

昭和44年度日本体育協会スポーツ  
科学研究報告 NO. I

—上腕屈筋群に及ぼす Eccentric  
Training の効果

財団法人 日本体育協会  
スポーツ科学委員会



# 上腕屈筋群に及ぼす Eccentric Training の効果

スポーツ科学研究委員会  
体カトレーニング小委員委員  
小野三嗣・窪田 登

## I 緒 言

筋力 training の方法としては、一応原理的に dynamic training と static training にわけて考えることができる。そして static training の効果については、主として training 経済論的立場から Hettinger,<sup>6)</sup> Muller,<sup>9)</sup> Vanderhoof,<sup>7)</sup> Rich<sup>8)</sup> 等の報告がみられる。

これに対して dynamic training については、被験者の、被験時最大筋力の何%重量を負荷として用いるかという、負荷の重量の相違による concentric training という範疇に属するものから、逆負荷或いは過大負荷によるものまでが含まれる。負荷重量の大きさという点から考える場合は、理論的に負荷量 0% から 100% までという Concentric training の延長線に、マイナス水準の逆負荷と 100% 以上という過大負荷が接続し得るとし、training 効果はこれらにより本質的な差を示さないという立場もあり得るかもしれないが、少なくとも生理学的ではない。逆負荷はたとえば筋の反復収縮速度の(随意運動としての)限界をこえ、追従できない速さで反復運動を強制する(電動式自転車などの機械的牽引による)という形であるから、いわゆる随意運動でないという明瞭な差がある。これに対して過大負荷の場合は、その時点における最大筋力の限界をこえた負荷がかけられるのであるから、負荷を引き寄せようとする最大努力に抗して筋が伸展されることになる。即ち収縮しながら筋が伸展されているという、いわゆる Eccentric contraction の状態になる。随意運動であるという点では Concentric に近いが、passive という点では逆負荷の状態に似ることになる。

このように筋収縮と筋力発揮とが特殊な関係に

ある Eccentric な training が static strength 及び static endurance に如何なる影響を与えるかについて実験を行った。

## II 被験者及び方法

被験者は次の如く健康なる青年男女それぞれ 3 名づつである。

表 1

氏名	性	年齢	専 門	運 動 経 験
F. N.	♂	29	体 育	バスケットボール 15年
M. Y.	♂	23	体 育	ハンドボール 4年
T. Y.	♂	23	体 育	バスケットボール 7年
A. H.	♀	23	教 育	舞踊 3年
A. J.	♀	23	体 育	舞踊 4年
I. M.	♀	23	家 庭	運動部の経験なし

ただしいずれも大学院在学中であり、少なくとも最近 1 年以上、特に筋肉トレーニングの効果が期待できるような強い運動を行っていない。

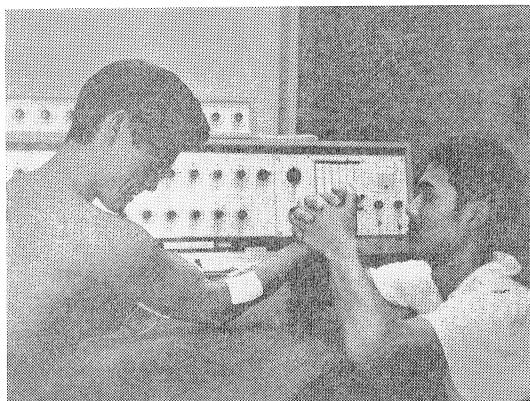


写真 1 Eccentric training の実施要領

トレーニング期間は昭和44年8月15日から10月17日までの9週間である。

トレーニングの部位はどれも右上腕屈筋群であり、方法は人力により肘関節を Eccentric に押し開くという手段によったものである。即ち写真1に示すように、肘を机の上にのせ、肘関節を90°に開く、実験者は被トレーニング者の右手頸部を両手で握り135°までの45°を開くのに9秒間で達するようにする。勿論この際被験者は最大筋力を発揮して、この押し開きの外力に抵抗するのである。このトレーニングは毎日1回実施された。

測定項目は身長、体重、胸囲及び左右の上腕屈曲囲、伸展囲、前腕囲、手頸囲、上肢長、前腕長、手長、上腕皮脂厚、前腕皮脂厚のほか肘関節90°、135°の状態での静的最大筋力ならびに静的持久力で

