室型介入群では、レジスタンストレーニングの方法などのレクチャー、歩数計の装着、日誌の記録に加え週に一度の運動教室を開催し、集団でプログラムを実施した。自宅型介入群では、開催するのはレクチャーのみで、歩数計の装着と日誌への記録を通じて自主的なプログラム実施・継続を促した。なお、日誌は定期的に回収し、内容を確認後、コメントを記入して返却した。

以上の介入プログラムを12週間介入し、その前後で各種測定を実施した。

### 1.3 測定項目

#### ①形態および身体組成

筋量は、大腿前部の筋組織厚および全身の筋細胞量で評価した。

筋厚の計測は超音波測定装置（Sonosite 180 Plus, Sonosite 社, 日本）を用いて、B-モード超音波画像を撮影した。測定部位は右側大腿部前面とし、立位で大腿長の50%（上前腸骨棘と大腿骨外側上顆の中間点）で超音波画像を撮影した。取得した超音波画像上で筋組織厚（大腿直筋・中間広筋）を測定した。測定は2回繰り返し（2mm以上の差が出た場合は3回測定）、その中央値を測定値として採用した。

上肢および下肢の筋細胞量は多周波生体電気インピーダンス装置（Physion Z, 非売品京都製, 日本）<sup>16)</sup>を用いて、2種類の誘導法（遠位誘導法、

近位誘導法）によって各部位の区間抵抗値を算出した<sup>17)</sup>。測定は電気抵抗に影響のない布製マットの上で、仰臥位にて行った。この姿勢による5分の安静後に2回（遠位誘導法と近位誘導法）測定した。先行研究にならい、出力された抵抗値から、上肢ならびに下肢の細胞内液量（Intracellular water: ICW）指標を算出し、筋細胞量指標を得た。

#### ②運動機能

測定項目は等尺性随意最大膝伸展筋力（膝関節角度90°）、10m歩行時間、5回椅子立ち上がり時間とした。各種測定は当研究室の方法<sup>18)</sup>で実施した。測定方法の概要は以下のとおりである。

##### ・等尺性随意最大膝伸展筋力

片脚用筋力測定台（TKK5715, 竹井機器工業株式会社, 日本）を用いて測定した。測定時の膝関節角度は90°とした。測定の前に準備運動として、最大努力の主観的50%、70%で力発揮を行った。計測は30秒の休息を挟んで右左2回ずつ行い、左右それぞれの最大値を測定値として採用した。

##### ・10m歩行時間

通常速度と最大速度の10m歩行時間を測定者がストップウォッチで計測した。通常速度は、参加者の普段の歩き方による歩行速度のことで「いつも歩いている速さで歩いてください」と指示して行なわれた。また、最大速度は参加者が最大努力の速さで歩いた時の歩行速度のことで「できる限り速く歩いてください」と指示して行なわれた。測定者はスタートの合図とともにストップウォッチを押し、対象者の体幹が10mラインを超えた時点で止めた。測定はそれぞれ2回繰り返し、その平均を測定値として採用した。

##### ・5回椅子立ち上がり時間

参加者は両手を交差して胸に当て、両膝は握り

こぶし一つ分開き、肘掛けのない椅子に浅く腰掛けた。その後、測定者の合図で、両膝が完全に伸展するまで立ち上がり、できる限り速く座位姿勢に戻り、再び立つ動作を5回繰り返し、立ち上がり動作開始から5回目に臀部が椅子に着くまでの所要時間(秒)を測定者がストップウォッチを用いて測定した。

### 1.4 統計処理

本研究の解析はITT解析(Intention to treat analysis)を採用した。すなわち、運動教室の出席率や自宅でのトレーニング状況を考慮せず、介入後測定に欠席者を含めた、介入参加者全員を解析対象とした。

