

## パワーリハビリテーション・マシンによる 中・高年者の初期負荷値設定について

関矢 貴秋, 三浦 望慶

Determination of the Initial Training Intensity on a Power Rehabilitation Machine for Middle-aged and Elderly People

SEKIYA Takaaki, MIURA Mochiyoshi

The objective of this study was to clarify the appropriate individualized initial intensity of muscle training on a Power Rehabilitation(PR) machine for middle-aged and elderly people from its relationships with the skeletal muscle mass and muscle strength (grip strength). The subjects were 50 males and females (mean age 63 years, range 43-79 years) participating in a PR fitness course. Seven training events were performed on the PR machine. The initial training intensity in these events showed considerably high correlations with the skeletal muscle mass ( $r=0.42-0.57$ ,  $p<0.05$ ) and grip strength ( $r=0.43-0.61$ ,  $p<0.01$ ). However, when regression equations were calculated, the level of significance was  $p<0.05$  for grip strength, suggesting that the initial training intensity can be determined according to the grip strength. Also, as the perceived exertion scale (Bprg's scale) presently used for PR was originally an index of general endurance, a new scale of perceived exertion concerning weight loading is proposed.

Key words : power-rehabilitation, strength training, initial training intensity, skeletal muscle mass, grip strength, ratings perceived exertion(RPE)

### 研究目的

日本人の平均寿命は2004年には男性78.6才、女性は85.6才であり、世界一の長寿国である<sup>11)</sup>。しかし、一方で、介護を必要とする高齢者も増加している<sup>8)</sup>。我が国では2005年から2015年の10年間に、団塊の世代といわれる戦後のベビーブームに生まれた人々が高齢期を迎えることにより、高齢者人口がおよそ30%増加すると予測されており、要介護者は現在の2倍の約800万人に増加すると推定されている<sup>11)</sup>。それに伴い、高齢者の介護費用、医療費の増加が見込まれている<sup>8)</sup>。

そのため厚生労働省は2005年に介護保険制度の見直しを行い、介護予防の施策を発表している。介護予防の施策の一つに高齢者の筋力系

トレーニングを行うことがあげられており、近年、筋力トレーニングへの取り組みが、各地で行われている<sup>9,13)</sup>。こうした、高齢者の筋力トレーニングは医療費の抑制効果があることも報告されている<sup>8)</sup>。これらのことから、高齢者の筋力トレーニングの普及と実施が我が国の高齢化社会における大きな課題となっている。

高齢者が筋力を維持することは、転倒予防、介護予防、さらには高い生活の質(Quality of Life : QOL)を目指して、より充実した健康な生活をするために重要であるとされている<sup>16,17)</sup>。現在、日本は世界一の長寿国であるが、高齢化社会においては、単に長寿であるだけでなく、自立して、活動的な生活ができる自立健康寿命もしくは活動的寿命(Functional Life Span)<sup>13)</sup>が重要である。このことについて、畑佐と中村

は<sup>3)</sup>高齢者が健康で自立し、活力を持って日々の生活を送れる“健康寿命”を延長することが大切であるとしている。

仙台大学では平成16年度から高齢者の筋力の維持、向上を目的として、パワーリハビリテーション・マシンによる開放講座を行ってきた。こうした筋力トレーニングを行う際には、個人差に即した適切な初期負荷値を決定することが課題である。

パワーリハビリテーション<sup>16)</sup>では、初期負荷値の決定として、Borg's scale<sup>1)</sup>で「楽に感じる」10回程度の繰り返しができる重さを初期負荷値としている。しかし、Borg's scaleは本来、全身持久性の運動強度の尺度として開発され、検討されてきたものであり<sup>14)</sup>、筋力トレーニングにおける負荷強度の設定には妥当であるとは言えない。

本研究の目的は高齢者の筋力トレーニングにおける初期負荷値の設定についてパワーリハビリテーション種目と骨格筋量や筋力（握力）の測定値との相関関係を検討することにより、個人差に即した適切な初期負荷値の決定方法を明らかにしようとするものである。

## 研究方法

### 1 被験者

本研究の被験者は、平成16年度S大学パワーリハビリテーションフィットネス教室（以下パワーリハ教室）参加者の中から選出した。パワーリハ教室は、介護予防を目的としたS大学公開講座として平成16年度から実施されている筋力向上トレーニング講座である。

