

〔原著〕

## 週1回の授業におけるレジスタンストレーニングが 大学生の筋力に及ぼす影響

磨井祥夫\*

柳川和優\*\*

### Effect of resistance training in class once a week on muscular strength in college students

Sachio USUI

(Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University)

Kazumasa YANAGAWA

(Department of Sports Business Administration, Hiroshima University of Economics)

#### Abstract

To clarify the effect of resistance training with a frequency of once a week on muscular strength, we recruited 47 college students and divided them into two groups; experienced group subjects (19 males 69.0±16.7kg, mean±SD of body mass) had been active in various sport clubs and non-experienced group subjects (28 males 62.0±6.4kg) had not regularly engaged in physical exercise.

They performed resistance training in a PE class once a week for six to seven weeks. One repetition maximum (1RM) for 16 types of training respectively was measured before and after the training term. 1RMs were standardized to z-score by the means and SDs of pre-training. Total muscular strength of each subject was calculated by averaging the standardized z-scores to assess training effects.

The training included three types of slow-training (slow motion with continuous muscle contraction for 64 seconds) and 16 types of weight training. The weight load was 70% of 1RM and the training volume was at least one set (10 repetitions) in 16 types of training.

The total muscular strength significantly increased with effect size being 0.31 in experienced group, and 0.34 in non-experienced group, whereas their increment was not significant between the two groups. Non-experienced subjects with lower muscular strength at pre-training were inclined to get a higher average rate of 1RM improvements, not a higher increment of their total strength in z-score. No significant change was found in the increased amount of 1RM among upper limb, trunk, and lower limb.

Results demonstrate that resistance training at a frequency of once a week increases muscular strength in college students, the weaker students in non-experienced group tend to produce a higher rate of increase due to training, and improvements of strength do not differ among the 3 groups of body segments.

---

\* 広島大学大学院総合科学研究科

\*\* 広島経済大学スポーツ経営学科

## I. はじめに

レジスタンストレーニングについては、さまざまな観点から多くの研究 (Kraemer et al., 2004) がなされており、アメリカスポーツ医学会 (以下 ACSM と略す) は、これらの研究結果を踏まえて筋フィットネスの運動処方として、頻度、運動様式、強度、量 (反復回数×セット数)、テクニック、増強と維持の指針をまとめている。その中で、トレーニング頻度については、週1回では現状維持にとどまり、週2回以上が推奨されている (ACSM, 2009; ACSM, 2010; ACSM, 2011)。

しかし、近年、大学生を対象とした週1回のトレーニングにより筋力増加が見られたとする報告 (林と宮本, 2009; 吉田, 2010; 木村たち, 1996; 内田と神林, 2006) があった。これらの研究で共通する点は、大学の体育授業でトレーニングが実施され、筋力トレーニングの効果判定が行われていることである。小・中・高校の体育授業は、週複数回あるので、児童・生徒の体力向上に貢献しているが、大学の体育授業は週1回であるため、体育授業だけでは体力向上は難しいという見解とは異なる研究成果であった。

また、ACSM (2009) は、トレーニング初心者よりも低いトレーニング強度、少ないトレーニング量でも効果があると述べている。しかし、低頻度のレジスタンストレーニング効果に関して、トレーニング初期値と筋力増加についての報告は、林と宮本 (2009) のほかは見当たらない。

そこで、本研究では、大学授業における週1回のレジスタンストレーニングが筋力増加をもたらすかを検討し、さらに、トレーニング前の筋力レベルとトレーニング効果の関連、および、筋力増加の部位差について検討することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被検者

被検者は、A大学のフィットネス授業を履修した大学生男子47名とし、年齢は18歳から22歳であった。

そのうち、学内あるいは学外の運動部に所属する学生19名を運動群とし、定期的な運動習慣のない一般学生28名を一般群とした。運動群の測定開始時の年齢:  $19.2 \pm 1.0$  歳 (mean  $\pm$  SD, 以下同様)、体重:  $69.0 \pm 16.7$ kg, 体脂肪率:  $15.3 \pm 5.7\%$  であり、一般群は、年齢:  $18.4 \pm 0.6$  歳、体重:  $62.0 \pm 6.4$ kg, 体脂肪率:  $13.4 \pm 3.1\%$  であった。運動群、一般群の体重は、文部科学省の体力・運動能力調査報告書 (文部科学省, 2011) の19歳の平均と比較して有意な差は認められなかった。

### 2. トレーニング期間

フィットネス授業は4月から7月までの週1回開講され、1コマは90分であった。開講コマにより、若干の進度の違いがあったが、1, 2回目の授業でガイダンスとトレーニング動作の説明と習得を行い、3, 4回目の授業でトレーニング前の1回のみ挙上可能な重量 (One Repetition Maximum: 1RM) 測定を行った。4, 5回目から10回目までの6, 7週間をトレーニング期間とした。その後、トレーニング効果を判定するために、11, 12回目に1RM測定を行った。