介入前後の各測定項目の群間比較は、二元配置分散分析(群×時間)で行い、有意な交互作用が認められた場合は事後検定として、対応のあるt検定、または対応のないt検定を行い、Bonferroni法を用いてP値の調整をした。同一群内の介入前後の比較には、対応のあるt検定を用いた。すべての検定で $P < 0.05$ を有意とした。

## 2. 結果

### 2.1 筋量

図1に介入前後の筋組織厚の結果を示した。教室型・自宅型ともに、筋組織厚は12週間の介入により介入前に比べ有意に増加した( $P < 0.001$ )が、群間に有意な差は認められなかった。両群の筋組織厚の増加率は、教室型で3.23%、自宅型5.06%であった。

図2に介入前後の上肢ならびに下肢の筋細胞量の結果を示した。介入前の測定において装置故

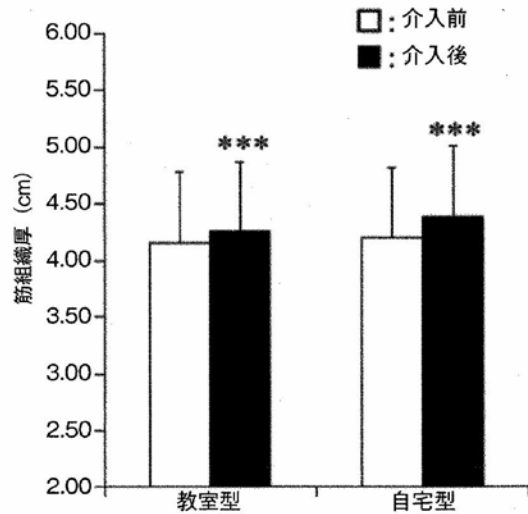


図1 介入による大腿前部筋組織厚の変化  
\*\*\*  $P < 0.001$  (介入前との比較)

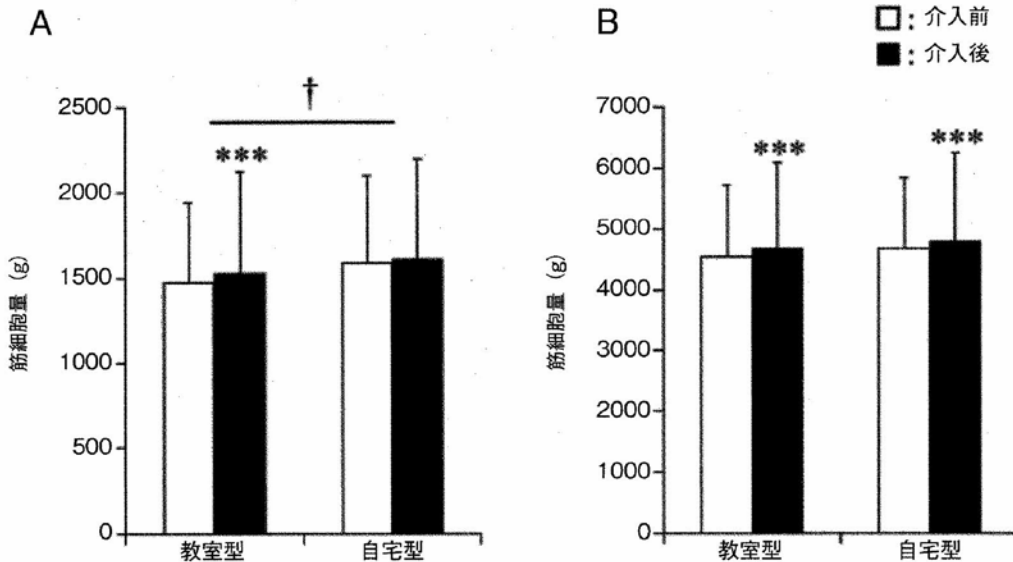


図2 介入による筋細胞量の変化  
A: 上肢筋細胞量; B: 下肢筋細胞量  
\*\*\*  $P < 0.001$  (介入前との比較); †  $P < 0.05$  (群間の比較)