参加者は近隣市町村に居住する住民で40歳代から70歳代中・高年者である。いずれの参加者も日常生活においては、各地で行われる行事等に自ら積極的に参加していく態度が見られ、自らの健康に関する意識が高く、特に介護予防、寝たきり予防に関する運動実践に高い関心を持つ者である。

表1 被験者の身体的特徴

項目		平均・標準偏差	範囲
年齢	全体年齢（歳）	62.6 ± 7.26	(43 ~ 79)
	男性	66.9 ± 6.23	(56 ~ 79)
	女性	60.0 ± 6.63	(43 ~ 70)
身長	全平均身長（cm）	156.8 ± 7.78	(143 ~ 175)
	男性 平均身長	164.0 ± 5.45	(156 ~ 175)
	女性 平均身長	152.3 ± 5.18	(143 ~ 164)
体重	全平均体重（kg）	59.0 ± 8.68	(42.5 ~ 75)
	男性 平均体重	64.5 ± 6.61	(50.8 ~ 75)
	女性 平均体重	55.6 ± 8.12	(42.5 ~ 71.5)

n=50 男性19名 女性31名

表1には被験者の身体的特徴を示した。被験者はパワーリハ教室に参加した55名より途中欠席者等を除いた50名とした。全体の平均年齢は63歳（43歳～79歳）、性別、身長、体重は表1にみられる値であった。男女別に身長および体重の値をみると日本人の標準値に近い値であった<sup>18)</sup>。

### 2 体力測定期間及び測定項目

パワーリハ教室での以下に示す測定は、パワーリハ教室開催1ヶ月前と教室初日と3ヶ月後の最終日に行った。1ヶ月前測定は、日常生活での体力変化の計測と各測定内容と方法に慣れることにより教室開催前における測定時の誤差を減らす目的で実施した。

#### 1) 測定項目

- (1) 運動能力テストは、開眼片足立ち・ファンクショナルリーチ・長坐位体前屈・落下棒テスト・Time Up & Go・3分間歩行および閉眼足踏みを実施した。
- (2) 筋力測定としては握力測定を実施した。
- (3) InBodyを使用して骨格筋量・体脂肪量・除脂肪量・骨量・BMI等を測定した。
- (4) 身体計測として、身長・体重・骨密度（ALOKA 超音波骨評価装置 AOS-100 使用）・血管推定年齢（フクダ電子 DYNA PULSE

SDP-100 加速度脈波計使用) を実施した。

(5) パワーリハビリテーション7種目の初期負荷値はトレーニング初回に測定した。

## 2) 使用器具

パワーリハビリテーショントレーニングは、ドイツ、コンパス社製(酒井医療)コンパスストレンジトレーニングマシンを使用。In Body Mass はバイオスペース社製高精度体成分分析装置ボディコンポジションアナライザー InBody<sup>3.1</sup>を使用し骨格筋量を測定した。握力測定は、竹井機器社製デジタル握力計を使用した。

## 3 パワーリハビリテーション種目

パワーリハビリテーションは、介護予防事業として実施されている筋力向上トレーニングである。トレーニング方法は以下の7種目で実施した。各々の種目は専用の筋力トレーニングマシンを使うプログラムである<sup>16)</sup>。

### ○水平・レッグプレス

水平にフットプレートを足で押す動作(股・膝・足関節の伸展力)をトレーニング  
使われる筋群: 股関節伸筋群・膝関節伸筋群・足関節底屈筋群

### ○レッグ・フレクション

下肢(膝関節)の屈曲のトレーニング  
使われる筋群: ハムストリング

### ○ローイング

手前に引く動作で上背部(肩甲骨内転・肘関節屈曲・肩関節屈曲)をトレーニング  
使われる筋群: 広背筋・菱形筋・三角筋後部・上腕二頭筋(脊柱起立筋・股関節伸筋群)

