

一般男子学生におけるフリーウエイト運動の%1RMでの最高反復回数と酸素消費量 –バーベルを用いたベンチプレス及びスクワットにおいて–

Number of repetition maximum and oxygen consumption at relative intensities of 1RM during free weight exercises in general male college students using barbell for bench press and squat

藤瀬 武彦*¹, 亀岡 雅紀*², 橋本 麻里*³

Takehiko Fujise, Maki Kameoka, and Mari Hashimoto

*¹ 新潟国際情報大学経営情報学部経営学科

〒950-2292 新潟市西区みずき野 3-1-1

Department of Business Administration, Faculty of Business and Informatics, Niigata University of International and Information Studies, 3-1-1 Mizukino, Nishi-Ku, Niigata City 950-2292

*² 新潟国際情報大学非常勤講師

*³ 国際こども・福祉カレッジ

〒951-8063 新潟市中央区古町通 7-935

Abstract

Recently, weight training has become popular among the general populace as a means of developing a health and physical fitness. However, there are many obscure points relating to the number of repetition maximum and oxygen consumption in the free weight exercises. This study focuses on general male college students ($n=26$) and measures the number of repetition maximum at 60, 70, 80, and 90% 1RM in bench press and squat using barbells. It also measures oxygen consumption when students ($n=15$) were asked to do 10 repetitions at 70% 1RM. For bench press, numbers of repetition maximum were 20.6 ± 3.8 , 15.0 ± 2.9 , 10.2 ± 2.1 , and 5.1 ± 1.7 reps, respectively. For squat, numbers of repetition maximum tended to be high, at 24.1 ± 6.5 ($p<0.01$), 17.5 ± 3.7 ($p<0.05$), 11.2 ± 3.4 , and 5.2 ± 2.0 reps, respectively. Oxygen requirements for bench press and squat were respectively $2,276\pm 614$ ml (34.5 ± 9.9 ml/kg) and $4,579\pm 911$ ml (69.0 ± 13.8 ml/kg), while METs (metabolic equivalents) were respectively 19.9 ± 6.3 and 37.9 ± 10.1 . From these results, it is clear that among general college students using free weights, the number of repetition maximum for squat tended to be even greater than one for bench press, and the oxygen consumption volume was approximately twice as high for squat as for bench press.

Key words: 1RM, repetition maximum, bench press, squat, oxygen consumption

I. 緒言

近年、一般に基礎体力づくりや介護予防などを目的としてマシンやフリーウエイト（バーベルやダンベル）を用いた運動トレーニングが普及してきた。また、大学での保健体育教育においても一般学生を対象とした「筋力トレーニング」が実施されるようになってきており^{5, 7, 9, 11, 21}、またバーベルを用いた最大

挙上重量 (1RM: one repetition maximum) の測定による筋力や筋持久力の評価基準についても報告されている^{5,8)}。このようなマシンやフリーウエイトの負荷を用いて行われるウエイトトレーニング(以下、WT)では、より有効なトレーニングプログラムを作成する場合には、例えば初心者には 20RM (60% 1RM 程度)の負荷で 15 回 2 セットを 5~6 種目、また WT 経験者にはピラミッドセット法(60%、70%、80%、90%、80%、70%1RM など)でほぼ限界まで反復する、というような負荷設定を行うことが一般的である^{2,3)}。

このような方法を用いる場合には 1RM を把握しなければならないが、一般人を対象とした場合には正確に 1RM を測定することが困難で危険性が伴うことから、比較的軽重量での最高反復回数 (nRM: number of repetition maximum) から 1RM を推定する試みがある。その推定表^{2,3,13)}では例えば 4RM が 88.5%や 90%1RM、8RM が 78.5~85%1RM、10RM が 73.5~80%1RM など若干の幅があり、種目については限定されていない。非鍛錬者と鍛錬者の男女間¹⁰⁾、あるいは種目間¹⁹⁾においても nRM には顕著な違いが報告されていることから、個人差や種目による違いを考えると nRM から 1RM を推定することは実質的には厳しいものがあるだろう。従って、一般人に対しても安全対策と正しい動作を指導すれば 1RM の測定は可能であり⁹⁾、しかも動作が固定されているマシンではなく、実動作により近い動きができるフリーウエイトを用いて 1RM を測定できればより有効であろう。今日までにバーベルを用いた 1RM 及び nRM については、ベンチプレス、スクワット、アームカールなどの数値が報告されている^{1, 5, 8, 15, 20)}。特にスクワットに関してはその測定が比較的難しく、しゃがむ深さによって 1RM も nRM も異なってくる。例えば、WT 経験者のハーフスクワットでの 80%1RM の nRM が 11.4 回²⁰⁾であり、一方では鍛錬者のパラレルスクワットの nRM が 12.3 回¹⁵⁾であったことが示されているが、本来ならば深くしゃがむと nRM が少なくなるはずであるが、測定条件の詳細が不明であるのでその原因は分からない。また同様な条件で日本の一般人を対象としたスクワットの数値は見当たらない。

