

大学正課一般体育実技における動的筋力

トレーニングの効果について

(その1—主として負荷重量に関連して)

広田 公一 松尾 昌文

緒 言

大学における正課の一般体育実技は、1週につき1回で90分間の授業が原則であり、この条件の下で各種スポーツ、トレーニングが実施されている。このような条件下で、筋力のトレーニングを実施し、その効果を最大にするにはどのような処方を採用すればよいかという点は、体育指導者にとって極めて重要な課題とおもわれる。最近国民の体力づくりが強く叫ばれ、殊に次代のリーダーたるべき大学々生の体力の低下が指摘され、これが強化を体育の目標の1部としてとりあげることが強調されている現在、大学の正課一般体育実技で筋力トレーニングを実施し、その効果を検討してみることは時宜をえていると共に、有意義なことと考えられる。特に体力要素の中でも筋力は、身体活動の中心として最も重要なものと考えられているため、この研究をすすめることは一層有意義であろう。

実験方法

(A) 被検者

被検者は東京大学教養学部正課一般体育実技履習の2年男子学生(年令20才~23才)50名である。実験群はBody building 種目選択履習の一般学生37名で、対照群は陸上競技種目を選択履習した一般学生13名であり、この中には運動部所属選手、Weight-training 経験者は含まれていない。また、1回以上欠席者は集計から除いた。

(B) トレーニング期間、及びトレーニング内容

KOICHI HIROTA M. D. and MASAFUMI MATSUO:
Effects of Dynamic Weight-training Exercises
in the Regular Course of Physical Education
in the University.

実験期間は昭和40年5月から同年7月までの9週間であった。トレーニングの前後各1週間に測定を行い、トレーニング期間は7週間、トレーニング回数は7回であった。実験群の行ったトレーニング内容、バーベルによる Two hands bench press と Full squat とであり、何れも最高繰り返し(R.M.)の2セットで、セット、及び種目間の休息は Rash¹⁾らの方法を参考にして約2分間とし、負荷重量によって次の3群に分けた。

(1) 等張力性筋力(1 R.M.)のほぼ $\frac{1}{2}$ 重量でトレーニングする者10名(以下 $\frac{1}{2}$ 群と略)。

(2) 等張力性筋力(1 R.M.)のほぼ $\frac{2}{3}$ 重量でトレーニングする者15名(以下 $\frac{2}{3}$ 群と略)。

(3) 等張力性筋力(1 R.M.)のほぼ $\frac{4}{5}$ 重量でトレーニングする者12名(以下 $\frac{4}{5}$ 群と略)。

漸増的負荷原則に従って、負荷の増量は予備実験の結果に基き、1セットの最高繰り返し回数が次のような回数をこえたとき、Bench press で 2.5 kg, Full squat で 5 kg 負荷重量を増すことにした。

$\frac{1}{2}$ 群では Bench press で 35 回, Full squat で 37 回。

$\frac{2}{3}$ 群では Bench press で 15 回, Full squat で 17 回。

$\frac{4}{5}$ 群では Bench press で 10 回, Full squat で 12 回。

対照群は陸上競技種目(80 m 低障害走, 走高跳, 三段跳, 4 kg の砲丸投)を4週4回、体育館内でトランポリンとマット運動などを3週3回実施した。

(C) 測定項目、及び測定方法

トレーニング効果を検討するため、トレーニングの前後に次のような測定を実施した。

①等尺性筋力：Isometric rack に半導体力量計をセットした装置(図 1. 参照)を用いて、a) Two hands bench press と同じ姿勢でだされる等尺性