### 3. トレーニング内容

フィットネス授業では、最初に準備運動として静的ストレッチングを約10分行い、次にスロートレーニング (3種目) を約10分行った。その後ウエイトトレーニング (16種目) を約60分行った。トレーニング機器の順番待ちの際に、付加的に、自転車エルゴメータ、ランニングマシンによる有酸素トレーニングも行ったが、これは希望する学生だけとした。最後に整理運動としてストレッチングを約5分行った。

スロートレーニング (谷本, 2010) は、レッグレイズ、プッシュアップ、スクワットの3種目を行った。8秒間で1動作を行い、これを8回繰り返して1セットとし、最低1セット行った。たとえば、スクワットのスロートレーニングの1動作は、4秒間でゆっくりと腰を落とし、次の4秒で

腰を上げる運動とした。腰の上下動を切り換える際にも、常に筋が収縮している状態とした。つまり、8秒×8回=64秒は筋収縮が継続することになる。

ウエイトトレーニングは各種目最低1セット行った。トレーニングは、1RMの70%の負荷強度で10回の反復を1セットとした。トレーニングの種目は次のとおりである。

(上腕)

アーム・カール(左右):ダンベルを持って肘関節を屈曲する。

(前腕)

リスト・カール(左右):ダンベルを持って手関節を屈曲する。

リスト・エクステンション(左右):ダンベルを持って手関節を伸展する。

(肩)

ショルダー・プレス:椅子に座り、肩の位置にある重量物を上方にプレスする。

(胸)

フライ:バタフライマシンに座り、両腕を水平に開いた体勢から両肘を引きつける。

斜めベンチプレス:頭部を45°上方に傾けた台上で、バーベルを挙上する。

(背)

ブル・ダウン:ハイプリーを用いて肩背部に向けて引き下ろす。

ローイング:ロープリーを用いて両手を閉じて回内位で引っ張る。

バック・エクステンション:頭部を45°上方に傾けた台上でうつぶせになり、伏臥位で、体幹をそらす。

(腹)

シット・アップ:頭部を45°下方に傾けた台上で、膝を曲げて、上体を屈曲する。

(大腿)

アブダクター:椅子に座り、股関節を外転する。

アダクター:椅子に座り、股関節を内転する。

レッグ・エクステンション:椅子に座り脚を伸

展する。

レッグ・プレス:斜め45°後方に傾いた体勢から、脚を伸展する。

レッグ・カール:ベンチにうつ伏せになり膝関節を屈曲する。

(下腿)

カーフ・レイズ:立位で足関節を底屈する。

授業以外でのトレーニングについて、運動群はそれぞれの活動で種々の運動(体力トレーニングを含めて)を実施している。一般群では、授業以外に週1回トレーニングルームでトレーニングをするように、またスロートレーニングは家でも行うように勧めたが、実施するか否かは学生の自由とした。授業で聞き取り調査をした結果、ほとんどの学生は授業以外でトレーニングはしていなかった。

#### 4. 測定項目

測定項目は、体重、体脂肪率、PWC75%HRmax、各トレーニング種目の1RMとし、トレーニング前後に測定を行った。体脂肪率は、上腕背部と肩甲骨下部の皮下脂肪厚の測定値からBrozek et al. (1963)とNagamine and Suzuki (1964)の推定式に従って算出した。PWC75%HRmaxは、Miyashita et al. (1985)の方法で測定した。なお、1RM測定には欠損値があったので、トレーニング前と後の2回測定を行った種目だけをデータとして採用した。

#### 5. 1RMの決定

1RMの決定は、軽い重量から持ち上げ、徐々に重い重量へと負荷を増していき、持ち上げることができた最大重量とする直接法がある(有賀, 2002)。しかし、持ち上げ回数が増えると疲労の影響を避けることができず、1RMを過少評価することがある。そこで、最大下の重量による反復回数から換算表(松尾, 1972; Bachle and Roger, 2000)を用いて決定する間接法が採用されることもある(沢井, 1997; 有賀, 2002)。笹原

たち (1994) は、松尾 (1972) の換算表から負荷重量と最高反復回数の関係式を提案し、柳川と磨井 (2011) はこの関係式から1RMを推定し、それに基づいて筋力トレーニングの効果を報告した。本研究では、限られた時間内で実施できることを考慮し、笹原たち (1994) の関係式を用いて1RMを決定した。

## 6. 総合筋力の評価

1RMは、レジスタンストレーニング16種目についてトレーニング前後で測定をした。これら16種目を統合した指標として、総合筋力を用いた。1RMは、種目により大きな差があり、これをそのまま加算すると、大きな1RMの種目を過大評価することになる。そこで各種目について、1RMをトレーニング前の測定値で標準化し、被検者ごとにzスコアと総合筋力を以下の式で算出した。

$$z_{ij} = (X_{ij} - \mu_j) / SD_j$$

$$\text{総合筋力}_i = \sum_j z_{ij} / (\text{種目数})$$

ここで、 $X_{ij}$  は、被検者*i*の種目*j*の1RM測定値である。 $\mu_j$ 、 $SD_j$  は、種目*j*のトレーニング前の全被検者の平均および標準偏差である。総合筋力 $_i$ は、被検者*i*の総合筋力である。なお、アーム・カール、リスト・カール、リスト・エクステンションについては左右の平均を用いた。