一方、WT の目的は筋力・筋パワーの維持向上や身体づくり(筋肥大)以外にも WT 時のエネルギー消費 (VO₂) による減量や体脂肪率の適正化(肥満の解消など)もその一つである。運動時のエネルギー消費量や運動強度(特に有酸素性運動)については一般に METs (Metabolic equivalents: メッツ) で評価されているが WT に関する METs 値の報告は極めて少なく、一般書にはウエイトトレーニング(高強度、パワーリフティング、ボディビル)が 6.0⁴⁾、ベンチプレスとスクワットが 3.1 と 4.0¹⁸⁾などの数値が示されているが、強度や回数などの条件が不明であるので実際のトレーニングの現場で参考にすることができない。従来から筋力トレーニングとして一般に実施されている 60~80%1RM で 8~15 回などという運動条件において、一般人を対象としたフリーウエイトを用いた WT でどの程度のエネルギー消費が認められるかについては不明な点が多い。

そこで本実験では、バーベルを用いて上半身及び下半身の代表的な WT 種目であるベンチプレスとスクワットにおける 1RM の相対重量(60%、70%、80%、及び 90%1RM)での nRM を、また 70%1RM での反復による酸素消費量を測定することにより両種目の特徴について比較検討することが目的であった。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、ベンチプレスとスクワットにおける%1RM での nRM の測定(実験 1 とする)においては活動的な一般男子学生 26 名であり、また両種目の酸素消費量の測定(実験 2 とする)では別の男子学生 15 名を用いた(実験 2)。これらの被験者は、日常的に専門的な WT を実施していなかったものの大学の保健体育授業あるいは高校時代の部活動で WT 経験があった者が含まれており、比較的容易に正しいフォームで自己の 1RM の測定が可能な学生であった。実験 1 及び実験 2 における被験者の身体特性や両

種目の 1RM はそれぞれ表 1 及び 2 に示した。実験参加の同意については、実験の目的、個人情報の保護、運動反復による身体的苦痛、測定 of 任意性について説明して同意を得た。

Table 1. Physical characteristics and 1RM of subject in maximum number of repetitions test.

n=26	Age	Height	Weight	BMI	Body fat	LBM	Bench press		Squat	
	(yr)	(cm)	(kg)	(kg/m ²)	(%)	(kg)	1RM		1RM	
							(kg)	(kg/wt)	(kg)	(kg/wt)
Mean	21.2	172.1	67.9	23.0	15.3	57.4	65.4	0.957	96.1	1.403
SD	1.1	6.4	9.2	3.0	3.6	6.8	21.1	0.264	28.0	0.311

BMI, body mass index; LBM, lean body mass; 1RM, one repetition maximum.

Table 2. Physical characteristics and 1RM of subject in experiment of oxygen consumption measurement.

n=15	Age	Height	Weight	BMI	Body fat	LBM	Bench press		Squat	
	(yr)	(cm)	(kg)	(kg/m ²)	(%)	(kg)	1RM		1RM	
							(kg)	(kg/wt)	(kg)	(kg/wt)
Mean	20.5	172.9	66.2	22.1	15.0	56.0	71.8	1.086	108.4	1.636
SD	1.4	4.9	5.8	2.0	5.4	3.6	17.0	0.243	20.5	0.293

BMI, body mass index; LBM, lean body mass; 1RM, one repetition maximum.

