

静的筋力トレーニングの効果に関する研究

広田 公一 丹羽 昇

筋力は人体の運動の原動力である。一般に筋力は大きいことが日常生活でも実際の競技の上でも有利である。そこで如何にしたら筋力をつけることができるかということが重要な問題となってくる。このことについて Hettinger と Müller は最近10数年にわたる研究で、合理的な静的筋力トレーニングの方法を打ちたてた。そこでわれわれは、この方法を日本人に適用した場合、同じような効果をもたらされるかどうかについての実験的研究をおこなった。

方 法

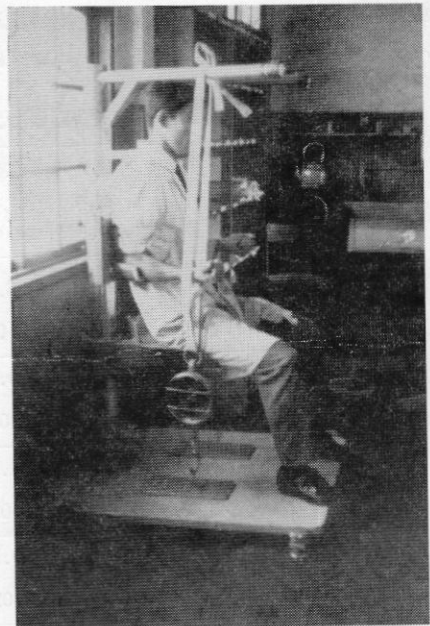
上腕屈筋力についてトレーニング効果をしらべた。Hettinger は実験の結果から筋肉はその長さが変われば発揮される筋力も異なるものであることを述べている。したがって筋力トレーニングをおこなう場合、関節の角度を規制する必要がある。

一般に最大筋力が出る関節角度でトレーニングをする方法が採用されているので、この角度について筋力をしらべた。著者の一人²⁾が上腕屈筋につき前腕の角度変化に伴う筋力の変化をしらべてみたところ、座位で10度間隔の等尺性の筋力を測定した結果では、90度の角度（前腕を上腕に対して直角にした角度）で最も大きい筋力が発揮されていることがわかった。そこでトレーニングに90度の角度を選んだ。

筋力トレーニングの強さ、時間、頻度に関しては、強さは右腕は最大の負荷（最大筋力）、左腕は最大筋力の $\frac{2}{3}$ の負荷とした。なお左腕については漸増的負荷の原理を適用し、2週間毎に最大筋力を測定し常に $\frac{2}{3}$ の負荷であるように調整した。牽引時間は左右とも6秒とした。トレーニング頻度はHettinger³⁾の1日に1回以上トレーニングし

てもその効果は1日1回の場合とかわらないという理論を適用し、1日1回とし週6日（日曜を除く毎日）のトレーニングを実施した。トレーニング期間は昭和42年9月の始めから11月末までの12週間である。

筋力トレーニング台は第1図の如くHettinger⁴⁾のトレーニング台にできるだけ近いものを作製した。被検者は第1図のように座位で上腕に対して前腕を直角に曲げた角度（90度）でトレーニングをした。牽引は巾4.5cmのベルトを手首にかけておこなった。毎回のトレーニングには右腕は置針をつけた100kgバランスを牽引し、最大に牽引した時に上腕と前腕が直角になるようにした。なおこの100kgバランスは筋力が40kg発揮された時に約1cmの長さの伸びがあった。左腕のトレーニングは最大筋力の $\frac{2}{3}$ のおもりを右腕と同



第1図 筋力トレーニング台
(肩と肘を固定)

第1表 被検者の年齢・体格・利腕・運動歴

項目 被検者	年齢	身長 cm	体重 kg	利腕	運動歴
T.K.	26才	166.0	60	右	大学でサッカー選手
T.S.	24	178.5	68	左	大学で野球選手
S.H.	22	168.0	60	右	大学で体操選手
N.N.	33	158.0	56	右	大学で剣道選手
M.M.	35	175.0	85	右	大学で陸上選手.....

