

Title	慶應義塾大学体育実技「フィットネストレーニング」履修者における骨格筋量と筋力トレーニング種目別最大筋力(1RM)の実態調査報告
Sub Title	A study on skeletal muscle mass and one repetition maximum of weight training items in the Keio University athletics class on fitness training
Author	山内, 賢(Yamauchi, Ken)
Publisher	慶應義塾大学体育研究所
Publication year	2016
Jtitle	体育研究所紀要 (Bulletin of the institute of physical education, Keio university). Vol.55, No.1 (2016. 1) ,p.17- 23
JaLC DOI	
Abstract	

慶應義塾大学体育実技「フィットネストレーニング」履修者における骨格筋量と筋力トレーニング種目別最大筋力(1RM)の実態調査報告

山内 賢*

A study on Skeletal Muscle Mass and One Repetition Maximum of weight training items in the Keio University athletics class on Fitness Training

Ken Yamauchi¹⁾

Skeletal Muscle Mass (SMM) and One Repetition Maximum (1RM) are used to evaluate the effect of resistance training. 1RM is also very important to determine training load. This study presents the SMM and 1RM of the students at the Keio University's athletics class on Fitness Training. The subjects were 368 boys in the class from 2010 through 2015 (19.4 ± 1.2 years old). The averages and standard deviations of the height, weight, and skeletal muscle mass, and the 1RM of seven training items (Chest press, Butterfly, Lat pull-down, Upper background, Leg extension, Leg curl, and Leg press) at the beginning and end of the class were analyzed. Significant increases were recorded in the SMM and 1RM ($p < 0.05$).

Disclosing the mean and standard deviation of 1RM for the training items mentioned above helps in the evaluation of muscular strength. I hope that these numerical values are utilized in physical training classes for positive results.

キーワード：レジスタンストレーニング, 最大挙上重量

Key words : Resistance training, One repetition maximum

緒 言

本論文は、慶應義塾大学体育研究所で開講している体育実技「フィットネストレーニング」における授業内容の改善や教授技能の向上、いわゆる狭義のFD (Faculty Development) を目指した実践報告である。

授業目標は、履修者が授業開講期間を終了した後も、筋力トレーニングを自発的に継続する態度の育成と啓発である。授業内容は、講義として、個々の体力水準に見合った筋力トレーニング負荷を設定する手順と評価方法の説明、健康関連体力の維持・増進と体調管理の重要性(厚生労働省 2012)に欠かせないとされる調和のとれた食事、適切な運動、十分な休養・睡眠の徹底の啓発、骨格筋量及び筋力の発揮や増強のメカニズムの解説

等、実技として、授業初回と最終回における骨格筋量と最大筋力(1RMと略称)の測定、骨格筋量増加(筋肥大)と筋力強化を目指す授業時間割に沿った定期的な筋力トレーニングの実施、授業終了前日に行う骨格筋量と1RM測定に備えるストレッチとコンディショニングのピリオダイゼーションで構成されている。一連の授業は、履修者の体力向上や運動の習慣化に一翼を担う価値がある。

目 的

筋のトレーナビリティー(trainability)は、筋力トレーニングによる適応として、Müller および Hettinger が筋力増加の過程から論じている(Hettinger Th 1972,