2. 1RM の測定

本実験で使用したバーベルは上坂製のパワーリフティング用シャフト (20 kg) とプレート (1 枚 0.25 ~ 25 kg) であり、ベンチプレスでは安全バー付きのベンチプレスベンチを、スクワットでも安全バー付きのスクワットラックを使用した。またバーベルの挙上フォームの指導あるいは 1RM と % 1RM での nRM の測定は、パワーリフティング競技の公認審判の資格者もしくは競技経験者が行った。

ベンチプレス及びスクワットの 1RM の測定条件はパワーリフティング競技規則を参考にして藤瀬ら⁹⁾の方法に従った。つまり、ベンチプレスについてはグリップ幅がややワイド (肩幅よりも拳 2 つ程度広くするが、両人差し指がシャフトの 81cm マークを越えないようにする) にしてシャフトを掴んで、ラックから外したバーベルを両肘が伸ばされた状態から乳首付近の胸に触れるまで下して、両肘が伸びるまで挙上することとした。このとき胸上でのバーベルシャフトのバウンドやベンチ上の尻上げは禁止とした。またスクワット (パラレルスクワット) については、首後ろの両肩三角筋後部や僧帽筋部分にバーベルシャフトを担いで、直立 (両膝伸展) の姿勢から大腿部が床と平行になるまでしゃがんで再び直立まで立ち上がることを条件とした。

1RM の測定手順は、まずバーベルを用いて正しいフォームで挙上できるように原則として 1 週間の間隔において 3 日間の練習を行わせた。つまり、1 日目が自重での動作と適度な重量 (可能な場合は自己の体重を超えるレベルまで) での反復練習を、2 日目が限界に近い重量 (およそ 1RM) まで増やして挙上練習を行わせ、3 日目の練習で 1RM の測定を実施した。この測定では、準備運動後におよそ 50%1RM で任意の回数で反復させ (5~6 回)、次に 70%1RM (2~3 回) 及び 90%1RM 程度で任意の回数 (1~2 回) でウォーミングアップを行わせた。およそ 90%1RM での試技の挙上速度や被験者の自覚的強度によって追加重量 (2.5~10 kg 程度) を決定して試技を行わせ、挙上できた場合にはさらに同様な方法で限界まで重量 (0.5~5 kg 程度) を増やして行って 1RM を求めた (全体で 5~7 セット)。この試技中には口頭による激励を行った。セット間の休息は 5 分程度であったが、この時間については被験者の自覚的な疲労回復感を尊重した。なお、これらの練習で正しいフォームの習得ができなかった者については被験者

から除外した。

3. %1RM での最高反復回数の測定 (実験 1)

本実験での%1RMは60%、70%、80%、及び90%1RMであり、nRM測定の方法は藤瀬ら⁸⁾の方法に従った。つまり、4条件でのnRMの測定は順不同とし、原則として1日に2条件(条件間には10分程度の休息を入れたが被験者の自覚的疲労感の回復を尊重した)を同時間帯に1週間の間隔で実施した。nRM測定の際には、まず準備運動を行わせた後に、原則として低負荷条件(60%と70%1RM)では50%1RM以下の重量で2セット(任意の重量と回数:5~6回)と測定条件の重量で2~3回の反復を行わせ、高負荷条件(80%と90%1RM)では50%1RMで5回程度、70%1RMで2~3回、測定条件の重量で1~2回の反復をウォーミングアップとして行わせた。測定条件での反復動作のリズムはメトロノームに同期させて3秒に1回とし、被験者がラックから外したバーベルを下した時点から1回ずつデジタルストップウォッチでラップタイムを計ることによって運動時間を計測した。特に反復運動後半は最大努力で行わせるために口頭による激励を行った。

なお、スクワット反復時にしゃがむ深さが浅くならないように、写真1のようにスクワットのボトムポジション(大腿部が床と平行になった時点)のときにラックにつないだロープに臀部が触れるようにした。この際、疲労困憊までに2回以上明らかに浅くしゃがんだ場合にはやり直しとするかデータとして使用しないこととした。また両種目ともバーベル挙上途中で疲労困憊となった試技については反復回数や運動時間としなかった。

今回の測定では被験者が一般学生であったことから、1RMやnRMの測定期間中に練習効果の生じる可能性が考えられた。従って、90%1RMでの回数が10回以上となった場合や、低負荷条件での回数が高負荷条件での回数と同数以上になった場合には1RMの測定をやり直すか(それまで実施していた測定全てのやり直し)データとして使用しないこととした。また、各測定条件での反復1回当たりの運動時間が2.0秒以下あるいは6.0秒以上となった被験者のデータについては対象から除外した。



Photo. 1. Start position (left) and bottom position (right) in squat exercise.