### ○トorso・フレクション

体幹を前後に屈曲させるトレーニング  
使われる筋群: 腹直筋

### ○ヒップ・アブダクション・アダクション

股関節内・外転のトレーニング  
使われる筋群: 大腿筋膜張筋・中殿筋・小殿筋・内転筋・薄筋

### ○チェスト・プレス

身体の前にあるバーを押す(肘関節伸展、肩関節水平内転) トレーニング  
使われる筋群: 大胸筋・上腕三頭筋・三角筋前部

## 4 初期負荷値設定の手順

初期負荷値の設定は専属の介助スタッフによるマンツーマン方式で行った。各筋力トレーニングマシンにおける最低負荷値2.5kgから実施した。

最初は最も軽い設定2.5kgで5回実施した。その後、「この重さで10回3セット、休みを入れながら行うが、この重さで楽にできますか」「呼吸を止めず回数を数えながら実施しますが如何ですか」と声がけし実施した。「楽にできる」であれば初期負荷値として決定した。この他、「楽すぎる」「軽すぎる」と被験者が判断した場合は、重り(プレート)を1枚ずつ加重した後、同様の声がけをし負荷を決定していく。負荷を増していく中で「重い」「つらい」と感じた場合は、重量を減らし初期負荷値を決定した。各機種におけるプレートの重さは、2.5kg~5kgと1.25kgの微調整用重りを組み合わせ初期負荷を設定した。

## 5 パワーリハ教室の実施経過

本講座は平成16年8月から12月まで約3ヶ月間開催された。教室開催場所はS大学内パワーリハフィットネスルームである。グループ編成は1グループ概ね12名を定員とした。1日3グループ(午前グループ・午後グループ・夕方グループ)開催し延べ各週2日にわたり6グループを実施した。

実施内容はマシントレーニング7種目による筋力改善トレーニング。バランスパッドを用いた全身バランス運動。タオルとセラバンド・チューブを用いた簡易筋力向上トレーニング等によって構成された。週に1回の学内における教室と自宅におけるホームトレーニングに關す

る運動で構成された。

参加者はほとんどが初心者であったため、初日に筋力トレーニングに関する基礎知識と介護予防運動を実施する意義等を講話し動機づけと継続の必要性を強調した。その後、マシンになれる段階から、回数を徐々に増やしてトレーニング内容に導いた。

教室を開催するに当たって参加者には、事前に安全上の観点から、問診票への記入、開催時のバイタルサインチェック、傷害保険への加入、緊急時の対応マニュアル作成等、身体状況の確認と安全面に配慮し講座を実施した。また、本研究に関する説明をしデータの使用等の承諾を得た。

## 6 統計及びデータ処理

データ処理は、sony製PCを用いた。マイクロソフト社表計算ソフト、エクセルにより集計作業を実施した。統計処理に関しては統計処理ソフトSPSS Ver.13.0jを使用した。パワーリハ各7種目の初期負荷値と骨格筋量、及び握力の相関係数と回帰分析を行い回帰方程式を算出した。

## 7 結果

- 1) パワーリハ種目と骨格筋量及び握力との相関について  
表2はパワーリハ・トレーニング7種目の初

期負荷値と骨格筋量及び握力との相関関係を示している。パワーリハ7種目の初期負荷値と骨格筋量との関係は、レッグ・エクステンションをはじめ5種目にかなり相関 ( $r = 0.42 \sim 0.57$   $P < .01$ ) があった。また、水平レッグプレスとチェスト・プレスは、やや相関 ( $r = 0.36$   $P < .05$ ) がある結果であった。

次に、パワーリハ7種目の初期負荷値と握力との関係は、水平レッグプレスをはじめ5種目との間にかなり相関 ( $r = 0.43 \sim 0.61$   $P < .01$ ) があった。また、チェスト・プレスは、握力との間にやや相関 ( $r = 0.35$   $P < .05$ ) がある結果であった。

これらの結果からパワーリハ7種目と骨格筋量および握力との相関係数にはかなり相関またはやや相関があった。相関係数の有意差検定では、高度に有意または有意であった。したがって、初期負荷値の設定に骨格筋量および握力の利用ができるとみられる。

### 2) 回帰方程式による初期負荷値の検討

図1はパワーリハ種目レッグ・フレクションの初期負荷値と握力との散布図を示している。両者の回帰直線の回帰方程式は  $y = 0.118x + 2.382$  が算出された。握力と各種目の初期負荷値との間には高い相関がある事から、握力の測定値を変数とした回帰方程式から初期負荷値を算出できることになる。また、同様にパ

表2 パワーリハ7種目の初期負荷値と骨格筋量及び握力との相関係数

種目	初期負荷値 m・SD	骨格筋量 m・SD 22.19 ± 4.80	骨格筋量 相関係数	握力 m・SD 30.27 ± 9.05	握力 相関係数
水平	14.08 ± 4.43		0.36*		0.43**
レッグ・フレクション	5.96 ± 1.81		0.56**		0.59**
ローイング	4.57 ± 1.82		0.57**		0.61**
トorso・フレクション	5.02 ± 1.72		0.45**		0.53**
ヒップ・アダクション	5.28 ± 1.81		0.42**		0.49**
ヒップ・アブダクション	4.19 ± 1.78		0.56**		0.58**
チェスト・プレス	2.07 ± 1.24		0.36*		0.35*