ある。静的持久力は男子は12kg、女子は10kgの重量を肘関節を110°に開いた位置で荷重しこれをそのままの角度を維持し得る時間であらわした。そのほか Schwab 変法による上肢計測（方法は前報参照<sup>1)</sup>）も行った。

身長、胸囲、手頸囲上肢長、前腕長、手長は実験開始時のみ、筋持久力は開始時と終了時の2回、その他の項目は毎週1回測定を行った。ただし Schwab は開始時、終了時のほか実験開始後30日目の3回行った。

表2

氏名	身長cm	胸囲cm	手頸囲cm	上肢長cm	前腕長cm	手長cm
F. N.	174.0	86.4	右 19.0	68.8	44.5	16.6
			左 18.9	68.8	44.1	16.2
M. Y.	161.0	85.6	右 15.8	64.9	41.4	17.2
			左 15.0	64.8	41.1	17.5
T. Y.	170.2	86.8	右 18.4	69.1	43.7	18.4
			左 18.5	68.3	44.0	18.5
A. H.	158.5	79.2	右 14.6	63.9	40.9	17.2
			左 14.6	64.0	41.3	17.4
A. J.	161.8	82.0	右 13.5	68.0	42.7	17.5
			左 13.5	67.6	41.8	17.4
I. M.	152.5	76.0	右 14.1	63.3	40.5	16.9
			左 14.1	62.5	40.2	17.0

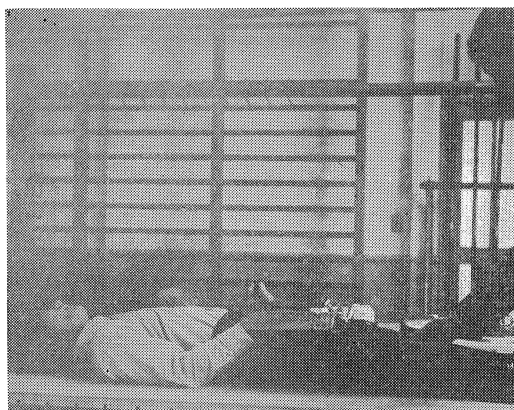


写真2 静的最大筋力及び静的持久力の測定

### III 結 果

身長、胸囲、手頸囲、上肢長、前腕長、手長は上記の通りである。(表2)

上腕囲、前腕囲、皮脂厚については表3(後掲)にまとめた。

上腕囲では、男子の場合左右ともに屈曲囲が僅かに増加したが、伸展面では変化がない。女子では反対に屈曲囲では変化がはっきりしないが、伸展囲に増加が認められた。

トレーニング終了時の周囲値から、トレーニング開始時の周囲値を引いたその差の、開始時の周囲値に対する百分率であらわしたものを増加率とした場合、結果は表4のとおりである。

表4 周囲値の増加率(%)

	右伸展囲	左伸展囲	右屈曲囲	左屈曲囲
男子	1.98	2.89	4.78	5.03
女子	6.25	6.34	2.95	2.62

前腕囲では男女ともに、左右のどちらにも有意の変化を示さなかった。

皮脂厚は前腕には変化がないが、上腕では男女ともに少々減少するような傾向が認められた。

トレーニング開始後の静的筋力の経過は表5及

Table 3 upper arm girth forearm girth and skinfold

		Start	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Male	upper arm girth										
	right flex.	29.3	29.3	29.6	30.0	29.8	30.1	30.3	30.4	30.5	30.7
	ext.	25.3	25.5	25.4	25.6	25.5	25.2	25.7	25.6	25.7	25.8
	left flex.	27.8	28.0	28.2	28.4	28.5	28.7	28.7	28.9	29.0	29.2
	ext.	24.2	24.2	24.3	24.5	24.6	24.6	24.7	24.8	24.9	24.9
	forearm girth right	25.3	25.3	25.4	25.5	25.4	25.6	25.7	25.8	25.7	25.9
	left	24.3	24.3	24.6	24.5	24.5	24.6	24.5	24.7	24.5	24.6
	Skinfold										
	upper arm	4.7	4.5	4.5	4.3	4.1	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7
forearm	2.5	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5	2.5	2.3	2.3	
Female	upper arm girth										
	right flex.	23.7	23.7	23.8	23.9	24.0	24.0	24.1	24.0	24.2	24.4
	ext.	20.8	21.0	21.3	21.2	21.3	21.5	21.6	21.8	21.9	22.1
	left flex.	22.9	23.0	23.2	23.3	23.2	23.4	23.3	23.5	23.5	23.5
	ext.	20.5	20.7	20.8	21.1	21.1	21.2	21.3	21.4	21.6	21.8
	forearm girth right	21.6	21.4	21.5	21.6	21.7	21.4	21.5	21.6	21.5	21.6
	left	20.6	20.6	20.7	20.6	20.7	20.7	20.8	20.9	20.8	21.0
	skinfold										
	upper arm	13.0	11.3	11.3	11.7	11.7	11.0	11.0	11.0	10.7	10.7
forearm	4.0	3.3	4.0	3.3	3.3	3.3	4.0	4.0	3.3	4.0	