4. 酸素消費量の測定 (実験2)

ベンチプレス及びスクワットの 70%1RM の負荷量はそれぞれ 50.3 ± 11.9 kg及び 76.3 ± 15.1 kgであり、%1RM はそれぞれ 70.5%及び 70.3%であった。両種目での測定は日を替えて実施し、反復運動はメトロノームに同期させて3秒に1回のリズムで10回反復させ、そのときの酸素消費量 (VO_2) をダグラスバッグ法にて測定した。つまり、まず仰臥位安静を30分間行わせて最後の5分間を採気した。運動中約30秒間と回復期20分間(ベンチプレス)または30分間(スクワット)にわたり連続採気を行った。ガス分析は、ジャパンファインプロダクツ社製の標準ガス(15.1% O_2 +5.03% CO_2 の窒素バランス)と高純度窒素ガス(99.999%)により校正された呼気ガス分析器(日本電気三栄、Respina IH26)を用いて行った。また、呼気ガス量の測定には乾式ガスメータ(シナガワ、DC-5A)を使用した。そして、算出された VO_2 からMETs(運動代謝量(gross VO_2)/安静代謝量(VO_2))及びRMR(運動代謝量(net VO_2)/基礎代謝量(安静時 $VO_2/1.2$))を算出した。なお、 VO_2 のカロリー換算は5.0kcal/lとした。

5. 統計処理

数値は平均±標準偏差で示した。ベンチプレスとスクワットにおける各条件の最高反復回数及び反復1回当たりの運動時間を比較するために対応のある二元配置分散分析を用い、主効果あるいは交互作用が認められた場合には、Holm法による多重比較検定を行った。いずれも有意水準は5%未満とした。

結 果

1. %1RMでの最高反復回数と運動時間

表3にはベンチプレス及びスクワットにおける各%1RMのnRMと運動時間を示した。両種目のnRMにおいては、ベンチプレスとスクワットに主効果が認められ($F=9.804$, $p=0.0044$)、両種目と%1RMには交互作用が認められた($F=7.743$, $p=0.0001$)。ベンチプレス及びスクワットにおけるnRMは、90%1RMがそれぞれ 5.12 ± 1.70 回及び 5.19 ± 1.98 回であり、80%1RMが 10.15 ± 2.09 回及び 11.15 ± 3.37 回であり両種目間に有意差は認められなかった。また同様に70%1RMがそれぞれ 14.96 ± 2.93 回及び 17.46 ± 3.73 回であり($p<0.05$)、60%1RMが 20.58 ± 3.82 回及び 24.12 ± 6.51 回であり($p<0.01$)、この2条件においてはスクワットのnRMがベンチプレスよりも有意に高値を示した。

一方、反復1回当たりの運動時間においては、ベンチプレスとスクワットに主効果が認められ($F=11.769$, $p=0.0021$)、両種目と%1RMには交互作用が認められなかった($F=1.208$, $p=0.3129$)。ベンチプレス及びスクワットにおける1回当たりの運動時間は、90%1RMがそれぞれ 3.32 ± 0.37 秒/回及び 3.69 ± 0.74 秒/回であり、70%1RMが 3.12 ± 0.31 秒/回及び 3.45 ± 0.52 秒/回であり、両種目間に有意差が認められた($p<0.05$)。また同様に80%1RMがそれぞれ 3.19 ± 0.39 秒/回及び 3.46 ± 0.54 秒/回であり、60%1RMが 3.08 ± 0.24 秒/回及び 3.26 ± 0.42 秒/回であり、この2条件においては有意差が認められなかった。

Table 3. Exercise load, number of repetitions, and exercise time at 60, 70, 80, and 90% 1RM for bench press and squat exercises.

Bench press (n=26)	60% 1RM			70% 1RM			80% 1RM			90% 1RM		
	load (kg)	repetition (reps)	time (sec/rep)	load (kg)	repetition (reps)	time (sec/rep)	load (kg)	repetition (reps)	time (sec/rep)	load (kg)	repetition (reps)	time (sec/rep)
Mean	39.2	20.58	3.08	46.0	14.96	3.12	52.3	10.15	3.19	58.6	5.12	3.32
SD	12.7	3.82	0.24	14.7	2.93	0.31	16.9	2.09	0.39	18.9	1.70	0.37
Squat (n=26)	60% 1RM			70% 1RM			80% 1RM			90% 1RM		
	load (kg)	repetition (reps)	time (sec/rep)	load (kg)	repetition (reps)	time (sec/rep)	load (kg)	repetition (reps)	time (sec/rep)	load (kg)	repetition (reps)	time (sec/rep)
Mean	57.6	24.12	3.26	67.2	17.46	3.45	76.8	11.15	3.46	86.4	5.19	3.69
SD	16.8	6.51	0.42	19.6	3.73	0.52	22.4	3.37	0.54	25.2	1.98	0.74
Significance	—	**	ns	—	*	*	—	ns	ns	—	ns	*

1RM, one repetition maximum; ns, not significant; *, p<0.05; **, p<0.01.