(\*  $p < .05$  \*\* $p < .01$ )

ワーリハ7種目の初期負荷値と骨格筋量及び握力について散布図と回帰方程式を求めた。ここでは図1のレッグ・フレクションと握力についての例を示した。

3) パワーリハ7種目と骨格筋量及び握力の回帰方程式

表3はパワーリハ7種目と骨格筋量及び握力の回帰方程式の結果である。まず、パワーリハ7種目と握力の間で算出された回帰方程式は、有意確率を見たところいずれの種目も5%以下であった。

次に、パワーリハ7種目と骨格筋量との間で求められた回帰方程式の内、レッグ・フレク

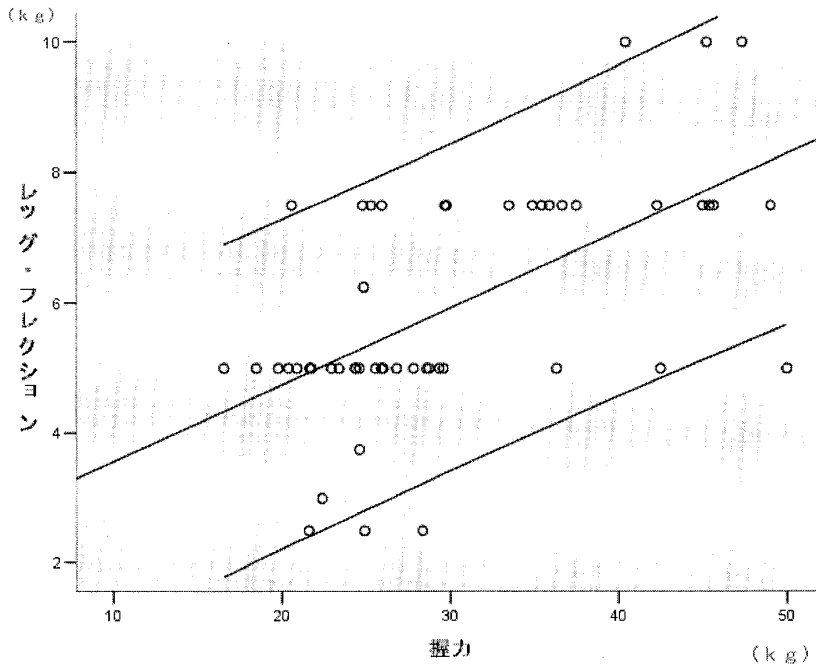


図1 レッグフレクションの初期負荷値と握力の回帰直線 (回帰方程式  $y=0.118x+2.382$ )

表3 パワーリハ7種目の初期負荷値と骨格筋量値及び握力値の回帰方程式

パワーリハ種目	握力	骨格筋量
水平	$Y = 0.211 X + 7.682$	$Y = 0.331 X + 6.737$
レッグ・フレ	$Y = 0.118 X + 2.382$	$Y = 0.211 X + 1.284$
ローイング	$Y = 0.122 X + 0.890$	$Y = 0.266 X$
トーソ・フレク	$Y = 0.101 X + 1.948$	$Y = 0.218 X - 0.261$
ヒップ・アダク	$Y = 0.097 X + 2.329$	$Y = 0.207 X$
ヒップ・アブダク	$Y = 0.114 X + 0.754$	$Y = 0.171 X + 1.221$
チェスト・プレス	$Y = 0.048 X + 0.611$	$Y = 0.224 X$
		$Y = 0.159 X + 1.752$
		$Y = 0.235 X$
		$Y = 0.198 X - 0.197$
		$Y = 0.189 X$
		$Y = 0.092 X + 0.023$
		$Y = 0.093 X$

ション、ローイング、トーツ・フレクション、ヒップ・アブダクション、ヒップアダクション、チェスト・プレスの6種目に関しては、定数の値に意味を持たない(有意確率 $> 0.05$ )ため、定数項を含まない数式も併記した。

両者の回帰方程式を算出し有意確率を見た結果から、握力はいずれの種目も5%以下であった。しかし、骨格筋量では7種目中6種目は検定の結果定数の値に意味を持たない結果であった。したがって、パワーリハ7種目と骨格筋量との関係から初期負荷値の算出はできるが、握力を変数とした回帰方程式での初期負荷値決定の方がより適切であり妥当であると言える。