総合筋力はトレーニング効果を判定する指標とした。また、上肢、体幹、下肢の部位ごとの筋力をzスコアとして求めた。上肢筋力は、前述したトレーニング内容のうち、前腕、上腕、肩の種目とし、体幹筋力は、胸、背、腹とし、下肢筋力は、大腿と下腿とした。

また、トレーニング効果の大きさとしてEffect Size (ES) を算出した。Thomas et al. (1996) は、差の検討には統計的な有意性だけでなく、有意性 (meaningfulness) も重要であり、Cohenが1969年に提案したESは平均の差を標準偏差で除した基準値であり、有意性を推定する適切な指標であると述べた。Cohen (1988) はESの値と

して0.2を小さな差、0.5を中程度の差、0.8を大きな差としており、Thomas et al. (1991) は、0.41未満を小さい、0.41-0.70を中程度、0.70を超えると大きいとして分類している。

## 7. 統計処理

トレーニング前後の比較は対応のあるt検定を行った。トレーニングによる増加の群間の比較は対応のないt検定 (Welchの方法) を行った。トレーニング初期値とトレーニング増加量の関係については、ピアソンの相関係数を算出し、無相関の検定を行った。トレーニング増加量の部位比較は2元配置分散分析を行い、被検者内因子を部位とし、被検者間因子を所属群として、部位の主効果および部位と所属群の交互作用の検定を行った。有意水準は5%未満とし、統計解析はIBM SPSS Statistics ver.20を用いた。

## III. 結果

### 1. レジスタンストレーニングの効果

トレーニング前後の値と増加量を表1に示した。体重と体脂肪率は、一般群が減少し、運動群は有意な変化はなかった。全身持久力の指標であるPWC75%HRmaxは、一般群、運動群ともに変化はなかった。

1RMについては、一般群は16種目中8種目が有意な増加を示した。運動群では5種目が有意な増加であった。16種目を平均した総合筋力は、一般群、運動群ともに有意な増加を示し (図1)、ESはそれぞれ0.34、0.31であり、効果の大きさは小さかった。1RM増加量をトレーニング前に対する割合とし、16種目の平均増加率を算出すると、一般群は $11.4 \pm 11.6\%$  (N=28)、運動群は $10.6 \pm 12.8\%$  (N=19) の増加率であり、この増加率には両群間に有意な差はなかった ( $t_{36,1}=0.22$ ,  $P=0.82$ )。