表2 介入による運動機能の変化

	教室型		自宅型	
	介入前	介入後	介入前	介入後
等尺性随意最大膝伸展筋力 (kg 重)	25.3±10.4	31.0±10.8***	27.5±10.8	32.2±10.8***
10m 通常歩行時間 (秒)	8.24±1.73	8.28±2.20	7.98±1.93	7.85±1.93
10m 最大歩行時間 (秒)	6.24±1.10	5.91±1.15***	6.13±1.13	5.91±1.13***
5回椅子立ち上がり時間 (秒)	8.70±2.88	7.49±2.67***	8.23±1.91	6.98±1.91***

\*\*\* P<0.001 (介入前との比較)

障の影響により、37名の測定が実施できなかったため、この37名を分析の対象から除外した。したがって、筋細胞量の分析対象者は教室型142名、自宅型109名、合計251名であった。下肢では、12週間の介入により両群で、有意な筋細胞量の増加を認めた (P<0.001)。群間差については筋組織厚同様に統計学的な有意差は検出されなかった。一方、上肢の筋細胞量は、教室型介入で有意な増加を認めた (P<0.001) が、自宅型介入では有意な変化が認められなかった (P = 0.199)。

## 2.2 運動機能

表2に介入前後の運動機能の結果を示した。教室型・自宅型ともに、等尺性随意最大膝伸展筋力、10m最大歩行時間、5回椅子立ち上がり時間は介入前に比べ有意に改善した (P<0.001)。しかし、10m通常歩行時間には有意な変化が認められなかった。なお、すべての測定項目で、両群間に統計学的な有意差は観察されなかった。

## 2.3 歩数

12週間の介入期間における最初の1週間と最後の1週間で1日の平均歩数を比較すると、両群ともに介入による有意な平均歩数の増加が認められた(教室型:5328.9→6585.1歩/日1256.2歩/日増加, P<0.001; 自宅型:5207.7→5981.1歩/日773.0歩/日増加, P = 0.001)。なお、1日の平均歩数の増加量に有意な群間差は認められなかった。

## 3. 考察

本研究の結果、教室型・自宅型ともに12週間の介入により、筋量の増加、運動機能の改善、平均歩数の増加が認められた。これらの結果は、本研究で実施したプログラムに筋肥大効果・運動機能改善効果、すなわちサルコペニア予防・改善効果があることを示している。特に自宅型介入においてもほぼ同様の効果が得られたことの意義は大きく、うまく動機づけを行い、運動を継続させる、あるいは適切な情報を提供して行動変容を促すことができれば、数回のレクチャー開催だけである程度の介護予防効果が得られる可能性が示唆された。

高齢者を対象とした先行報告では、本介入プログラムの個々の要素が、高齢者の筋量や筋機能にポジティブな効果をもたらすことが示されている。本介入プログラムにおけるレジスタンストレーニングは、低速度で筋張力を維持したまま行う筋発揮張力維持スロー法を応用した。このようなタイプのトレーニング法は単回の運動後、筋タンパク質合成の促進やシグナル伝達系の活性化が引き起こされることが若齢男性を対象とした研究により明らかになっており<sup>9)</sup>、実際に介入することで確かに筋肥大・筋力増強効果が得られることが若齢男性でも<sup>10,11)</sup>、高齢者でも<sup>12,13)</sup>報告されている。したがって、本プログラムのレジスタンストレーニングの継続的な実施が筋肥大を引き起こしたと考えられる。

また、歩数計を使った歩数の増加を促すプログラムにより筋肥大・運動機能改善効果が得られる



こと<sup>19)</sup>や中敷に約200g加重した靴を装着することで、下肢筋量が増加すること<sup>20)</sup>が報告されている。本研究では設定した教室型・自宅型介入ともに、レジスタンストレーニング実施に加え歩数の増加を促し、実際に有意な歩数の増加が認められたこと、アンクルウエイトを参加者全員に配布していたことを加味すると日常生活の中の全体的な活動量が増えており、それが筋肥大・筋力増強に何らかのプラスの影響をもたらしたと推察される。