現在週4日(1日3時間)ウェイト・トレーニング

現在体育教官。但し、系統的なトレーニングはおこなっていない。

じような直角の角度でつり下げてこれを保持させた。100 kg バランスを用いたのは破損したり力の変動が殆んどないからである。またバランスの重さ(4.5 kg)を発揮された筋力にプラスして正式の値とした。測定に当って牽引は瞬発的なものをさけ、じわじわと引張らせるようにした。足は台を突張らないように注意した。100 kg バランスの検定は2週間目の測定の都度おこなって正確を期した。

被検者は第1表の如く東大教養学部体育研究室の健康成人男子教官5名である。うちM.M.の1名は現在動的トレーニングをしているが、他の4名は大学で運動部に所属していたものの最近は殆んど運動をおこなっておらず大学の実技の指導はしているが、特に系統的な筋力トレーニングは全

くおこなっていないものである。

結果と考察

Hettinger⁹⁾の2週間に1回の筋力の発揮ではその効果は消失するという実験成績をとりあげて、そのトレーニング効果を知るために2週間毎に最大筋力の測定をおこなった。そしてトレーニング効果が殆んど見られなくなった時(但し、M.M.は除く)、すなわちトレーニングを開始してから12週間後にトレーニングを中止した。

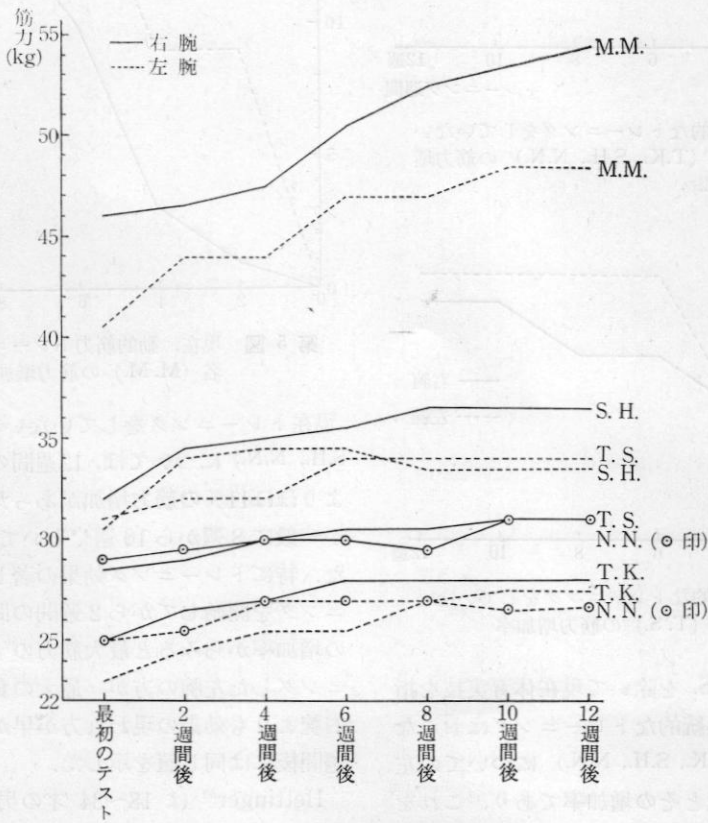
第2表は5名についての右腕の筋力とその増加率(最初のテスト時の筋力を1とした時の割合)を示したものである。第3表は左腕についてのものである。第2図は第2表第3表の筋力をグラフに示したものである。第4表はトレーニング中の

第2表 右腕(最大の負荷)の筋力増加とその増加率

被検者	項目	最テ初ス のト	二テ 週後 のト	四テ 週後 のト	六テ 週後 のト	八テ 週後 のト	十テ 週後 のト	十の 二テ 週後 のト
T.K.	筋力	25.0	26.5	27.0	28.0	28.0	28.0	28.0
	増加率	1.00	1.06	1.08	1.12	1.12	1.12	1.12
T.S.	筋力	28.5	29.0	30.0	30.5	30.5	31.0	31.0
	増加率	1.00	1.02	1.05	1.07	1.07	1.09	1.09
S.H.	筋力	32.0	34.5	35.0	35.5	36.5	36.5	36.5
	増加率	1.00	1.08	1.09	1.11	1.14	1.14	1.14
N.N.	筋力	29.0	29.5	30.0	30.0	29.5	31.0	31.0
	増加率	1.00	1.02	1.03	1.03	1.02	1.10	1.10
M.M.	筋力	46.0	46.5	47.5	50.5	52.5	53.0	54.5
	増加率	1.00	1.01	1.03	1.10	1.14	1.15	1.18