### 2. トレーニング初期値とトレーニング効果の関係

運動群は、トレーニング前後ともに、一般群より有意に大きな総合筋力を示したが、総合筋力の

週1回の授業におけるレジスタンストレーニングが大学生の筋力に及ぼす影響

表1. トレーニングの効果

測定項目	群	トレーニング前(B)			トレーニング後(A)			増加量(A-B)			増加量の有意水準
		mean	SD	N	mean	SD	N	mean	SD	N	
体重(kg)	一般	62.00 ± 6.44	28	61.13 ± 6.63	28	-0.88 ± 1.57	28	0.14	**		
	運動	69.02 ± 16.71	19	68.26 ± 16.03	19	-0.76 ± 2.65	19	0.05			
	全体	64.84 ± 12.07	47	64.01 ± 11.78	47	-0.83 ± 2.05	47	0.07	**		
体脂肪率(%)	一般	13.42 ± 3.06	28	12.96 ± 3.04	28	-0.45 ± 1.15	28	0.15	*		
	運動	15.26 ± 5.70	19	15.10 ± 5.66	19	-0.16 ± 1.46	19	0.03			
	全体	14.16 ± 4.36	47	13.83 ± 4.37	47	-0.34 ± 1.28	47	0.08			
PWC75%HRmax(W)	一般	143.46 ± 33.77	28	150.96 ± 39.51	28	7.50 ± 27.26	28	0.22			
	運動	164.79 ± 48.99	19	176.26 ± 47.03	19	11.47 ± 35.72	19	0.23			
	全体	152.09 ± 41.47	47	161.19 ± 44.04	47	9.11 ± 30.65	47	0.22	*		
アーム・カール(kg)	一般	16.81 ± 4.86	28	17.85 ± 4.18	28	1.05 ± 2.51	28	0.22	*		
	運動	18.33 ± 5.59	19	19.68 ± 5.53	19	1.34 ± 2.42	19	0.24	*		
	全体	17.42 ± 5.17	47	18.59 ± 4.80	47	1.17 ± 2.45	47	0.23	**		
リスト・カール(kg)	一般	17.47 ± 4.42	27	17.93 ± 4.61	27	0.46 ± 3.36	27	0.10			
	運動	19.00 ± 6.54	19	19.05 ± 6.17	19	0.05 ± 3.58	19	0.01			
	全体	18.10 ± 5.38	46	18.39 ± 5.27	46	0.29 ± 3.42	46	0.05			
リスト・エクステンション(kg)	一般	11.46 ± 4.09	27	12.27 ± 3.78	27	0.81 ± 2.21	27	0.20			
	運動	11.74 ± 2.95	18	13.93 ± 4.08	18	2.19 ± 3.58	18	0.74	*		
	全体	11.57 ± 3.64	45	12.93 ± 3.94	45	1.36 ± 2.88	45	0.37	**		
ショルダー・プレス(kg)	一般	56.12 ± 16.03	28	61.34 ± 18.71	28	5.23 ± 9.08	28	0.33	**		
	運動	83.19 ± 52.52	18	88.11 ± 60.31	18	4.92 ± 17.82	18	0.09			
	全体	66.71 ± 37.08	46	71.82 ± 41.93	46	5.11 ± 13.02	46	0.14	*		
フライ(kg)	一般	39.76 ± 12.04	28	46.21 ± 11.68	28	6.45 ± 9.57	28	0.54	**		
	運動	55.13 ± 18.67	18	60.98 ± 18.58	18	5.84 ± 6.38	18	0.31	**		
	全体	45.77 ± 16.62	46	51.99 ± 16.29	46	6.21 ± 8.39	46	0.37	**		
斜めベンチプレス(kg)	一般	45.57 ± 16.66	26	44.79 ± 16.01	26	-0.78 ± 9.78	26	0.05			
	運動	52.15 ± 19.91	17	58.09 ± 20.05	17	5.94 ± 13.03	17	0.30			
	全体	48.17 ± 18.08	43	50.05 ± 18.68	43	1.88 ± 11.52	43	0.10			
ブル・ダウン(kg)	一般	52.15 ± 8.22	28	58.38 ± 8.94	28	6.23 ± 7.00	28	0.76	**		
	運動	62.78 ± 15.54	17	65.25 ± 12.24	18	3.04 ± 7.12	17	0.20			
	全体	56.17 ± 12.51	45	61.07 ± 10.77	46	5.02 ± 7.14	45	0.40	**		
ローイング(kg)	一般	71.52 ± 21.57	27	68.49 ± 13.05	27	-3.03 ± 17.69	27	0.14			
	運動	81.27 ± 26.27	18	83.31 ± 26.14	18	2.04 ± 11.22	18	0.08			
	全体	75.42 ± 23.76	45	74.42 ± 20.46	45	-1.00 ± 15.48	45	0.04			
バック(kg)	一般	14.42 ± 4.47	25	13.67 ± 4.04	25	-0.75 ± 3.75	25	0.17			
	運動	16.96 ± 5.88	15	17.57 ± 5.52	15	0.61 ± 2.31	15	0.10			
	全体	15.37 ± 5.12	40	15.13 ± 4.97	40	-0.24 ± 3.32	40	0.05			
シット・アップ(kg)	一般	11.82 ± 6.32	25	14.18 ± 6.75	25	2.36 ± 3.01	25	0.37	**		
	運動	15.67 ± 7.49	15	15.43 ± 6.06	15	-0.24 ± 2.56	15	0.03			
	全体	13.26 ± 6.95	40	14.65 ± 6.45	40	1.39 ± 3.09	40	0.20	**		
アブダクター(kg)	一般	41.60 ± 6.21	28	45.45 ± 8.72	28	3.85 ± 7.01	28	0.62	**		
	運動	47.53 ± 10.57	18	50.03 ± 11.44	18	2.49 ± 8.76	18	0.24			
	全体	43.92 ± 8.60	46	47.24 ± 10.01	46	3.32 ± 7.68	46	0.39	**		
アダクター(kg)	一般	43.74 ± 12.05	28	46.72 ± 12.84	28	2.99 ± 11.86	28	0.25			
	運動	57.23 ± 16.52	18	62.14 ± 18.65	18	4.91 ± 17.92	18	0.30			
	全体	49.02 ± 15.31	46	52.76 ± 16.98	46	3.74 ± 14.38	46	0.24			
レッグ・エクステンション(kg)	一般	101.03 ± 37.08	28	113.77 ± 42.23	28	12.74 ± 24.54	28	0.34	*		
	運動	128.43 ± 47.07	19	134.72 ± 50.01	19	6.30 ± 28.61	19	0.13			
	全体	112.10 ± 43.11	47	122.24 ± 46.19	47	10.14 ± 26.15	47	0.24	*		
レッグ・プレス(kg)	一般	121.47 ± 52.48	26	147.54 ± 70.13	26	26.07 ± 51.34	26	0.50	*		
	運動	207.09 ± 114.07	16	239.83 ± 138.59	16	32.74 ± 50.61	16	0.29	*		
	全体	154.09 ± 90.61	42	182.70 ± 109.92	42	28.61 ± 50.55	42	0.32	**		
レッグ・カール(kg)	一般	71.92 ± 25.06	28	72.35 ± 15.20	28	0.43 ± 20.28	28	0.02			
	運動	79.53 ± 18.10	19	86.52 ± 25.73	19	6.99 ± 16.89	19	0.39			
	全体	75.00 ± 22.61	47	78.08 ± 21.07	47	3.08 ± 19.07	47	0.14			
カーフ・レイズ(kg)	一般	158.53 ± 52.88	28	179.92 ± 66.27	28	21.38 ± 56.48	28	0.40			
	運動	191.50 ± 57.61	18	214.92 ± 66.15	18	23.42 ± 37.52	18	0.41	*		
	全体	171.43 ± 56.54	46	193.61 ± 67.73	46	22.18 ± 49.46	46	0.39	**		
総合筋力(zスコア)	一般	-0.21 ± 0.58	28	-0.01 ± 0.58	28	0.20 ± 0.31	28	0.34	**		
	運動	0.33 ± 0.83	19	0.58 ± 0.88	19	0.26 ± 0.31	19	0.31	**		
	全体	0.01 ± 0.73	47	0.23 ± 0.77	47	0.22 ± 0.31	47	0.30	**		
上肢筋力(zスコア)	一般	-0.14 ± 0.72	28	0.03 ± 0.63	28	0.17 ± 0.27	28	0.23	**		
	運動	0.19 ± 0.91	19	0.43 ± 0.92	19	0.24 ± 0.32	19	0.27	**		
	全体	-0.01 ± 0.81	47	0.19 ± 0.78	47	0.20 ± 0.29	47	0.24	**		
体幹筋力(zスコア)	一般	-0.22 ± 0.58	28	-0.07 ± 0.54	28	0.15 ± 0.34	28	0.25	*		
	運動	0.33 ± 0.92	19	0.55 ± 0.90	19	0.22 ± 0.30	19	0.24	**		
	全体	0.00 ± 0.78	47	0.18 ± 0.76	47	0.18 ± 0.32	47	0.23	**		
下肢筋力(zスコア)	一般	-0.26 ± 0.65	28	0.00 ± 0.71	28	0.26 ± 0.51	28	0.40	*		
	運動	0.43 ± 0.86	19	0.73 ± 1.03	19	0.30 ± 0.55	19	0.35	*		
	全体	0.02 ± 0.81	47	0.30 ± 0.92	47	0.28 ± 0.52	47	0.34	**		