* 慶應義塾大学体育研究所准教授

1) Associate Professor, Institute of Physical Education, Keio University

Muller 1970)。筋力トレーニングは、正しい負荷の設定と評価を行うことにより、パフォーマンスの向上が望めるが、負荷の設定に根拠が無く、個人差や筋肉に対するストレスおよび回復（休息）を無視すると、可逆的な適応が現れることが一般的に知られている。いわゆる、至適なトレーニング刺激と回復過程の組み合わせが存在する。これは、超回復理論といわれるものである（高松 2009）。また、筋力測定を含めたトレーニング計画は、測定種目や測定手順の統一化、トレーニングの実施による運動実施環境の馴化、安全性の確保、効果判定基準の明確化等に留意しなければならない（長谷川 2007）。例えば、トレーニングで扱う負荷が不足している場合は、効果がなかなか現れにくい状態が起こる。過剰負荷トレーニングの継続は、オーバーユース症候群を招いてしまって、トレーニングを中断しなければならない状態に陥る。すなわち、トレーニング計画を安全で効果的に進めるポイントは、個々に対応した筋力をトレーニング開始前に把握して、設定した期間までに効果がしっかりと出るピリオダイゼーションをつくりだし、最後に適切な評価のフィードバックをすることである（長谷川 2007）。上述の内容は、授業を安全に運営する際の最重要課題である。適切な 1 RM の把握は、個人差を重要視したトレーニング負荷設定に必要であり、特に初めて 1 RM 測定を行う場合の設定負荷は、履修者にとって未知な数値であるので、何らかの設定基準の明示が求められる。そこで、著者は、履修者における骨格筋量と測定プロトコルを含む 1 RM の実態を公表することを試みた。履修者の骨格筋量と 1 RM の集計は、1 RM の測定に必要な負荷設定基準と筋力トレーニングの至適負荷設定の把握を容易にするので、効率的な授業運用の効率化に貢献する。本研究の目的は、フィットネストレーニング履修者の骨格筋量と筋力トレーニング種目別 1 RM の実態報告、及び 1 RM 測定における負荷設定の判断基準となる参考資料の作成とした。

方 法

1) 授業「フィットネストレーニング」における 1 RM 決定のプロトコル

①最大筋力の推定について

筋力トレーニングにおける最大筋力は、1 回だけ挙上可能な負荷である One Repetition Maximum (1 RM) のように表現される。トレーニングで扱う負荷は、kg

のような単位で表すほか、1 RM に対する比率で決定されるパーセント法で示すこともある（以後、% RM と略称）。筋力トレーニングの目的は、筋肥大や筋パワー、筋持久力といった筋の量と質を高めることである。また、目的達成のためには、「重さや動作スピードの限界に挑戦する」、「意図的に動作をスローで行う」、「低負荷であるが反復回数を多くする」等の様式に見合った % RM の負荷の選択が大切である（金久 2010, 森谷 2013）。

1 RM の決定は、トレーニング種目別における個々の任意な裁量で選択した重量負荷で、可能な限り反復できる回数から推定する方法が一般的である。その方法は、RM 法と称されており、大きく分けて直接法と間接法がある（有賀 2001）。何れの方法も最大筋力下の負荷で 1 RM の測定が行われるので、重すぎる測定負荷による障害を回避する安全性が担保されている。直接法は、自分で予測して、1 回のみ挙上・牽引できる 1 RM を繰り返しの挑戦で発見する。間接法は、一定のリズムでトレーニングフォームを崩すことなく反復動作ができる重量と回数を自分で予測した後に（以後、想像負荷と略称）、実際に挙上・牽引できた最大反復回数と取り扱った重量から 1 RM を換算する。

間接法は、1 RM が未知な場合に慣用され、直接法と比べて最大筋力下で測定を行うので筋疲労が少なく、測定時間の縮小と手間の簡便化が図られている（有賀 2001）。履修者は、大多数がトレーニング初心者である。初心者は、「トレーニング負荷に慣れるまで、いきなり最大筋力を発揮することが難しい」、「いきなり大きな負荷を扱ことにより、筋断裂などの怪我発症を起こす可能性が高い」等、筋疲労に配慮が必要である。上記の理由により、授業では間接法を採用している。さらに詳しい間接法の手順を以下に解説する。

②間接法について

表 1 は、間接法による 1 RM の推定手順を示したものである。授業の測定手順は、NSCA パーソナルトレーナーの基礎知識における「負荷に耐えうる能力を作成するためのガイドライン」を参考にして作成した。1 RM 測定の試技前は必ず準備運動を行う。試技 1 の後は、使用部位の軽いストレッチを行いながらの 1 分程度の休息をとり、試技 2 と試技 3 の間は、それぞれ 1 分程度の休息をとるようにする。また表 2 は、間接法における 1 RM の換算表である。1 RM は、表 B 中の試技 3 に従う想像負荷の決定とその負荷で行った最高反復回数よ