## 考 察

本研究の被験者は中・高年者、男女50名である。これらの被験者のパワーリハビリテーション(以下、パワーリハ)種目と骨格筋量、握力との相関について検討した。筋力については男女差があり、男性は女性に比べて骨格筋量が多く、また、中・高年者では、同性でも筋力の個人差が大きいことが知られている<sup>13)</sup>。本研究ではパワーリハトレーニングにおける初期負荷値を決定する実際的な立場から、中・高年者男女を一つのグループと考えて検討をおこなった。

筋力の年齢による変化は20才頃に最高の値を示し、30～40才頃まで維持されるがそれ以降低下をしていく<sup>2)</sup>。中・高年者における筋力は、自立した行動を行うためにはきわめて重要であることが指摘されている<sup>9)</sup>。したがって、中・高年者では、筋力の維持、向上を図るため目標を持ったレジスタンストレーニングが必要である<sup>6)</sup>。

現在行われているレジスタンストレーニングにおける初期負荷値の決定は、大別して2つの方法がある。一つは全力で1回できる重さ(1RM: one Repetition Maximum)を決定し、それを基準として、その60～70%の重量を求

めて、初期負荷値とし、トレーニング回数を決定する方法である<sup>5,7)</sup>。この場合、中・高年者や初心者にとっては最大筋力発揮での1RMの決定は危険でもあり、困難である。

他の方法は最大下筋力発揮による負荷重量で、繰り返し回数を調べて、初期負荷値を決定する場合である<sup>10)</sup>。この場合は、中高年者に適しているが、試行錯誤的にいくつかの重量で回数を調べる手間がかかる。

本研究ではパワーリハ種目の初期負荷値と骨格筋重量および握力の間にはかなり高い相関があった。これらの相関係数の検定では有意または高度に有意であった。したがって、これらの結果から初期負荷値の設定には骨格筋量または握力の両者が利用できるといえる。

しかし、本研究では、初期負荷値の設定には、骨格筋重量よりも握力の測定値が適している結果であった。そこで両者の回帰方程式を算出し、有意確率をみたところ、握力ではいずれの種目でも5%以下であった。一方、骨格筋重量では7種目中6種目は定数の値に意味を持たない結果が得られた。すなわち、骨格筋量は筋の形態としての量であり、また、測定値の再現性について検討する必要もあると考えられる。一方、握力は筋の機能であることから初期負荷値の設定には握力がより適しているといえる。従って、パワーリハ各種目の初期負荷値は握力測定値によって決定することができることが明らかになった。

これまで示されているパワーリハ種目の初期負荷値の設定にはBorg<sup>11)</sup>による主観的運動強度にもとずいて、日本語では<sup>14)</sup>「楽である」、「ややきつい」、といった主観基準が示されている。この主観的運動強度は、本来、全身持久性の主観的運動強度を判定する基準としてBorgにより開発されたものである<sup>1)</sup>。数値基準としてはもっとも軽い運動強度の6から最大強度を20としているが、これらの値は、青年の心拍数の1/10の値である。このことから、筋力トレーニングでの主観的運動強度としては必ずし

も妥当であるといえない。

小野寺と岩岡<sup>15)</sup>は脚伸展力と主観的強度との関係を10段階に分けて検討している。また、林ら<sup>4)</sup>は骨格筋活動と強度認知を自転車エルゴメーターで検討している。Lagallyら<sup>12)</sup>はレジスタンスエクササイズの主観強度を筋電図と血中乳酸濃度との関連で検討している。しかし、筋力発揮の場合の負荷強度は重量であることから、筋力発揮、重量負荷に関する主観的運動強度を次のように7段階で示すことができる。

とても重い(+3)、 かなり重い(+2)、  
 やや重い(+1)、 適度な重さ(0)、  
 やや軽い(-1)、 かなり軽い(-2)、  
 とても軽い(-3)

握力についての回帰方程式と主観的強度決定の例として挙げるとするならば、測定された握力値を基準にして回帰方程式に基づく初期負荷値を決定する。次の段階で10回3セットを想定し回帰方程式に基づいた初期負荷値で実施する。実施する中で「やや重い+1」であれば負荷を減らし「やや軽い-1」であれば負荷を増すことで個々人の初期負荷値を修正する。