\* (5%), \*\* (1%) : トレーニング前後の有意差検定結果

\$\$ (1%) : 一般群と運動群の増加量の有意差検定結果

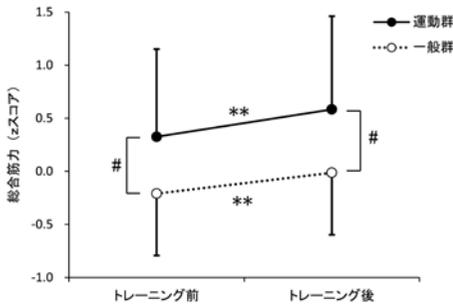


図 1. 総合筋力のトレーニング効果 (mean ± SD)

\*\* : P<0.01 トレーニング前後の比較  
# : P<0.05 一般群と運動群の比較

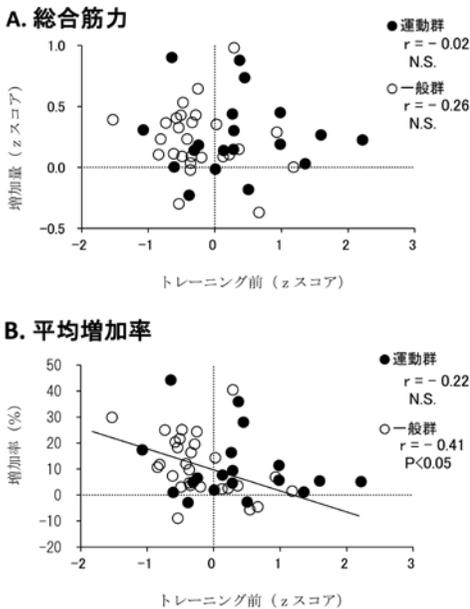


図 2. トレーニング初期値とトレーニング効果

A : 総合筋力の増加量  
B : 1RM の 16 種目平均増加率

増加量には、一般群と運動群の差はなかった (図 1, 表 1)。

トレーニング初期値とトレーニング効果を検討するために、トレーニング前の総合筋力とトレーニングによる増加の関係を図 2 に示した。初期値と総合筋力の z スコア増加の間には、一般群 (r =

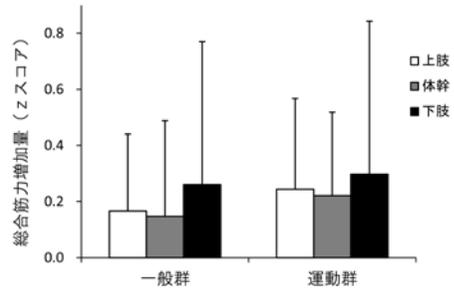


図 3. トレーニングによる増加量の部位間比較 (mean ± SD)

トレーニング種目は、上肢;アーム・カール, リスト・カール, リスト・エクステンション, ショルダー・プレス, 体幹;フライ, 斜めベンチプレス, プル・ダウン, ローイング, バック, シット・アップ, 下肢;アブダクター, アダプター, レッグ・エクステンション, レッグ・プレス, レッグ・カール, カーフ・レイズに分類した。