2. 酸素消費量

表 4 にはベンチプレス及びスクワットにおける 70%1RM での 10 回反復時の酸素消費量を示した。両種目の酸素需要量はそれぞれ 2,276±614 ml (34.5±9.9 ml/kg) 及び 4,579±911 ml (69.0±13.8 ml/kg) であり、スクワットがベンチプレスよりも 2.01 倍酸素消費量が多かった。この数値を用いてカロリー換算すると、それらの消費カロリー量は 11.4±3.1 kcal (0.173±0.049 kcal/kg) 及び 22.9±4.6 kcal (0.345±0.069 kcal/kg) であった。なお、両種目の運動時間はベンチプレスが 30.53±1.75 秒であり、スクワットが 31.03±1.57 秒であった。

また、両種目における METs (運動代謝量/安静代謝量) 及び RMR ((運動代謝量-安静代謝量)/基礎代謝量) は、ベンチプレスがそれぞれ 19.9±6.3 及び 22.7±7.5 であり、スクワットが 37.9±10.1 及び 44.4±12.1 であり、スクワットの METs 及び RMR はそれぞれベンチプレスの 1.90 倍及び 1.96 倍であった。なお、基礎代謝量は安静代謝量 (安静時の VO₂) を 1.2 で除して求めた。

Table 4. Oxygen consumption during 10 repetitions (1rep/3sec) at 70%1RM in bench press and squat exercises.

Bench press (n=15)	Rest	Exercise		Recovery		O ₂ requirement	O ₂ requirement
	VO ₂ (ml/min)	VO ₂ (ml)	netVO ₂ (ml)	VO ₂ (ml)	netVO ₂ (ml)	(ml)	(ml/kg)
Mean	243	265	145	7,814	2,131	2,276	34.5
SD	29	82	79	1,390	633	614	9.9
Squat (n=15)	Rest	Exercise		Recovery		O ₂ requirement	O ₂ requirement
	VO ₂ (ml/min)	VO ₂ (ml)	netVO ₂ (ml)	VO ₂ (ml)	netVO ₂ (ml)	(ml)	(ml/kg)
Mean	246	447	332	10,148	4,247	4,579	69.0
SD	30	92	83	1,440	921	911	13.8

Recovery times of bench press and squat were 20min and 30min, respectively.

考 察

1. 被験者の 1RM

本研究では一般男子学生を対象にバーベルを用いた WT 種目の 1RM の相対重量での nRM と 70% 1RM で 10 回反復時の酸素消費量を測定したが、その基準となる被験者のベンチプレスとスクワットの 1RM が実験 1 ではそれぞれ 65.4 kg (0.957 kg/wt) 及び 96.1 kg (1.403 kg/wt) であり、実験 2 では 71.4 kg (1.076 kg/wt) 及び 108.4 kg (1.636 kg/wt) であった。これらの数値は、過去に報告されている一般男子学生のベンチプレスとスクワットの 1RM (0.815 kg/wt と 1.308 kg/wt) ⁷⁾よりも 2~3 割ほど高い値であり、バーベル挙上による一般青年男女の筋力評価尺度 (「1 (劣っている)」から「5 (優れている)」の 5 段階評価) ⁸⁾によれば、実験 1 の被験者が両種目とも評価「4」であり、実験 2 の被験者が両種目とも評価「5」であった。これらの値は、むしろ運動部や運動サークルに所属している男子大学生のベンチプレスとスクワットの 1RM (1.04 kg/wt 及び 1.79 kg/wt) ¹¹⁾に近かったが、日常的に WT を実施している男性鍛錬者のベンチプレス (1.366 kg/wt) ⁸⁾やスクワット (1.843 kg/wt) ¹²⁾よりも低い値であった。これらのことは、被験者は大学入学後に日常的に WT を実施していない一般男子学生とはいえ、高校時代に部活動 (バスケットボール、硬式野球、陸上短距離など) を経験していた学生が含まれており、もともと基礎体力のある学生がバーベルを使用した WT を経験したことによって 1RM が高くなったものと思われる。