表1 間接法の測定手順

試技	負荷の設定	反復回数	目的	
1	マシンを動かす。	2～3回	予備 チェ ック	動作のチェック
2	負荷に対する重さの度合いを感じる。 ※あまり、重い負荷では行わない。	3～5回		ウォーミングアップ 重さのチェック
3	自分のイメージで、10回くらい反復できる負荷を想像する（10RMの想像）。 ※思い切って負荷を設定してみる。 ※動かなくなるまでの回数を数える。	限界	1RMへの挑戦 1RM測定	
<p>推定方法</p> <p>※最大筋力（1RM）の試技の前には、動作のチェックのためにマシンを動かしてみる。そして、その後重さの度合いを認識するためにウォームアップを兼ねての試技を行う。</p> <p>※3試技目に、想像した程度の負荷で、マシンを挙上・牽引できなくなるまでの回数を数える。トレーニング動作を反復するペースは、2秒で1反復を維持する。ペースが崩れた場合や反復が出来なくなった時点で測定を終了する。重さと最大反復回数を2表に対応して1RMを換算・推定する。</p>				

表2 %RMと最高反復回数の関係

1RMに対する割合（%RM）	最高反復回数
100（%）	1回
95（%）	2回
93（%）	3回
90（%）	4回
87（%）	5回
85（%）	6回
83（%）	7回
80（%）	8回
77（%）	9回
75（%）	10回
70（%）	11回
67（%）	12回
65（%）	15回
<p>1RMの算出方法</p> <p>例えば、75kgの重量を最高10回挙上もしくは牽引できたとする。その負荷である75kgは、上記の対応表によると、1RMの75%に相当する。すなわち、$75\text{kg} \div 0.75 = 100\text{kg}$の計算式により、1RMは、100kgとなる。推定値に端数がでる場合は四捨五入する。</p> <p>※表中の数値は福永哲夫総監修（2005）NSCA パーソナルトレーニングの基礎知識より作成。</p>	

り、表2を基にして換算・推定できる。以後、想像負荷による最大反復回数は、nRMと略称する。

1RMの測定は、実際に行うトレーニングと同様のフォームで、反復リズムを崩すことなく出来た最大反復回数より換算する。1RMと%RMにおける反復回数との関係を検討したNSCAパーソナルトレーナーの基礎知識における「負荷を設定するためのガイドライン」によると、間接法による測定は、最大反復回数が5から10RMのときに精度が担保されている（金久2010、森

谷2013）。そこで、授業における1RM測定は、履修者のトレーナビリティを考慮して、10RMを最高反復回数（想像負荷）の目標に設定した。測定は2人組で行った。1RM測定の試技者は、試技が出来なくなる限界まで反復動作を繰り返すが、最高反復回数が10RM丁度にならない場合を想定して、許容範囲を8回から12回に限定した。範囲内に収まらない場合は、十分な休憩ををさんで再測定を必ず行うことにした。試技者のペアは、試技者が2秒に1回行う反復動作のペースを声により

制御した。なお、許容範囲を設定した根拠は、表3に示された、初心者における、トレーニング効果を筋肥大とする%RMの範囲に対応している(金久 2010, 森谷 2013)。測定はトレーニング実施期間10週をはさむ授業初回時と終回時に行った。

2) 授業「フィットネストレーニング」における筋力トレーニングのプロトコル

トレーニング効果は、運動動作に順応した筋力発揮を繰り返すことにより、筋の質的な変化が起こると考えられている(有賀 2001)。具体的には、初心者を例にすると、70%RM以上で最大反復回数を6回以下にして繰り返すトレーニングを実施すれば最大筋力が向上する。

また、30から70%RMで速い動作で上限を6回として行えば筋パワー強化になる。65%RM以下の負荷で10から15回の反復回数で行うトレーニングは筋持久力強化に適している。初心者は、授業の初期において、基本的に筋パワートレーニングを行わない。筋力のトレーナビリティを考慮した障害の防止が理由である。ただし、授業の後半で中上級者のメニューを行うことが可能になる。表3は、上述の内容を含めたトレーニング要領の集約である。このような最大筋力下のトレーニングは、筋力の個人差の把握やオーバーロードによる障害防止に留意した適切なトレーニング処方を示している。履修者は、最大筋力、筋パワー、筋持久力強化のいずれかを選択して、約10週にわたる筋力トレーニングを行った。