パワーリハ種目に限らず、最大下筋力発揮による初期負荷値や負荷強度の決定にあたっては、これらの主観的強度の提示が有効であるとみられる。また、金原、三浦ら<sup>10)</sup>は負荷重量と繰り返し回数との関係を報告しており、これらのデータと併せて利用することにより、効果的な初期負荷、負荷強度の設定がなされることになるといえる。

## 結 論

本研究の目的は中・高齢者のパワーリハビリテーション（以下PR）マシンによる筋力トレーニングで、個人差に即した適切な初期負荷値を骨格筋量や筋力（握力）との関連で明らかにしようとしたものである。被験者はPR・

フィットネス教室参加者、男女50名（平均年齢63才、年齢範囲43～79才）であった。PRマシンによるトレーニング種目は7種目であった。これらの種目の初期負荷値と骨格筋量（ $r = 0.42 \sim 0.57$   $P < 0.05$ ）および握力（ $r = 0.43 \sim 0.61$   $P < 0.01$ ）との間には、かなり高い相関またはやや高い相関関係がみられた。しかし、回帰方程式を算出し有意確率をみたところ、握力では5%以下であり、初期負荷値は握力により設定できることが明らかとなった。また、現在PRで用いられているボルグによる負荷の主観的運動強度（Borg's scale）は、本来、全身持久力の指標であることから、重量負荷に関する主観的運動強度の提案をした。

## 文 献

1. Borg Gunnar (1998) Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*.
2. Ferri, A., Scaglioni, G., Pousson, M., Capodaglio, P., Van Hoecke, J., and Narici, M. V. (2003) Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. *Acta. Physiol. Scand.* 177:69-78.
3. 畑佐泰子・中村栄太郎 (2005) 高齢者からみた発育発達. 子どもと発育発達 3 (3) :161-165.
4. 林容市・田中喜代次・中垣内真樹・木竜徹 (2005) 強度を自己選択した運動中における骨格筋活動と強度認知との関係. *体育学研究* 50 : 437-447.
5. Hoeger, W. W., Hopkins, D.R., Barette, S.L., and Hale, D.F.(1990) Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. *J. Appl. Sports Sci. Res.*, 4:47-54.
6. 池田達昭・高松薫 (2005) 動的筋力トレーニングにおける目標設定の行い方に関する研究. *体育学研究* 50 : 425-436.
7. 石井直方 (1999) レジスタンス・トレーニング. ブックハウス・エイチディ.
8. 神山吉輝・川口毅・神田晃・久野譜也・西嶋尚彦 (2004) 高齢者の筋力系トレーニングによる医

- 療費抑制効果. 体力科学 53:205-210.
9. 勝田茂 (1999) 高齢者の筋トレーナビリ  
ティ 体力科学 48:9-13.
  10. 金原勇・三浦望慶・春山国広・押切由夫(1965)  
筋力トレーニングにおける負荷の強度と繰り返し  
回数・持続時間について. 東京教育大学体育学部  
紀要 5:143-150.
  11. 厚生統計協会 (2005) 国民衛生の動向. 厚生  
の指標. 厚生統計協会. 66-67.
  12. Lagally, K.M., Robertson, R.J., Gallagher, K.I.,  
Goss, F.L., Jakicic, J.M., Lephart, S.,M.,MccawS.T.  
and Goodpaster, B. (2002) Perceived exertion,  
electromyography, and blood lactate during acute  
bouts of resistance exercise. Med. Sci. Sports  
Exerc., 34:552-559.
  13. 長澤吉則・出村慎一・山次俊介・島田茂 (2001)  
中・高齢者における筋力発揮調整能と体力との  
関係及びその性差. 体力科学 50:425~436.
  14. 小野寺孝一・宮下充正 (1976) 全身持久性運動  
における主観的強度と客観的強度の対応性  
－ Rating of perceived exertion の観点から－ .  
体育学研究 21;191-203.
  15. 小野寺孝一・岩岡研典 (2003) 脚伸展力と主観的  
強度. 体力科学 52:823.
  16. 介護予防・自立支援・パワーリハビリテーショ  
ン研究会編 (2002) パワーリハビリテーション  
No.1. 医師薬出版.
  17. Shephard, J. Roy (1997) Aging, Physical  
Activity, and Health. Human Kinetics.
  18. 東京都立大学体力標準値研究会 (2000) 新・日本  
人の体力標準値 2000. 不昧堂出版

(平成18年2月2日受付,平成18年3月14日受理)