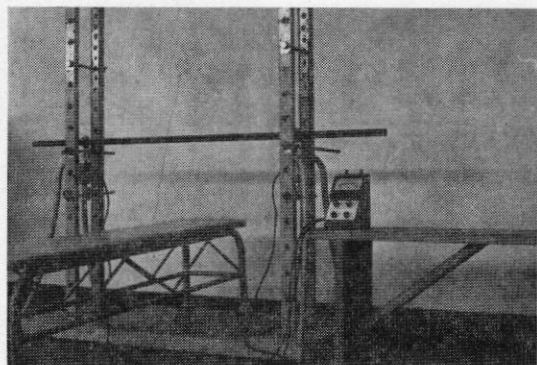
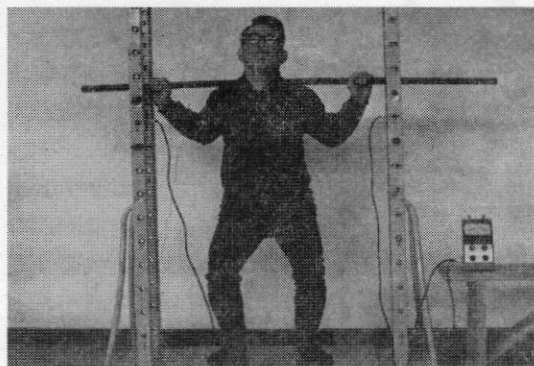
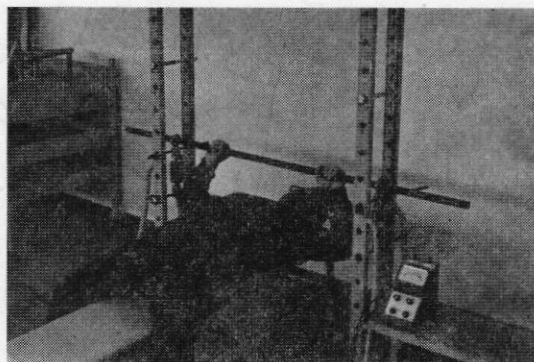


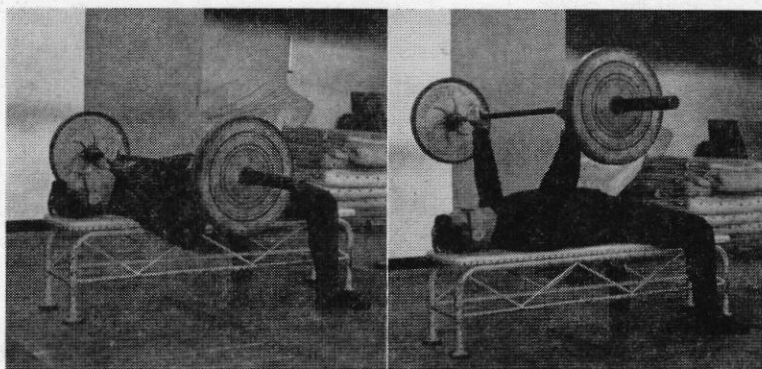
Fig. 1. Isometric rack and strain gauges ↑ dynamometer.

Fig. 2. Measurement of maximum static strength ↗ in two hands bench press.

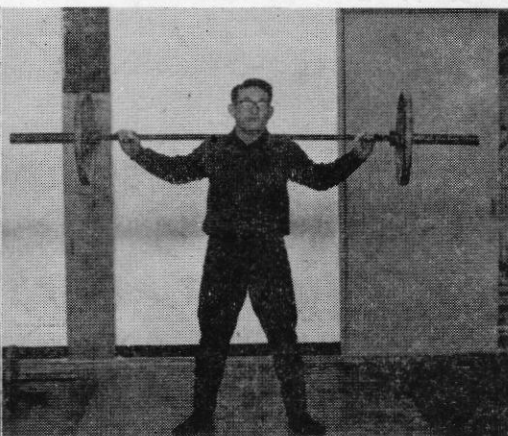
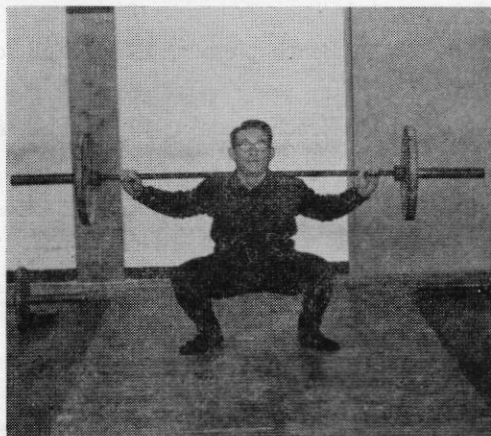
Fig. 3. Measurement of maximum static strength → in squat.



← Fig. 4. Measurement of maximum dynamic strength (1 R.M.) in bench press.



✓ Fig. 5. Measurement of maximum dynamic strength (1 R.M.) in squat.