第3表 左腕(％の負荷)の筋力増加とその増加率

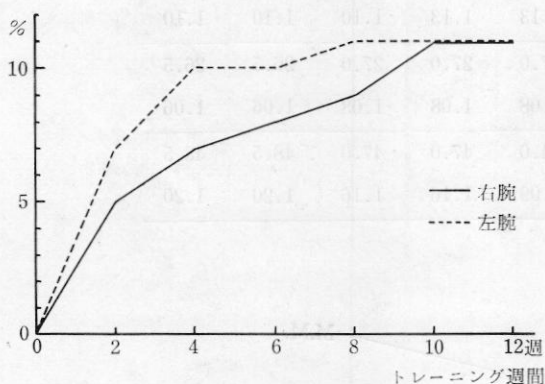
被検者	項目	最テ 初ス のト	二テ 週ス 後のト	四テ 週ス 後のト	六テ 週ス 後のト	八テ 週ス 後のト	十テ 週ス 後のト	十二テ 週ス 後のト
T.K.	筋力	23.0 ^{kg}	24.5	25.5	25.5	27.0	27.5	27.5
	増加率	1.00	1.04	1.07	1.08	1.08	1.10	1.10
T.S.	筋力	31.0	32.0	32.5	34.0	34.0	34.0	34.0
	増加率	1.00	1.03	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10
S.H.	筋力	30.5	34.0	34.5	34.5	33.5	33.5	33.5
	増加率	1.00	1.12	1.13	1.13	1.10	1.10	1.10
N.N.	筋力	25.0	25.5	27.0	27.0	27.0	26.5	26.5
	増加率	1.00	1.02	1.08	1.08	1.08	1.06	1.06
M.M.	筋力	40.5	44.0	44.0	47.0	47.0	48.5	48.5
	増加率	1.00	1.09	1.09	1.16	1.16	1.20	1.20



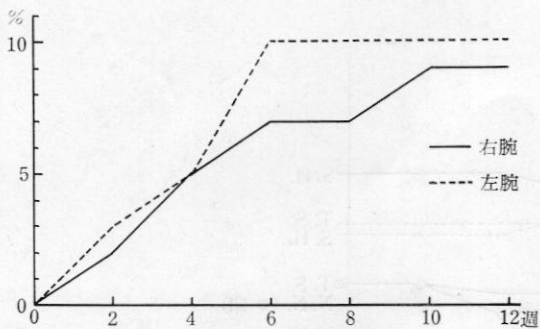
第2図 12週間のトレーニング効果
 (右腕: 最大の負荷でトレーニング
 左腕: 最大筋力の％の負荷でトレーニング)

第4表 現在系統的なトレーニングをしていない右利3名 (T.K., S.H., N.N.) の筋力増加の平均とその増加率

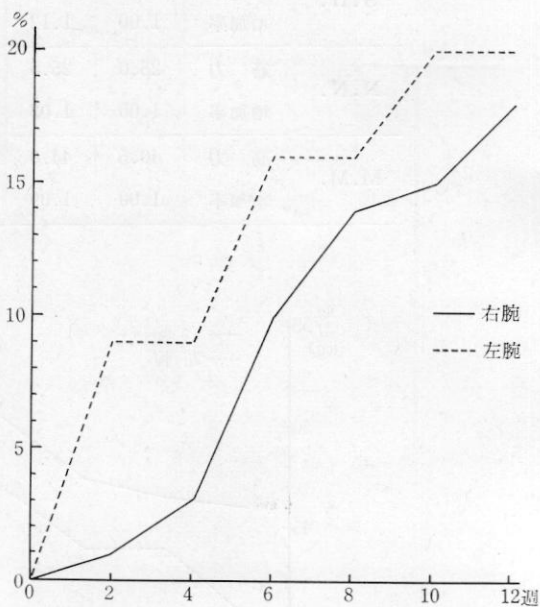
項	目	最テ 初ス のト	二テ 週ス のト	四テ 週ス のト	六テ 週ス のト	八テ 週ス のト	十テ 週ス のト	十の 二テ 週ス のト
右腕	筋力	28.7 ^{kg}	30.2	30.7	31.2	31.3	31.8	31.8
	割合	1.00	1.05	1.07	1.08	1.09	1.11	1.11
左腕	筋力	26.2	28.0	29.0	29.0	29.2	29.2	29.2
	割合	1.00	1.07	1.10	1.10	1.11	1.11	1.11