-0.26), 運動群 ( $r = -0.02$ ) とも有意な相関は得られなかった。しかし、トレーニング効果を 1 RM 増加率の 16 種目平均 (平均増加率) として初期値との間の関連を検討すると、運動群の相関 ( $r = -0.22$ ) は有意ではなかったが、一般群では有意な相関 ( $r = -0.41, P < 0.05$ ) が認められた。

### 3. トレーニング効果の部位差

トレーニングによる筋力増加の部位間の差を検討するために、部位を被検者内因子、被検者群を被検者間因子として、2 元配置分散分析を行った結果、部位間に有意な差は認められず ( $F_{1,7,76,6} = 1.07, P = 0.34$ ), 部位と被検者群の交互作用も有意ではなかった ( $F_{1,7,76,6} = 0.05, P = 0.93$ )。また、被検者群間にも有意な差は認められなかった ( $F_{1,45} = 0.52, P = 0.47$ ) (図 3)。

## IV. 考 察

### 1. 週 1 回のトレーニング頻度で筋力増加がみられるか?

レジスタンストレーニングについて、ACSM (2011) は、強度は 60-80% 1 RM とし、量は 1 セットを 8-12 回の反復として 2-4 セット行い、頻

度は週に2, 3回実施することを推奨している。

本研究のトレーニング内容は、強度は70% 1RM, 量は10回の反復を最低1セット, 頻度は週1回であった。ACSMの推奨値と比較すると、セット数と頻度が少なかった。セット数に関しては、ACSMでは、高齢者やデコンディショニングの状態の者は、60-70% 1RMの強度で、1セットあたり反復回数10-15回を1セット以上行うことを推奨していることを考慮すると、本研究の一般群の被検者にとっては、最低1セットの実施は条件を満たしていると考えられる。頻度については、ACSMは目標の筋力に達した後は、週1回のトレーニングで筋力維持は可能であり、筋力増加については、週2回から3回を推奨している。このことから、筋力増加を目指すには週1回では十分な刺激にはならないと考えられる。

また、久野たち(2003)は、高齢者女子を対象として、1年間の筋力トレーニングを行い、トレーニング前後の筋横断面積の比較を行った。その結果、週2回では有意な増加がみられたが、週1回では変化がなく、トレーニングを実施しなかった群では加齢による有意な低下があったと報告した。このように、一般的に、週1回のトレーニングでは筋力維持にとどまり、筋力増加は期待できないと考えられてきた。

しかし、近年、大学の体育授業で、週1回の頻度で筋力増加があったという報告がなされた。木村たち(1996)は、9種目のマシントレーニングを5週間行ったところ、すべての種目で1RMあるいは疲労困憊までの回数が増加したことを報告した。内田と神林(2006)は、サーキットトレーニングを8週間行い、腕立て伏せ、上体起こし、上体そらし、バーピーの30秒回数と垂直跳最大跳躍高が増加したことを報告した。林と宮本(2009)は、筋力トレーニングを7-10週間行い、ベンチプレスとアーム・カールの1RMが増加したと報告した。さらに、吉田(2010)は、スロートレーニングを4月から7月まで行い、背筋、腕立て、ディップスの30秒間回数が増加したことを報告した。

本研究の一般群においても、週1回のレジスタンストレーニングにより、16種目の1RMから算出した総合筋力が有意に増加した。16種目の平均増加率は11.4%であり、平均ESは0.31であった。個々の筋力では、フライ、レッグ・プレス、カーフ・レイズの増加率とESが大きかった。一般群は、この授業以外ではトレーニングをほとんど実施しておらず、週1回の大学授業におけるレジスタンストレーニングで筋力を増加させるという先行研究を支持する結果が得られた。

運動群については、授業以外でトレーニングを行っている可能性もあり、週1回だけのレジスタンストレーニングであったかどうかは不明であるが、総合筋力は有意に増加し、16種目の平均増加率は10.6%、平均ESは0.24と一般群とほぼ同等の大きさであった。運動群の筋力増加の原因として、授業でトレーニングの知識を得たことや効果的なトレーニング法・正しい姿勢などを学習したことによって、トレーニングの意識が高まったり(意識性)、目的とする筋に対して有効な刺激になったり(過負荷)するなど、授業外でのトレーニングに好影響を与えている可能性もある。

これまでの多くの研究により、トレーニングによる筋力の増加は、筋の横断面積の増加と最大随意興奮レベルの増加の両方に依存していることが知られている(Kraemer et al., 1991; Phillips et al., 1997)。また、トレーニング初期には、おもに神経系の適応による筋力増加が起こり、筋肥大はその後ゆっくりと起こる(Moritani and deVris, 1979)。すなわち、トレーニング初期には、活動に参加する運動単位数の増加、インパルスの発火頻度の増加などの神経系要因により筋力は増加し、トレーニング後期では筋線維の肥大と増殖などの形態的变化により筋力増加がもたらされるということである(Weiss and Clark, 1987; Kraemer et al., 1996)。本研究のトレーニング期間は6-7週間であることから、本研究で示された筋力増加は、主に神経系の改善によるものであると推察される。