筋力(図 2. 参照). b) Squat の姿勢でだされる等尺性筋力(図 3. 参照).

②等張力性筋力: パーベルを使って行う, Two hands bench press と Full squat とで1回のみ挙上可能な重量 (1 R.M.)(図 4. 5. 参照).

③動的筋持久力: トレーニングの前後の測定で行った Bench press による 1 R.M. 重量の $\frac{1}{3}$ を負荷して, Two hands bench press を 2 秒間に 1 回の割合で行ったときの最高繰り返し回数. トレーニング後は, トレーニング後の測定時の 1 R.M. 重量を基準にして, その $\frac{1}{3}$ 重量で実施した.

④右上腕囲: 八木氏法により計測. すなわち, 右腕を水平にまであげて, 力を入れて指先まで真直ぐにのぼし, 上腕三頭筋の最隆起部位をチェックする. そこで中指尖端からそのチェックまでの長さを測定記録し, 次いで手を水平にあげたまま力で抜いて, チェックの部位で上腕の周囲長を 0.2 cm 単位で計測した.

⑤垂直跳: 垂直跳板を使用し, 2 回実施してそのよい方をとった.

するという利点を備えている. E. F. Chui⁶⁾ の研究では, 等尺性筋収縮による筋力トレーニングと等張力性筋収縮による筋力トレーニングとによって獲得された筋力には有意の差はないと報告されている. 更に Petersen⁵⁾ の 1960 年の研究によれば, 静的トレーニングでの筋力増大効果は疑問があり, 動的トレーニングで反復回数を多くすることが筋力を増すのに効果があったという. 従って本研究では等張力性筋収縮を採用する動的筋力トレーニングを大学の正課一般体育実技で実施し, その効果を検討してみることにした.

筋力トレーニングの負荷の大きさについては, Müller や Hettinger^{6), 7)} の研究がある. それらによると, 筋力を増すには最大等尺性筋力の $\frac{1}{2}$ 以上の抵抗負荷を与えることが必要であるとしている. しかし動的筋力トレーニングの場合には, 一般に 10 R.M. 方法が採用されている. 10 R.M. の負荷重量は等張力性筋力 (1 R.M.) のほぼ $\frac{2}{3}$ から $\frac{4}{5}$ 程度に相当することが予備実験の結果わかった.

(1) 等尺性筋力について

結果と考察

従来筋力トレーニングの方法としては, 主として等張力性筋収縮によってトレーニングする場合, すなわち動的筋力トレーニングと, Hettinger らが奨めている等尺性筋収縮によってトレーニングする場合, すなわち静的筋力トレーニングとが考えられる. 等尺性筋収縮によるトレーニングは, 一般に短時間で筋力増大に大きな効果の現われることが報告されている^{2), 3)} が, 体育目標の 1 つである動ける体づくりという点から考えると, 少し問題があるようにおもわれる. 更に実技として実施する場合, 等尺性筋収縮によるトレーニングは, 比較的興味に乏しい欠点をもっている. これに対して等張力性筋収縮によるトレーニングは動きを伴うと共に, パーベルなどの器具を使えば重量負荷がはっきりしているので学生の興味を大いに喚起

Table 1. Static strength before and after training.

Items of measurement	Subj.	Before training m±σ	After training m±σ	Rate of increase (%)
Bench press position (kg)	Control	44.3±6.1	41.4±6.5	-6.6
	$\frac{1}{2}$	44.8±6.3	46.2±7.1	3.1
	$\frac{2}{3}$	44.2±4.0	47.6±5.0	7.7*
	$\frac{4}{5}$	44.3±6.0	49.5±6.8	11.7*
Squat position (kg)	Control	184.2±40.6	182.4±38.6	-1.0
	$\frac{1}{2}$	167.0±33.1	167.6±37.0	0.4
	$\frac{2}{3}$	161.4±27.1	165.1±27.3	2.3
	$\frac{4}{5}$	167.6±28.6	179.4±37.0	7.0

*: Significant beyond the 0.01 level.