第3図 現在系統的なトレーニングをしていない右利3名 (T.K., S.H., N.N.) の筋力増加率の平均



第4図 現在系統的なトレーニングをしていない左利1名 (T.S.) の筋力増加率



第5図 現在、動的筋力トレーニング中の右利1名 (M.M.) の筋力増加率

現在トレーニングをしていない右利の3名 (T.K., S.H., N.N.) については、12週間のトレーニングによりほぼ11%の筋力増加があった。個人差はあるが一般に8週から10週ぐらいで Plateau に達した。特にトレーニング効果の著しい時期はトレーニングを開始してから2週間の間であった。筋力の増加率からみると最大筋力の $\frac{2}{3}$ の負荷でトレーニングした左腕の方が、最大の負荷でおこなった右腕よりも効果の現われ方が早かったが、10~12週間後には同じ値を示した。

Hettinger⁶⁾ は18~34才の男子102名に8.7週間のトレーニングを荷し、その結果では週平均1.5~2.0%のトレーニング効果を示した者が一番

M.M. と左利の T.S. を除いて現在体育実技を指導しているが特に系統的なトレーニングはおこなっていない3名 (T.K., S.H., N.N.) についての左右腕の筋力の平均値とその増加率であり、これをグラフに示したのが第3図である。第4図は T.S., 第5図は M.M. についての増加率である。

多かった。この期間のわれわれの成績では右利の現在トレーニングをしていない3名につき筋力がトレーニングにおける殆んど上限に達した8~10週までの増加率は週平均右腕1.1%、左腕1.5%であり、またT.S.は左利のために平均から除いてあるがトレーニングは右利の被検者と同じく右腕は最大負荷、左腕は最大筋力の $\frac{2}{3}$ の負荷でトレーニングをおこなってその増加率は、週平均右腕0.9%、左腕1.3%であった。これら4名の被検者の週平均の増加率をみるとHettingerの数値にくらべてやや低値を示している。トレーニングをしていないといっても4名の被検者は体育実技の指導に週8回たずさわっており、実技の中で少しは運動せざるをえないために、トレーニング効果が少ないのではないと思われる。また人によってトレーニング効果に多少違いがみられているが、Hettinger⁶⁾の成績でもトレーニング効果が殆んどみられなかったものから4%以上にも達したもののまであり、トレーニング効果に個人差が示されている。

現在動的筋力トレーニング(週4日、1日平均3時間)中のM.M.はトレーニングをしていない他の4名に比べてトレーニング効果が高い上に、12週間のトレーニング後もなお高まる傾向を示している。DarcusとSalter⁷⁾は動的トレーニングは最大等尺性筋力に進歩をもたらし、またPetersen⁸⁾は上腕屈筋力と膝伸展力についてしらべ、強い動的作業をおこなった場合、静的筋力が23%も増加したと報告している。M.M.はこの実験の静的筋力トレーニングをおこなうことによってパーペルをもって前腕を肩まで巻き上げる(Two Hands Slow Curl)動的な筋力トレーニングが容易にできるようにすると語っているが、この動的筋力トレーニングの効果が静的筋力トレーニングの効果の増加としてフィードバックしたのではないと思われる。M.M.についてトレーニングをこのまま続行していった場合、どの程度までその効果が高まっていくか興味深い。

Mateev⁹⁾は最大筋力でトレーニングした方が $\frac{2}{3}$ の筋力の発揮よりも一層筋力が発達すると主張しており、またRarickとLarsenもHettingerとMüllerによって奨導されている負荷より高い

水準でトレーニングすることによってより大きな筋力増大を得たという報告もあるが、われわれの例では右利の3名について右腕は最大筋力、左腕は最大筋力の $\frac{2}{3}$ の負荷のトレーニングをおこなった結果では、その効果は12週間後には殆んど同じレベルに達した。またHettinger¹⁰⁾は日常使われていない筋肉はtrainabilityが高いといっているが、3名は左腕が日常右腕ほど使用されていないにもかかわらず途中経過で左腕にやや筋力増加率が高い傾向はみられたものの最終的には左右腕とも同じレベルに到達しており、また左利のT.S.にみられるように右腕に最大負荷、左腕は $\frac{2}{3}$ の負荷にもかかわらず左右腕にも殆んど同じ筋力増加がみられているところから、われわれがおこなった1日1回6秒間の筋力を発揮するトレーニングでは最大および $\frac{2}{3}$ の負荷とも筋力増加に同じ効果がみられると結論される。