2. % 1RM での最高反復回数

今日までに 1RM に対する %1RM での nRM については、マシンあるいはフリーウエイトを用いた種目において数多く報告されている。例えば、マシンを使用した多関節運動のレッグプレスと単関節運動のレッグエクステンションを 60% や 90% 1RM 強度で疲労困憊まで行わせると、レッグプレスの方がレッグエクステンションよりも nRM が約 2.5 倍も多かったことが報告されている ¹⁹⁾。また、本実験条件と同様に非鍛錬者を対象にバーベルを用いてベンチプレスとスクワットを行かせた報告 ¹⁵⁾でも 60% 及び 80% 1RM 強度ではスクワットの方がベンチプレスよりも有意に nRM が多かったことが示されている。本研究でも表 3 に示したように両種目の 60% と 70% 1RM 条件においてスクワットの nRM がベンチプレスよりも有意に高値を示した。ベンチプレスの主働筋は大胸筋及び上腕三頭筋であり、同様にスクワットは大腿四頭筋、大殿筋、ハムストリングス (半膜様筋、半腱様筋、大腿二頭筋)、及び脊柱起立筋であり、両者とも多関節運動であるが運動に動員される筋肉量はスクワットの方がベンチプレスよりもはるかに多い。このような大筋群を使用した最大下での多関節運動では、運動単位の非同期的動員 (asynchronous recruitment) が生じて筋疲労が遅らされることによって nRM に違いが生じるとの推測がなされている ¹⁵⁾。つまり、より多くの運動単位が動員されるスクワットではベンチプレスよりも非同期的動員が比較的多くの筋線維の休息をもたらして筋疲労を遅らせ、その結果として nRM が増加した可能性が考えられている。パラレルスクワット挙上時の筋電図による筋活動量を比較した報告 ¹²⁾では、8 つの被験筋のうち大殿筋の活動量が 90% 1RM で 75% 及び 60% 1RM よりも有意に高かったことが示されている。このことについては、90% 1RM ではほぼ最大出力を要求されるために脳のプログラム制御が最も大きな力を発揮できる大殿筋の運動ニューロン興奮性を選択的に促通させている可能性が推察されている。逆に言えば、比較的軽度な強度である 60% や 75% 1RM では余力が多く残っており、この部分が筋量をより多く動員するスクワットの方がベンチプレスよりも大きいために nRM が増加したとの解釈ができるのかもしれない。いずれにしても、上半身や下半身の運動、あるいは単関節や多関節運動などの種目が異なれば同一 %1RM での nRM も有意に異なってくるのが明らかである。

一方、反復 1 回当たりの運動時間は、表 3 に示したように 3 秒に 1 回のリズムで反復するように指示したものの両種目とも 60% 1RM から 90% 1RM へと運動強度が上がるにしたがって運動時間は延びてい

き、70%と90%1RMにおいてスクワットの方がベンチプレスよりも有意に長かった。一般青年男女を対象にベンチプレスで60%から90%1RMの4条件でnRMを比較した報告⁸⁾では、女性のnRM及び反復1回当たりの運動時間が男性よりも多い傾向にあり、男女の60%1RMではそれぞれ2.8秒/回と3.0秒/回であり、90%1RMでは3.4秒/回と3.7秒/回であったことが示されている。またスクワットにおいても最大速度で挙上させた場合、90%1RMの運動時間が60%及び75%1RMよりも有意に長かったことが報告されている¹²⁾。本実験では運動時間に種目間で有意差が認められたが、スクワットの負荷量がベンチプレスの1.47倍（これはバーベルの重さであり、実質的に負荷となる体重は含まれていない）あったうえに挙上距離（ベンチプレスが35~42cm程度、スクワットが43~51cm程度）もスクワットが多いことから、特に反復後半の運動リズムからの遅れは致し方ないものと思われる。

3. 酸素消費量

本実験では、ベンチプレス及びスクワットを70%1RMで10回反復した時の酸素需要量がそれぞれ2,276±614 ml (34.5±9.9 ml/kg) 及び4,579±911 ml (69.0±13.8 ml/kg) であり、スクワットがベンチプレスよりも2倍ほど酸素消費量が多かった。本研究と測定条件は異なるものの両種目を80%1RMで疲労困憊まで行わせたときのEPOC (excess post-exercise oxygen consumption : 運動後過剰酸素消費量) は、ベンチプレスを8.7回行ったときに1.09 L/min (0.125 L/min/回) であり、ハーフスクワットを11.4回行ったときに2.10 L/min (0.184 L/min/回) であり、ハーフスクワットの反復1回当たりのEPOCがベンチプレスの約1.5倍であったことが報告されている²⁰⁾。ハーフスクワットのしゃがみ深さについては詳細に示されていないが、少なくとも本実験条件の平行スクワットよりも浅いしゃがみであったと思われることから、本実験でのスクワットの酸素消費量がベンチプレスの2倍あったことは妥当であったものと考えられる。また、男女大学生10名(5名が女子)にベンチプレスを70%1RMで疲労困憊まで行わせたときに、反復回数が14.2回で酸素需要量が1,777 ml (27.9 ml/kg : 10回当たりの単純計算値は19.7 ml/kg) であったことが報告されている⁶⁾。このときの70%1RMの負荷量が39.8 kgであり、本実験の負荷量が50.7 kg (約1.3倍) であったことや被験者の半数が女子学生であったことなどを考慮しても、本実験でのベンチプレスの酸素消費量はやや高い値であったことがうかがえる。