表 1 の通り, 対照群が変化していないのに比べて, 実験群に増加がみられる. トレーニング前後を比較して, Bench press では $\frac{2}{3}$ 及び $\frac{4}{5}$ 群に 1% 水準の有意の増加がみられた. Bench press, Squat と重い負荷ほど増加が大きくなり, $\frac{4}{5}$ 群につ

いては Bench press で 11.7%, Squat で 7% の増加率に達した。

(2) 等張力性筋力について

表2の通り、対照群には増加はあらわれなかったのに対して、実験群はすべて1%水準の有意の増加がみられた。なお負荷が大きくなる程、等張力性筋力の増加が大きかった。

Bench press より Full squat の増加の方が大きかったが、この原因は Rash ら¹⁾ が述べているように、トレーニング種目の運動特性によるものとおもわれる。すなわち、Bench press は比較的全力がだせて、しかも技術的要素の介入する余地が少ないのに比べて、Full squat の方は全力がだし難い上に、技術的要素が多く介入するという特性をもっている。従って Full squat の増加の多くは技術的進歩、すなわち練習効果によるものではないかと考えられる。等尺性筋力で両者の増加率を比較してみると、Bench press の方の増加率

Table 2. Dynamic strength before and after training.

Items of measurement	Subj.	Before training m±σ	After training m±σ	Rate of increase (%)
Bench press (kg)	Control	45.2±7.1	43.5±5.1	-3.8
	1/2	44.5±5.1	48.5±3.6	9.0*
	2/3	45.2±5.6	48.5±5.2	7.3*
	4/5	46.4±8.1	53.1±10.6	14.4*
Full squat (kg)	Control	74.8±13.2	74.8±11.9	0
	1/2	65.0±4.0	75.3±7.1	15.8*
	2/3	66.8±8.4	78.0±13.6	16.8*
	4/5	65.0±3.4	81.7±10.4	25.8*

*: Significant beyond the 0.01 level.

がやや大きいことは、このことを立証しているようにおもわれる。すなわち、等尺性筋力には殆んど技術的要素は介入しないので、純粹の筋力増大を反映しているものとおもわれる。更に等尺性筋力に比べて等張力性筋力の増加が大きかったことは、トレーニングの方法に関係するもので、等張力性筋収縮の方法でトレーニングしたので、等張力性筋力の増加が大きくなったものであろう。この点に関して Berger⁹⁾ も同じ結果を報告してい

る。すなわち、「等尺性筋力は、等尺性筋力トレーニングで有意な効果があり、等張力性筋力は、等張力性筋力トレーニングによって一層有意に増加をした。」と述べている。更に Petersen ら⁹⁾ の1961年の研究でも、動的トレーニングで等尺性筋力は増加し難いことを報告している。

(3) 動的筋持久力について

Table 3. Dynamic muscular endurance (maximum repetitions) before and after training.

Subj.	Before training m±σ (times)	After training m±σ (times)	Rate of increase (%)
Control	53.8±7.3	57.1±5.8	6.1
1/2	59.3±10.1	73.3±14.2	23.6*
2/3	56.5±9.1	60.2±12.3	6.5
4/5	56.7±7.8	61.9±12.6	9.2

*: Significant beyond the 0.01 level.

表3にみられる通り、すべての群に増加がみられた。中でも 1/2 群はトレーニング前の動的筋持久力が最も高かったにも拘らず、最大の増加を示しており、1%水準で有意であった。動的筋持久力についてこの実験結果では、等張力性筋力の 1/2 重量の負荷でトレーニングした場合最大の効果があらわれており、2/3 や 4/5 のような大きな負荷になると 1/2 に比べて効果が低下する。軽い負荷ではその繰り返し回数が多くなる結果、動的筋持久力を増すものと考えられる。Vanderhoof ら¹⁰⁾ が述べて

いる、「動的トレーニングの反復は、持久性をも増大させる。」という説を肯定するものである。Petersen ら⁹⁾ の研究でも動的トレーニングで反復回数の多いもの程筋持久力の増加が著しいことを報告している。

以上の結果から、静的筋力、動的筋力、及び動的筋持久力については、一般に実験群は対照群に比べて増加が大きい。

(4) 右上腕囲について

Table 4. Girth of right upper arm before and after training

Subj.	Before training m±σ (cm)	After training m±σ (cm)	Rate of increase (%)
Control	24.7±1.8	24.9±1.5	0.8
1/2	24.2±1.2	25.5±1.4	5.4*
2/3	25.1±1.0	25.6±1.3	2.0*
4/5	24.3±1.4	24.9±1.7	2.5*

*: Significant beyond the 0.01 level.