今回の介入では、下肢筋量（筋組織厚および筋細胞量）の有意な増加は両群で生じたが、上肢筋細胞量の有意な増加は教室型のみで観察された。介入後にアンケート調査を行ったところ、多くの参加者が習慣的にプログラムを実施しており、上肢・下肢種目とも実施頻度に有意な群間差は認められなかった。自宅型で上肢筋細胞量の増加が起きなかった要因は、上肢4種目のレジスタンストレーニング実施頻度ではなく実施方法なのかもしれない。適切なレジスタンストレーニング実施方法の周知が自宅型介入の課題と考えられる。

本研究では、両群ともに有意な筋力増強効果および機能改善効果が認められた。筋力の増強は、筋肥大による「形態的要因」と最大随意興奮レベルによる「神経性要因」の両者に依存し<sup>21)</sup>、「神経性要因」の適応は比較的容易に起こるとされている<sup>22)</sup>。日本各地で行われている高齢者の健康増進・介護予防を目的とした運動教室においても、筋力増強効果が報告されている<sup>23,24)</sup>。このような筋力増強は、筋肥大による形態的な変化の影響よりも神経系の機能改善による影響が大きいと考えられ、その一因として、高齢者の日常的な身体活動レベルは若齢者に比べ低く<sup>25)</sup>、特に全力で動作する能力におけるトレーナビリティが高いためだと推察できる。

本介入プログラムで実施した筋発揮張力維持スロー法というトレーニング法は筋を肥大されると

いう点では非常に効果的である一方、運動単位の動員能力といった神経系の機能を向上させるという点ではあまり効果的でない<sup>26)</sup>。特に、歩行速度や椅子座り立ちなど一般的な日常動作における運動機能にとって筋量・筋力は重要な要素の一つであることは間違いないが、筋量・筋力以外にも瞬発的な力の立ち上がりの速さや、動作の巧みさといった神経的要因も強く関係している。そこで、本研究では、筋発揮張力維持スロー法で行うレジスタンストレーニングに加え、可能な限りすばやく行うセットを併用した。その結果、筋肥大効果のみならず歩行速度や椅子立ち上がり時間などの測定項目で有意な改善効果が認められたと考えられる。

#### 4. 結 論

低負荷で行うレジスタンストレーニングおよび活動量の増加によるサルコペニア予防・改善効果が明らかになった。比較的低コストで実施可能な自宅型でも同様の効果が得られた意義は大きく、今後地域での大規模展開が期待される。

広くサルコペニアを予防・改善することができれば、高齢者の健康やQOLを高く保ち、地域全体の活性化に資するのみならず、医療費や介護保険料の軽減にもつながると考えられる。