トレーニング効果をより高くすることは人間の体力増強の可能性を拡大することになる。それにはHettinger¹¹⁾は静的筋力トレーニングでは1日1回 $\frac{2}{3}$ 以上の負荷で6秒続ければ最大の効果を得るといっているが、Asa¹²⁾やRarick, Larsen¹³⁾¹⁴⁾の1日に何回も反復してトレーニングした方がはるかに効果が大きいという報告もあり、また先に述べたように動的筋力トレーニングと静的筋力トレーニングの組合せによって筋力増強に一層大きな効果をもたらされるという点などを勘案すると、筋力増強効果を最大に高めるトレーニング方法についてトレーニング時間、頻度および動的筋力トレーニングと静的筋力トレーニングの組合せなど再検討の必要がある。

結 論

頻度は1日1回週6日、持続時間6秒、強度は右腕が最大筋力の負荷、左腕は最大筋力の $\frac{2}{3}$ の負荷の条件で上腕屈筋につき12週間の漸増的負荷による静的筋力トレーニングをおこないその効果をしらべた。被検者は5名。座位で、筋力発揮の角度は前腕を上腕に対して90度の姿勢でおこなった。その結果次のことがわかった。

1. 一般に8~10週間位で筋力のトレーニング効果は殆んどみられなくなり、その時の筋力増加

率は最初の筋力のほぼ11%であった。なお、静的筋力トレーニングに動的筋力トレーニングが組合された被検者の例では、一層大きいトレーニング効果がみられた。

2. 負荷が右腕のように最大筋力の場合と左腕の最大筋力の $\frac{2}{3}$ の場合とでは、12週間後のトレーニング効果は同じであった。

おわりに、この研究に御協力下さった東大教養学部体育研究室の方々に深く敬意を表する次第である。

参考文献

- 1) 3) 5) Hettinger, Th.: Physiology of Strength, p. 13, p. 29, p. 26, 1961. Thomas.
- 2) 丹羽 昇: 関節角度からみた腕筋力, 体育学研究, 10, p. 190, 1964.
- 4) 6) Hettinger, Th.: Isometrisches Muskeltraining, p. 17, p. 77, 1964. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- 7) Darcus, H. D. and Salter, N.: The Effect

of Repeated Muscular Exertion on Muscle Strength. J. Physiol., 129, 325-336, 1955.

- 8) Petersen, F. B.: Muscle Training by Static, Concentric and Eccentric Contractions, Acta Physiol. Scand., 48, 406-416, 1960.
- 9) マッテーフ: 筋力, スピード, 持久性の発達について, オリンピア, No. 2, p. 106-113, 1960.
- 10) 11) ヘティンガー: 競技のための力づくり, オリンピア, No. 9, p. 350-357, 1961.
- 12) Asa, H.: Effect of Isotonic and Isometric Exercises upon the Strength of Muscle, Physiology of Muscular Activity, p. 36, 1959. Saunders.
- 13) Rarick, G.L. and Larsen, G.L.: The Effect of Variations in the Intensity and Frequency of Isometric Muscular Effort on the Development of Static Muscular Strength in Pre-Pubescent Males, Arbeit Physiol., 18, 13-21, 1959.
- 14) Rarick, G. L. and Larsen, G. L.: Observations on Frequency and Intensity of Isometric Muscular Effort in Developing Static Muscular Strength in Post-Pubescent Males, Res. Quart. A.A.H.P.E.R., 29, 333-341, 1958.

Study on the Effect of Static Muscle Training

by

KOICHI HIROTA M. D., NOBORU NIWA

The effect of static muscle training with a progressive load in the upperarm flexor was determined. Daily training of 6 sec duration with the tension of the maximum load to the right arm and the $\frac{2}{3}$ maximum to the left was continued for 12 weeks except Sundays. 5 subjects were tested in a sitting position as they exerted their maximum strength of the flexor keeping forearm 90° against the upperarm.

The following results were obtained :

1. Generally, the training became ineffective during 8 to 10 weeks and the increasing strength ratio was estimated as about 11% of the initial value. Our example showed that combining both static and dynamic trainings by a better training result may be expected.

2. The same training effect, in 12 weeks, was observed in the left arm by the $\frac{2}{3}$ maximum load as in the right in which the maximum load was administered.