表3 トレーニング目標に応じた負荷と反復回数の設定

トレーニング目標	負荷(%RM)			レップ数		
	初心者	中級者	上級者	初心者	中級者	上級者
筋持久力	≤65	≤70	≤75	10~15	10~15	10~25
筋肥大	67~80	67~85	67~85	8~12	6~12	6~12
筋力	≥70	≥80	≥85	≤6	≤6	≤6
筋パワー	設定せず	30~60	30~70	設定せず	3~6	1~6

※ NSCA パーソナルトレーナーの基礎知識における「負荷を設定するためのガイドライン」(森谷 2013)より引用

履修者は、カイザー社製の空気圧を負荷とするマシンを利用して、筋力トレーニングを毎週実施した。トレーニング種目は、チェストプレス、バタフライ、ラットプルダウン、アッパーバック、レッグエクステンション、レッグカール、レッグプレスの7種目とした。マシンに

よるトレーニングは、フレームに装備されているレバーで調節することにより、個々の体型に合わせることができるので、履修者は、常に同じフォームで筋力トレーニングを実施できる。履修者は、表4に示すマシンの調整に従って、表3のトレーニング要領で骨格筋と1RM向上を目指した。

表4 マシンのポジショニング

種目	測定におけるマシンの調整
CP	マシンに座り、グリップを乳頭の位置にあわせて測定した。
BF	マシンに座り、パッドに肘をあてた状態で、肘関節が直角となり、パッドが体側の真横にくるような姿勢で測定した。
RP	マシンに座ってグリップを握り、身体が浮かない状態になるようにグリップ位置を合わせた。また、グリップを引いた時に身体が浮かない様にベルトで下半身を固定して測定した。
UB	マシンに座り、胸をパッドに着けた状態でグリップを引いて測定した。
LE	膝関節をマシンの回転軸に合わせてマシンに座り、背もたれの位置を調整して背中を背もたれから離れないようにして測定した。両膝の間隔を拳一つ開けることも同時に注意した。
LC	膝関節をマシンの回転軸に合わせてマシンに座り、背もたれの位置を調整して、腰が浮かないようにして測定した。両膝の間隔を拳一つ開けることも同時に注意した。
LP	膝が胸につく姿勢になるように、座椅子の位置を調節してマシンに座り、測定した。両膝の間隔を拳一つ開けることも同時に注意した。

CP：チェストプレス BF：バタフライ RP：ラットプルダウン UB：アッパーバック
LE：レッグエクステンション LC：レッグカール LP：レッグプレス

3) 形態測定の方法

身長、体重、体脂肪量、骨格筋量を In Body (株式会社インボディ・ジャパン社製) で測定した^(註1)。測定は、服装以外の物を身につけない軽装を指示した。特に、金属類の携行やベースメーカーの装着の有無を確認した。測定はトレーニング実施期間10週をはさむ授業初回時と終回時に行った。

4) In Body で測定する骨格筋量について

株式会社インボディ・ジャパン社の使用マニュアル(2010)によれば、人体の筋肉は、大きく内臓筋、心筋、骨格筋に分けられる。In Body は、これらを合わせた筋肉量と骨格筋を分けて測定できる。筋肉量と骨格筋量の違いは、筋肉量が体内のタンパク質、体水分、骨以外のミネラルを合わせた科学的な概念の質量であり、骨格筋量が人体を解剖した時に可視化される筋肉量である。In Body では、部位別筋肉量の総計が骨格筋量と等しくない。

骨格筋量測定の精度については、In Body を用いた医療・栄養・スポーツ関係の臨床研究が発表されている中で、開発者である Dr.Cha (1997) が発表した論文がある。論文によれば、In Body のデータは、DEXA で測定した筋肉量と腕が $R^2=0.916$ 、脚が $R^2=0.863$ 、体幹が $R^2=0.899$ 、で高い相関がある。各部位の骨格筋量を正確に見積もることができるので、測定器の精度は担保されている。