表4にみられる如く、筋肥大をみるために行った右上腕囲については、すべてに増加の傾向がみられたが、その有意性について検討すると、実験群の増加は1%水準で有意であるのに対して、対照群の増加は有意ではなかった。実験群の間では負荷の大きさによる差が殆んどみられなかった。実験群の右上腕囲の増加は、筋力トレーニングによる筋肥大と考えられる。Rashら¹⁾も等張力性筋力トレーニングによって、筋肥大の起ることを報告している。

(5) 垂直跳について

Table 5. Vertical jumping ability before and after training

Subj.	Before training m±σ (cm)	After training m±σ (cm)	Rate of increase (%)
Control	57.7±5.5	59.3±5.7	2.8
1/2	53.1±3.9	56.5±4.4	6.4*
2/3	56.1±5.0	58.8±5.5	4.8*
4/5	56.3±5.8	60.2±5.5	6.9*

*: Significant beyond the 0.05 level.

*: Significant beyond the 0.01 level.

垂直跳の測定結果から、Full squat のトレーニングによる下肢伸展筋力の増加が、下肢伸展のパワーにどのような影響を及ぼしたかを検討してみた。下肢伸展筋力の増大は下肢伸展のパワーの指標と考えられる垂直跳の能力を増大させることが予測される。Berger¹¹⁾ は動的筋力トレーニングによって垂直跳の能力が向上することを報告している。しかし Ballら¹²⁾ は等尺性筋力トレーニングでは垂直跳能力は向上しないことを報告してい

る。われわれの実験では、表5にみられる通り、対照群ではトレーニング前後に垂直跳能力は有意に増加しなかったのに対して、実験群には有意の向上が認められた。しかしながら対照群はトレーニング前に比較的高い能力よりスタートしていること、及び実験群の中の 1/2 と 2/3 群とでは、トレーニング後も対照群を抜いて大きく増加していないことから、この場合には対照群に比較して実験群が特に垂直跳能力、パワーが向上すると速断するわけにはいかない。

結 論

1週1回だけの大学正課一般体育実技の中で、動的筋力トレーニングを実施した結果、

(1) 対照群に比較して等尺性筋力、等張力性筋力の増加が著しかった。

(2) 負荷の大きさによってその効果に差がみられ、重い負荷では筋力の増加により効果がみられ、4/5 の負荷で最大の効果がみられた。

(3) 1/2 程度の軽い負荷では動的筋持久力の向上により効果があらわれた。2/3, 5/4 といった大きい負荷ではその効果はすくなかった。

(4) 右上腕囲については、実験群のすべてに有意の増加がみられたが、負荷の大きさによる差は認められなかった。

(5) パワーの指標としてみた垂直跳については、その効果ははっきりしなかった。

以上から、一般に1週1回だけの大学正課一般体育実技でも、動的筋力トレーニングを実施することは有効であり、その際もし筋力をたかめようとするのであれば、負荷の大きいもので行う Low repetition system を採用し、動的筋持久力を増大させようとするのであれば、負荷の小さいもので行う High repetition system を行うようなプログラムを採用すると効果的であろう。

本研究ではセット数は2セットに限定して実施したが、セット数によっても効果に差のあることが予測されるし、更により重い負荷で行った場合が、今後の問題点として残されている。Berger¹³⁾ は1乃至2セットよりも3セット実施した方が筋力が有意に増加したことを報告しており、更に最近(1965年)¹⁴⁾ 動的筋力トレーニングで真の効果を

示す原因は 1 R.M. の負荷であると述べているので、今後もっと重い負荷で、もっとセット数を増やした場合のトレーニング効果についても調査研究を進めて行きたい。

文 献

1) Rash, P.J. and L.E. Morehouse: Effect of static and dynamic exercises on muscular strength and hypertrophy. *J. Appl. Physiol.*, 2, 29~34, 1957.

2) Müller, E.A.: The regulation of muscular strength. *J.A.P.M.R.*, 2, 41~47, 1957.

3) Hettinger, Th.: *Physiology of strength*. 1961. Thomas.

4) Chui, E.F.: Effect of isometric and dynamic weight-training exercises upon strength and speed of movement. *Res. Quart. A.A.H.P.E.R.*, 35, 246~257, 1964.