表4に示したように、これらの数値を用いて両種目におけるMETs及びRMR算出すると、ベンチプレスがそれぞれ19.9±6.3及び22.7±7.5であり、スクワットが37.9±10.1及び44.4±12.1であり、スクワットのMETs及びRMRはそれぞれベンチプレスの1.90倍及び1.96倍であった。20kgのシャフトを担がせてスクワット10回を5セット行わせたときのMETsは1セット目の2.9や5セット目の4.9であったことが報告されており¹⁶⁾、また5~23%1RMでベンチプレスとスクワットを3秒に1回のリズムで行わせたときのVO₂が前者では平均1.54 L/min (METsは6.2程度)、後者が2.84 L/min (METsは11.4程度) まで上昇しているが¹⁴⁾、本実験でのMETsよりも低い値である。これらの結果は、おそらく負荷が軽かったことはもちろんであるが、しゃがみ方が浅かったことやEPOCが測定されていなかったことなどが影響しているものと思われる。過去に示されているWTのMETsは3~6程度^{4, 18)}と本実験結果と比較すると極めて低い値であるが、速歩(107 m/min)やジョギング(133 m/min)のMETsがそれぞれ5.0⁴⁾や9.7¹⁸⁾であることと比較すると、負荷条件にもよるが短時間(本実験条件では31秒程度)で強い力を連続的に発揮しなければならないWTのMETsが有酸素性運動と同等とは考え難い。100m競走のRMRが208 (METs換算は173)¹⁷⁾という値が報告されていることから考えると、本実験で得られたベンチプレスとスクワットのMETs (それぞれ19.9と37.9) は妥当な値であると思われる。

結 語

本研究では、バーベルを用いたベンチプレス及びスクワットにおける1RMの相対重量(60%、70%、

80%、及び 90%1RM) での nRM と 70%1RM で 10 回反復時の酸素消費量を比較検討することが目的であった。被験者は nRM 測定では一般男子学生 26 名であり、酸素消費量の測定では別の男子学生 15 名であった。

- 1) ベンチプレス及びスクワットにおける 90%1RM での nRM はそれぞれ 4.5 ± 2.5 回及び 4.5 ± 2.5 回であり、80%1RM は 9.5 ± 3.5 回及び 9.5 ± 3.5 回でほぼ同等の値であった。また 70%及び 60%1RM での nRM は同様に 14.5 ± 4.5 回及び 16.5 ± 4.5 回 ($p < 0.05$)、 19.5 ± 5.5 回及び 21.5 ± 5.5 回 ($p < 0.01$) であり、スクワットの方がベンチプレスよりも有意に高かった。
- 2) ベンチプレス及びスクワットにおける 70%1RM での 10 回反復時の O_2 需要量は、それぞれ $2,276 \pm 614$ ml (34.5 ± 9.9 ml/kg) 及び $4,579 \pm 911$ ml (69.0 ± 13.8 ml/kg) であり、スクワットがベンチプレスよりも 2 倍ほど酸素消費量が多かった。
- 3) 両種目における METs 及び RMR は、ベンチプレスがそれぞれ 19.9 ± 6.3 及び 22.7 ± 7.5 であり、スクワットが 37.9 ± 10.1 及び 44.4 ± 12.1 であり、スクワットの METs 及び RMR はそれぞれベンチプレスの 1.90 倍及び 1.96 倍であった。

以上の結果から、ベンチプレスとスクワットの 1RM の相対重量での最高反復回数は高強度では同等であるが比較的低強度ではスクワットの回数がベンチプレスよりも多く、また 70%1RM で 10 回反復したときの酸素消費量はスクワットがベンチプレスの約 2 倍も多いことが明らかとなった。