5) 分析項目

分析対象者は、初回と終回両方の身体組成計測と1RM測定の実績データが全て揃っていることを前提とする。2010年度から2015年度に履修したフィットネストレーニング履修者の男子368名(19.4±1.2歳)である。なお、東日本大震災の年である2011年度春学期のデータは、災害の影響で春学期の開始時期が他の年度と異なり、授業要綱・シラバスに合わせた筋力トレーニング介入ができなかったため、分析から外した。従って、分析データは、春学期が2010、2012、2013、2014、2015年度、秋学期が2010、2011、2012、2013、2014年度における5年間の累積である。分析対象となる項目は、筋力トレーニング実施期間の前後における身長、体重、骨格筋量、筋力トレーニング7種目を対象とした1RMの平均と標準偏差である。

6) 統計処理

各筋力トレーニング種目における1RM実測値は、対応のあるt-検定で初回と終回を比較した。

結 果

1) 形態測定

表5は、被験者の身体的特徴を示したものである。身体組成は、身長、体重、骨格筋量が増加、体脂肪量が減少した。

表5 履修者の身体的特徴 (平均±SD)

項目	初 回	終 回
年齢 (歳)	19.4±1.2	19.6±1.2
身長 (cm)	172.9±5.4	173.1±5.4 **
体重 (kg)	62.6±7.7	62.8±7.5 *
体脂肪量 (kg)	8.2±4.1	7.9±3.8 **
骨格筋量 (kg)	30.7±3.3	31.0±3.4 **

n=368 * p<0.1 ** p<0.05

2) 1RM測定

1RMは、チェストプレス(CP)、バタフライ(BF)、ラットプルダウン(RP)、アッパーバック(UB)、レッグエクステンション(LE)、レッグカール(LC)、レッグプレス(LP)の7種目を対象として、間接法により推定した。表6に示した全種目における終回の1RMは初回に対して有意な増加が認められた(p<0.01)。

表6 履修者の1RM (平均±SD) の動態

種 目	初 回	終 回
CP (kg)	60.6±14.8	67.8±16.1 ***
BF (kg)	30.9± 8.4	36.3± 8.9 ***
RP (kg)	65.4±14.0	74.5±14.4 ***
UB (kg)	62.1±15.1	72.4±15.7 ***
LE (kg)	63.2±18.7	76.8±19.2 ***
LC (kg)	61.3±14.9	70.6±15.7 ***
LP (kg)	240.5±52.1	274.8±58.5 ***

n=368 *** p<0.01

CP:チェストプレス BF:バタフライ RP:ラットプルダウン
UB:アッパーバック LE:レッグエクステンション
LC:レッグカール LP:レッグプレス

考 察

1) 形態測定について

履修者の体組成変化は、体脂肪量が減り骨格筋量と体

重が増加した。体重の増加は、骨格筋量増加が体脂肪量減少を上回った結果である。体重は、文部科学省が公表した平成26年度体力・運動能力調査（2015）における19歳の平均値 62.7 ± 7.99 kgと同等である。履修者の体組成管理は、理想的な改善であった。

2) 1 RM 測定について

アメリカスポーツ医学会（2009）は、トレーニング初心者における低いトレーニング頻度や量（反復回数×セット数）でも効果があることを報告している（ACSM 2009）。内田は、週一回のトレーニング実施による大学生の身体機能向上を示唆している（内田 2006）。本論文における履修者は、トレーニング初心者であり、週一回の授業によるトレーニング習慣の実態がある。筋力については、すべての種目において1RMが増加した。骨格筋量の増加とともに筋力が増加したので、体力的に良好な状態である。骨格筋量と1RM有意な増加は、先行研究と同様の結果を示した。

一方で、アメリカスポーツ医学会は、週一回のトレーニング頻度で筋力維持が可能となり、筋力向上を望むのであれば、週2回以上のトレーニング実施を推奨している（ACSM 2009）この推奨が正しければ、授業で行った筋力トレーニングの効果として考察することができないので、授業以外の身体活動の効果を推測するのが一般的である。ただし、フィットネストレーニングでは、実技と平行して運動・栄養・休養と睡眠の重要性を講義している。講義で学習した内容は、授業以外で行う身体活動の動機づけとなり、骨格筋量と1RMの向上に関与したのかもしれない。しかし、履修者に関する身体活動系サークルの所属と活動状況、授業以外で行う筋力トレーニングの実態は、調査されていないので実証ができない。すなわち、本研究の限界である。この件に関しての立証は、アンケートによる調査が必要であり、今後の研究課題とする。