## 2. トレーニング効果はトレーニング初期値に依存するか？

トレーニング前の総合筋力は、一般群と運動群で有意な差 ( $z$ スコアで0.54) が見られた (図1)。一般にトレーニング未経験者は、より低い強度、量のトレーニングでも効果が現れるとされている (ACSM,2009)。また、林と宮本 (2009) も筋力トレーニング前の1RMとトレーニング後の1RM増加率には負の相関がみられることを報告している。本研究で、トレーニング初期値の異なる一般群と運動群で総合筋力の増加量を検討すると、両群間には有意な差は認められなかった (表1)。運動群は授業以外でトレーニングを行っている者もあり、トレーニング量が多い可能性がある。そのため、本研究の一般群と運動群の比較によって、トレーニング初期値とトレーニング効果の関係を検討することは適当ではない。そこで、一般群だけを対象として、総合筋力のトレーニング初期値と増加量の関係を調べると  $r=-0.26$  が得られ、相関は有意ではなかった。しかし、トレーニング効果として、増加量の相対値である1RMの増加率を16種目で平均すると、 $r=-0.41$  と有意な相関が得られた (図2)。したがって、トレーニング効果を相対値でとらえると、トレーニング初期値の小さい者ほど効果は大きいことが示され、先行研究の見解を支持する結果となった。

本研究では、トレーニング効果として絶対値の増加量を採用するか、あるいは相対値の増加率を採用するかで、相関係数の有意性は異なる結果となった。評価対象となる測定値が、平均が大きくなるにしたがって標準偏差も大きくなる指標であれば、ばらつきが相対的に大きくなるので、増加には相対値の採用が適している。このことを考慮すると、トレーニング前の16種目の1RMの平均と標準偏差には高い相関 ( $r=0.96$ ) が得られたため、相対値での評価が適切であり、トレーニング初期値とトレーニング効果に関連があると結論することができる。

## 3. トレーニングによる筋力増加には部位差があるか？

トレーニングによる筋力増加の部位差について、木村たち (1996) は、9種目の筋力トレーニングを5週間実施したところ筋力増加率には、部位間の差は示されなかったと報告している。また、Anton et al. (2006) は、13週間のトレーニングにより、胸プレスが30%、脚プレスが30%、背上部が26%、ハムストリングが34%、肩が33%、上腕三頭筋が27%、上腕二頭筋が35%の筋力増加を示したと報告し、部位間には大きな差は見られていない。一方、Cureton et al. (1988) は上腕と大腿に同等の強度・量の筋力トレーニングを16週間行ったところ、筋力増加は上腕で男子が34%、女子が50%、大腿では男子が20%、女子が29%となり、上腕でより大きな増加率を報告した。以上のように、レジスタンストレーニングの効果は、強度、量、頻度、期間など多く要因が影響を及ぼすこともあり、部位間の差に関しては一致した見解は得られていない。

本研究では、16種目を上肢、体幹、下肢の3部位に分類して1RMの増加量を検討した結果、部位間の差は認められなかった。ただし、本研究のトレーニング内容は週1回の頻度で6-7週間でありトレーニング刺激は小さい条件であったこと、増加量には大きな個人差があったことなどから部位差が検出できなかった可能性もある。

## 4. 本研究の限界

本研究は、トレーニングを行わない対照群を設定していないので、一般群の筋力増加の要因が授業内でのトレーニング刺激以外のものである可能性を否定できない。前述した大学授業で実施したトレーニング効果に関する4つの先行研究でも、対照群との比較を行っているのは林と宮本(2009)の研究だけであり、授業内での介入研究の難しさによる限界を指摘できる。しかしながら、トレーニング初期値とトレーニング効果の関連、効果の部位間の比較については、個人内の比較データがあるので結果の妥当性は保つことができると考え

られる。

大学の体育授業は通常週1回実施されるが、その授業内のトレーニングだけで筋力増加が得られるかについては、被検者のトレーニング経験、トレーニング期間内の運動実施状況、トレーニング量などさまざまな影響因子を統制し、対照群を設定したさらなる検証が望まれる。

## V. まとめ

大学のフィットネス授業を履修した47名の大学生を対象として、週1回のトレーニングによる筋力増加を検討した。被検者のうち運動部所属学生19名を運動群、習慣的な運動をしていない学生28名を一般群とした。90分の授業ではスロートレーニングとウエイトトレーニングを行った。トレーニング期間は7-8週間とし、その前後に各トレーニング種目の1RMを測定した。16種目の1RMの標準化したzスコアの平均を総合筋力としてトレーニング効果の判定を行った。

トレーニング効果について、以下の結果が得られた。

1. 総合筋力は、一般群、運動群ともにトレーニング後に有意に増加した。
2. 総合筋力の増加量に一般群と運動群の差はなかった。
3. トレーニングによる増加量は、一般群、運動群ともにトレーニング前の筋力と相関はなかった。1RM増加率は、一般群で有意な負の相関がみられた。
4. トレーニング部位を上肢、体幹、下肢に分類し、それらの増加量を比較した結果、部位間には有意な差は認められなかった。