文 献

- 1) Arazi, H. and Asadi, A.: The relationship between the selected percentages of one repetition maximum and the number of repetitions in trained and untrained males. *Physical Education and Sport*, 9: 25-33, 2011.
- 2) 有賀誠司：筋力トレーニングプログラム. 山海堂, 東京：2004.
- 3) Baechle, T. R. 石井直方監修：NSCA 決定版 ストレングス&コンディショニング. ブックハウス・エイチディ, 東京：1999 年.
- 4) 大学生の健康・スポーツ科学研究会：大学生の健康・スポーツ科学 第 5 版. 道和書院, 東京：2014.
- 5) 藤瀬武彦, 杉山文宏, 松永尚久, 長畑芳仁：一般青年男女における筋力評価尺度としてのバーベル挙上能力測定の試み. *体育学研究*, 39 : 408-416, 1995.
- 6) 藤瀬武彦, 重原麻里, 長崎浩爾, 高橋 努, 岩垣丞恒, 山村雅一：無酸素的運動時の高濃度酸素ガス吸入が作業成績に及ぼす効果. *新潟国際情報大学 情報文化学部紀要*, 5 : 265-282, 2002.
- 7) 藤瀬武彦, 橋本麻里, 長崎浩爾：新潟国際情報大学学生の形態、体力、及び運動能力—体格指数、皮下脂肪厚、及びバーベル挙上能力等について—. *新潟国際情報大学 情報文化学部紀要*, 7 : 227-256, 2004.
- 8) 藤瀬武彦, 橋本麻里, 長崎浩爾, 高橋 努：一般青年男女におけるベンチプレスの 1RM 相対重量での最高反復回数. *トレーニング科学*, 21 : 225-238, 2009.
- 9) 林 直亨, 宮本忠吉：週 1 回の大学授業における筋力トレーニングが筋力に与える影響. *体育学研究*, 54 : 137-143, 2009.
- 10) Hoeger, W. W., Hopkins, D. R., Bareete, S. L.: Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *J. Appl. Sport Sci. Res.*, 4: 47-54, 1990.
- 11) 九鬼靖太, 吉田拓矢, 川原布紗子, 水島 淳, 谷川 聡, 木内敦詞：週 1 回の大学体育授業における筋力トレーニングが日常的な運動習慣を有する男子大学生の体重、筋力および筋力トレーニングの継続に及ぼす影響. *筑波大学体育系紀要*, 42 : 45-55, 2019.

- 12) 真鍋芳明, 横澤俊治, 尾縣 貢: スクワットの挙上重量変化が股関節と膝関節まわりの筋の活動および関節トルクに与える影響. 体力科学, 52: 89-98, 2003.
- 13) 21世紀筋力トレーニングアカデミー: スポーツトレーナーが指導している これが正しい筋力トレーニングだ. 体育とスポーツ出版社, 東京: 2007.
- 14) Robergs, R. A., Gordon, T., Reynolds, J., and Walker, T. B.: Energy expenditure during bench press and squat exercises. *J. Strength and Conditioning Res.*, 21: 123-130, 2007.
- 15) Shimano, T., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., Vingren, J. L., Fragala, M. S., Maresh, C. M., Fleck, S. J., Newton, R. U., Spreuwenberg, L. P. B., and Hakkinen, K.: Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *J. Strength and Conditioning Res.*, 20: 819-823, 2006.
- 16) 下嶽進一郎, 榎野陽介, 山内 亮, 桑原康平: レジスタンス運動における運動の強さ (METs) に関する実践的報告 -主に自重負荷法の運動種目に着目して-. トレーニング科学, 27: 75-80, 2016.
- 17) 杉 晴夫編著: 人体機能生理学. 南江堂, 東京: 2015.
- 18) 高家 望: METs で始めるボディデザイン. 英治出版, 東京: 2009.
- 19) Tibana, R. A., Prestes, J., Nascimento, D. C., and Balsamo, S.: Comparison of the number of repetitions and perceived exertion between multi-joint and single-joint exercise at different intensities in untrained women. *Brazilian J. Biomotricity*, 5: 96-105, 2011.
- 20) Vianna, J. M., Werneck, F. Z., Coelho, E. F., Damasceno, V. O., and Reis, V. M.: Oxygen uptake and heart rate kinetics after different types of resistance exercise. *J. Human Kinetics*, 42: 235-244, 2014.
- 21) 山本直史, 萩 裕美子: 筋力トレーニングの介入を組み込んだ体育授業が大学生の筋力トレーニングの行動変容ステージに及ぼす影響. 大学体育学, 10: 41-52, 2013.