#### 謝 辞

本研究に対して、多大な助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝いたします。また、本研究の遂行にあたり多大なご協力を賜りました京都学園大学バイオ環境学部木村みさか教授、参加者として協力いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 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. *Age Ageing*, 39(4) :412-423(2010)
- 2) Wolfson L., Judge J., Whipple R., King M., Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.*, 50 Spec No:64-67(1995)
  - 3) Karakelides H., Nair K.S., Sarcopenia of aging and its metabolic impact. *Curr. Top. Dev. Biol.*, 68:123-148(2005)
  - 4) Volpato S., Romagnoni F., Soattin L., et al., Body mass index, body cell mass, and 4-year all-cause mortality risk in older nursing home residents. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 52(6) :886-891(2004)
  - 5) Borst S.E., Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age Ageing*, 33(6) :548-555(2004)
  - 6) American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41(3) :687-708(2009)
  - 7) McDonagh M.J., Davies C.T., Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 52(2) :139-155(1984)
  - 8) 大藏倫博, 角田憲治, 辻大士, 田中喜代次. サルコペニア予防のエビデンス—レジスタンストレーニングを中心として. *Geriatric Medicine.*, 48:197-200(2010)
  - 9) Burd N.A., Andrews R.J., West D.W., et al., Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J. Physiol.*, 21 (2011)
  - 10) Tanimoto M., Ishii N., Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *J. Appl. Physiol.*, 100(4) :1150-1157(2006)
  - 11) Tanimoto M., Sanada K., Yamamoto K., et al., Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. *J. Strength Cond. Res.*, 22(6) :1926-1938(2008)
  - 12) Watanabe Y., Tanimoto M., Ohgane A., Sanada K., Miyachi M., Ishii N., Increased muscle size and strength from slow-movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. *J. Aging Phys. Act.*, 21(1) :71-84(2013)
  - 13) Watanabe Y., Madarame H., Ogasawara R., Nakazato K., Ishii N., Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, (2013) (in Press)
  - 14) Holm L., Reitelseder S., Pedersen T.G., et al., Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. *J. Appl. Physiol.*, 105(5) :1454-1461(2008)
  - 15) Mitchell C.J., Churchward-Venne T.A., West D.W., et al., Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *J. Appl. Physiol.*, 113(1) :71-77(2012)
  - 16) Yamada Y., Ikenaga M., Takeda N., et al., Estimation of thigh muscle cross-sectional area by single- and multi-frequency segmental bioelectrical impedance analysis in the elderly. *J. Appl. Physiol.*, (2013) (Online first)
  - 17) Yamada Y., Masuo Y., Yokoyama K., et al., Proximal electrode placement improves the estimation of body composition in obese and lean elderly during segmental bioelectrical impedance analysis. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 107(2) :135-144(2009)
  - 18) Kimura M., Mizuta C., Yamada Y., Okayama Y., Nakamura E., Constructing an index of physical fitness age for Japanese elderly based on 7-year longitudinal data: sex differences in estimated physical fitness age. *Age (Dordr)*, 34(1) :203-214(2012)
  - 19) Yamada M., Mori S., Nishiguchi S., et al., Pedometer-based behavioral change program can improve dependency in sedentary older adults: a randomized controlled trial. *The Journal of Frailty & Aging*, 1(1) :39-44(2012;)
  - 20) 池永昌弘, 山田陽介, 三原里佳子, et al. 中敷に重量負荷した靴の運動介入が高齢者の下肢筋量および歩容に及ぼす影響. *体力科学*, 61(5) :469-477(2012)
  - 21) Ikai M., Fukunaga T., A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. *Int. Z. Angew. Physiol.*, 28(3) :173-180(1970)
  - 22) Kraemer W.J., Deschenes M.R., Fleck S.J., Physiological adaptations to resistance exercise. Implications for athletic conditioning. *Sports Med.*, 6(4) :246-256(1988)



- 23) Yamauchi J., Nakayama S., Ishii N., Effects of bodyweight-based exercise training on muscle functions of leg multi-joint movement in elderly individuals. *Geriatr. Gerontol. Int.*, 9(3) :262-269 (2009)
- 24) 渡邊裕也, 山田陽介, 三宅基子, 木村みさか, 石井直方. 高齢者向けの運動教室が参加者の身体機能と医療費に及ぼす効果. 厚生の指標. (2013)
- 25) Meijer E.P., Goris A.H., Wouters L., Westerterp K.R., Physical inactivity as a determinant of the physical activity level in the elderly. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 25(7) :935-939(2001)
- 26) Tanimoto M., Arakawa H., Sanada K., Miyachi M., Ishii N., Changes in muscle activation and force generation patterns during cycling movements because of low-intensity squat training with slow movement and tonic force generation. *J. Strength Cond. Res.*, 23(8) :2367-2376(2009)