5) Petersen, F.B.: Muscle training by static, concentric and eccentric contractions. *Acta Physiol. Scand.*, 48, 406~416, 1960.

6) Hettinger, Th. und E.A. Müller: Muskelleistung und Muskeltraining. *Int. Z. angew. physiol. einschl. Arbeitsphysiol.*, 15, 111~126, 1953.

7) Müller, E.A. und Th. Hettinger: Der Verlauf der Zunahme der Muskelkraft nach

einem einmaligen Trainingsreiz. *Int. Z. angew. physiol. einschl. Arbeitsphysiol.*, 16, 184~191, 1956.

8) Berger, R.A.: Comparison of static and dynamic strength increases. *Res. Quart. A.A.H.P.E.R.*, 33, 329~333, 1962.

9) Petersen, F.B., Hans Grandal, Jørgen W. Hamen and Niels Hvid: The effect of varying the number of muscle contractions on dynamic muscle training. *Int. Z. angew. physiol. einschl. Arbeitsphysiol.*, 18, 468~473, 1961.

10) Vanderhoof, E.R., C.J. Imig, and H.M. Hines: Effect of muscle strength and endurance development on blood flow. *J. Appl. Physiol.*, 16, 873~877, 1961.

11) Berger, R.A.: Effects of dynamic and static training on vertical jumping ability. *Res. Quart. A.A.H.P.E.R.*, 34, 419~424, 1963.

12) Ball, J.R., G.Q. Rich, E.L. Wallis: Effects of isometric training on vertical jumping. *Res. Quart. A.A.H.P.E.R.*, 35, 231~235, 1963.

13) Berger, R.A.: Comparison between static training and various dynamic training program. *Res. Quart. A.A.H.P.E.R.*, 34, 131~135, 1963.

14) Berger, R.A.: Comparison of the effect of various weight-training loads on strength. *Res. Quart. A.A.H.P.E.R.*, 36, 141~146, 1965.

Table 2. Vertical jumping ability before and after training.

Subject	Before training (m) (cm)	After training (m) (cm)	Increases (m) (cm)
Control	67.7 ± 3.7	69.3 ± 3.7	1.6 ± 0.0
1	63.1 ± 3.0	65.2 ± 3.4	2.1 ± 0.4
2	62.1 ± 2.6	64.8 ± 2.6	2.7 ± 0.0
3	64.1 ± 2.8	66.2 ± 2.8	2.1 ± 0.0

* Significant beyond the 0.05 level.
 † Significant beyond the 0.01 level.

Effect of Dynamic Weight-training Exercises in the Regular Course of Physical Education in the University

by

KOICHI HIROTA, M D., MASAFUMI MATSUO

The purpose of this study was to reveal the effects of the dynamic weight-training exercises in the regular course of physical education in Tokyo university.

Subjects were 37 male students (experimental subjects) belonging to the body-building class, who had done this dynamic weight-training exercises, and 13 male students (control subjects) belonging to the track and field class, who had not undergone this training. Experimental subjects were divided into three groups and trained once weekly for seven weeks. The exercise was bench press and full squat consisted of prescribed as follows:

- (1) $\frac{1}{2}$ Group: trained in two sets with $\frac{1}{2}$ load of the 1 R.M.
- (2) $\frac{2}{3}$ Group: trained in two sets with $\frac{2}{3}$ load of the 1 R.M. squat.
- (3) $\frac{4}{5}$ Group: trained in two sets with $\frac{4}{5}$ load of the 1 R.M.

Items measured before and after training were

as follows:

- (1) Maximum static strength in bench press and squat position
- (2) Maximum dynamic strength in bench press and full squat (1 R.M.)
- (3) Dynamic muscular endurance: maximum repetitions in $\frac{1}{2}$ of the 1 R.M. in bench press.
- (4) Girth of right upper arm.
- (5) Vertical jumping ability.

Results were as follows:

- (1) Experimental group gained static and dynamic strength in bench press and squat. The improvement was greatest in the $\frac{4}{5}$ group.
- (2) The improvement in dynamic muscular endurance was greatest in the $\frac{1}{2}$ group.
- (3) The girth of right upper arm increased significantly beyond the 0.01 level in the experimental groups.
- (4) The change in vertical jumping ability was unintelligible.