以上の結果から、週1回の頻度の大学授業でのレジスタンストレーニングは筋力増加をもたらすこと、一般学生ではトレーニング前の筋力レベルが低いほど効果が大きいこと、上肢、体幹、下肢の3部位間で筋力増加に差がみられないことが示された。

## 文献

- American College of Sports Medicine (2009) Progression models in resistance training for healthy adults. *Med.Sci. Sports Exerc.*, 41(3):687-708.
- American College of Sports Medicine (2010) ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.(8th ed.) Lippincott Williams & Wilkins/Wolters Kluwer Health:Philadelphia. pp.165-171.
- American College of Sports Medicine (2011) Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Med.Sci. Sports Exerc.*, 43(7): 1334-1359.
- Anton, M. M., M. Y. Cortez-Cooper, A. E. DeVan, D.B.Neidre, J.N.Cook, and H.Tanaka (2006) Resistance training increases basal limb blood flow and vascular conductance in aging humans. *J. Appl. Physiol.*, 101: 1351-1355.
- 有賀誠司 (2002) 筋力トレーニングのスポーツ選手への応用. *バイオメカニクス研究*. 6(3) : 227-239.
- Bachle, T. R. and W. E. Roger(eds.) (2000) *Essentials of Strength Training and Conditioning*. (2nd ed.) Human Kinetics: Illinois, pp.410-411.
- Brozek, J., F. Grande, J. T. Anderson, and A. Keys (1963) Densitometric analysis of body composition. *Annals New York Academy of Sciences*, 110: 113-140.
- Cohen, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd ed.) Academic Press: New York, pp.19-27.
- Cureton, K. J., M. A. Collins, D. W. Hill, and F. M. Jr. Mcelhannon (1988) Muscle hypertrophy in men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.*,

- 20(4): 338-344.
- 林直亨, 宮本忠吉 (2009) 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(1): 137-143.
- 木村瑞生, 北均, 五十嵐圭一 (1996) 週1回の筋力トレーニングの効果-体育スポーツ理論・実習の授業結果-. 東京工芸大学工学部紀要, 19(1): 9-14.
- Kraemer, W. J., S. E. Gordon, S. J. Fleck, L. J. Marchitelli, R. Mello, J. E. Dziados, K. Friedl, E. Harman, C. Maresh, and A. C. Fry (1991) Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int. J. Sports Med.*, 12: 228-235.
- Kraemer, W. J., S. J. Fleck and W. J. Evans (1996) Strength and power training: physiological mechanism of adaptation. *Exerc. Sports Sci. Rev.*, 24: 363-397.
- Kraemer, W. J. and N. A. Ratamess (2004) Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36(4): 674-688.
- 久野普也, 村上晴香, 馬場紫乃, 金俊東, 上岡方士 (2003) 高齢者の筋特性と筋力トレーニング. 体力科学, 52: 17-30.
- 松尾昌文 (1972) 体力トレーニングの方法 (5). 学校体育, 25(9): 142-147.
- Miyashita, M., M. Mutoh, N. Yoshioka and T. Sadamoto (1985) PWC75%HRmax: A measure of aerobic work capacity. *Sports Medicine*, 2: 159-164.
- 文部科学省 (2011) 平成22年度体力・運動能力調査報告書.  
<http://www.e-stat.go.jp/SGL/estat/>  
 (参照日 2012年9月11日).
- Moritani, T. and H. A. deVries (1979) Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am. J. Phys. Med.*, 58: 115-130.
- Nagamine, S. and S. Suzuki (1964) Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biology*, 36, 8-15.
- Phillips, S. M., K. D. Tipton, Aarsland, A., Wolf, S. E., and Wolfe, R. R. (1997) Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am. J. Physiol.*, 273(1): E99-107.
- 笹原英夫, 宮広重夫, 菊地邦雄, 小村堯, 磨井祥夫, 渡部和彦 (1994) 1RM推定によるウエイト・トレーニング・プログラムの開発. 広島スポーツ医科学研究, 4: 17-23.
- 沢井史穂 (1997) マシンを使った筋力トレーニングでの安全かつ簡便な負荷設定法. 体力科学, 46: 752.
- 谷本道哉 (2010) 筋トレまるわかり大事典. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 290-302.
- Thomas J. R., W. Salazar, and D. M. Landers (1991) What is missing in p less than .05? Effect size. *Res Q Exerc Sport*, 62: 344-8.
- Thomas, J. R. and J. K. Nelson (1996) *Research Methods in Physical Activity*. (3rd ed.) Human Kinetics: Champaign, pp.109-111.
- 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): 11-20.
- Weiss, L. W. and Clark, F. C. (1987) Ultrasonic measurement of upper-arm skeletal muscle thickness. *J. Sports Med.*, 27: 128-133.
- 柳川和優, 磨井祥夫 (2011) 1RM推定によるウエイト・トレーニング・プログラムの検証. 広島経済大学研究論集, 34(1): 19-25.
- 吉田充 (2010) スロートレーニングを主体とした大学体育授業が大学生の身体組成, 体格, および筋力に与える影響. 北海学園大学経営論集, 8(2): 1-9.