いずれにせよ、著者は、週一回の授業内トレーニング実施という運動習慣と講義による健康関連体力の啓発により、履修生の体組成と筋力が改善されたことに期待する。

トレーニング計画は、「計画して（Plan）、実施して（Do）、評価して（Check）、対策（Action）を企てる」、これら一連の繰り返しである。筋力トレーニングを計画的に実行すれば、扱う負荷が向上して、履修者はトレーニング効果を確認できる。これは量的なものであり、本論分で報告したような単なる増加分の確認である。そし

て、確認後における自己のトレーニング成果を比較する達成体験や他人のトレーニングフォームを観察する代理体験は、自己効力感が高まることにつながる。このような質的な向上は、授業計画（シラバス）を計画通り実行した過程の中で、効果の量的評価や動態を明確にすることにより、授業内外で実施可能な身体活動の対策が容易になる。また、筋力トレーニング実施意欲の動機づけにも繋がる。本論文は、体育実技「フィットネストレーニング」の実態を報告する量的考察にとどまり、トレーニング効果についての質的な分析は、今後の課題とする。

結 語

過去5年間の履修生から換算した各トレーニング種目における1RMの平均値と標準偏差を開示したことは、履修者の筋力評価の一助となる。過去の履修生から計算した1RMの平均値と標準偏差は、今後新たに1RMを測定して標準得点に換算する際の手立てになる。著者は、これらの数値が今後の授業において積極的に活用されることに期待する。本論文は、これまで、間接法における1RM測定の設定負荷が曖昧であったものを解消する手立てとなり、履修者における筋力のトレーナビリティや至適トレーニングの負荷設定を最適化する基礎資料に相当する。

注 釈

注1)

2007年よりフィットネストレーニングの授業では、1RMの測定とともに株式会社インボディ・ジャパン社製のIn Bodyを用いて、身体組成計測を行っている。インボディ・ジャパン社の報告によれば、In Bodyは、多周波インピーダンス法を用いることにより、筋量を水中体重法やDEXA法等とかなり高い相関で推定できるので、リハビリテーション、整形外科、スポーツ医学、理学療法等に広く応用されている（DEXA法との相関係数は0.98）。

参考文献

- American College of Sports Medicine (2009)「Progression models in resistance training for healthy adults」,Med.Sci. Sports Exerc. 41(3), p687-708.
- 有賀誠司 (2001)「競技スポーツのためのウエイトトレーニング」, 体育とスポーツ出版社, p65-68.
- 長谷川 裕 監訳 (2007)「レジスタンストレーニングのプログラムデザイン」, ブックハウスHD, p 1-15.
- Hettinger Th (1972)「アイソメトリックトレーニング：筋力トレーニングの理論と実際 (猪飼道夫・松井秀治 共訳)」, 大修館書店, p79-139.
- 株式会社インボディ・ジャパン (2010)「In Body使用マニュアル」.
- 金久博昭 総監修 (2010), NSCA決定版ストレングストレーニング&コンディショニング, 有限会社ブックハウス・エイチディ, p417-450.
- Kichul Cha, Sunyoung Shin, Cheongmin Shon, Seunghoon Choi, Douglas W. Wilmore (1997)「Evaluation of Segmental Bioelectrical Impedance Analysis (SBIA) for Measuring Muscle Distribution」, J ICHPER・SD-ASIA, p11-16.
- 厚生労働省 (2012)「国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針の全部改正について」, 健発0710第1号.
- Muller EA (1970)「Influences of training and inactivity on muscle strength」, Ach Phys Med Rehabil 51, p449-462.
- 森谷敏夫 総監修 (2013)「NSCAパーソナルトレーナーの基礎知識 第2版」, 特定非営利法人NSCAジャパン, p384-392.
- 文部科学省 (2015)「平成26年度体力・運動能力調査」,
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001054955&cycod=0> (閲覧日:2015年12月10日).
- 高松 薫 監訳 (2009)「筋力トレーニングの理論と実践」, 大修館書店, p 3-16.
- 内田 英二, 神林 勲 (2006)「週1回8週間のサーキットトレーニングが大学生の体力および感情に与える影響」, 体育学研究, 51(1), p11-20.