表 5

		Start	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increased ratio
Male	90°	30.3	30.8	32.3	31.5	32.5	32.7	31.0	32.3	31.0	31.3	2.6%
	135°	32.3	37.2	39.3	37.4	38.5	36.7	39.5	41.5	43.3	46.2	43.0%
Female	90°	16.0	17.2	17.5	17.6	17.3	17.7	16.5	17.9	18.3	18.5	15.6%
	135°	18.0	21.8	21.2	23.3	24.7	23.0	20.6	25.0	24.9	26.3	46.1%

び図 1 に示したが、男女両者に共通する点は、肘 屈曲位における方に効果が強くあらわれている点  
 関節90°屈曲位におけるよりも、遙かに多く135° である。135°点における男子の屈筋力増加率は週

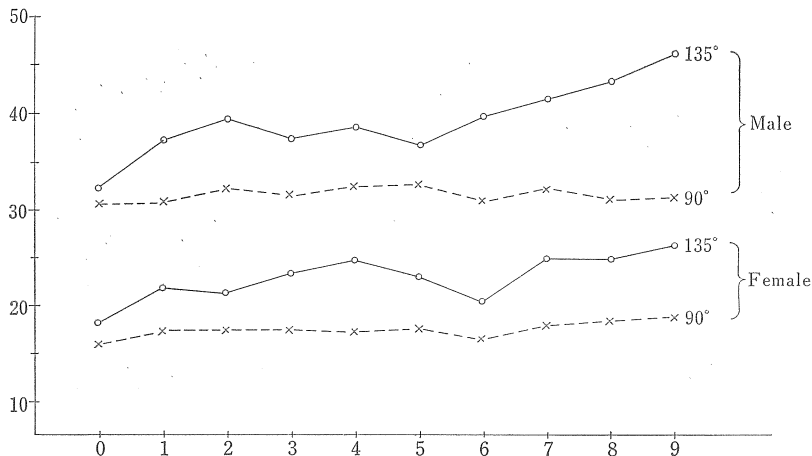


Fig. 1 The variations of static strength by eccentric training

Table 6 Comparison between absolute endurance of starting and ending time.

Item Name	Start		Final	
	endurance	relative weight	endurance	relative weight
F. N.	47.8 sec	33.3%	71.1 sec	26.7%
M. Y.	29.9 sec	38.8%	28.8 sec	30.3%
T. Y.	33.5 sec	44.0%	40.1 sec	37.7%
Mean	37.1 sec	38.7%	46.7 sec	31.6%
A. H.	15.1 sec	48.3%	26.0 sec	47.5%
A. J.	4.7 sec	66.7%	14.8 sec	43.5%
I. M.	11.2 sec	65.6%	7.9 sec	43.5%
Mean	10.3 sec	60.2%	16.2 sec	44.6%

あたり5.06%, 女子のそれは5.42%であった。しかし90°点においては男子ではトレーニング効果をみとめず, 女子では, 全トレーニング期間について開始時の15.6%の筋力増強が観察されたにすぎない。即ち週あたりでは約1.4%で, 135°点におけるものより極めて少い。

肘関節110°屈曲位における絶対的静的持久力(男子は12kg, 女子は10kgの荷重に対して行った)についての成績を平均的に示せば, 実験開始時のそれは男子で38.7%重量に対し38.1秒間持ちこたえられたものが, 筋力増強によって31.6%重量に対する効果ということになったが46.7秒間持ちこたえられるようになっており, 25.9%の延長が認められたことになる。これに対して女性では頭初60.2%重量に対し10.3%秒であったものが終期では44.6%重量に対し16.2秒と, 約57.2%ののびがみられた。

即ち比較的には女子の方に強く持久力増強効果がみられた。しかし個々例については男女双方に1例づつ, 明らかに静的瞬発最大筋力は増加しているのかえって, 持久力が低下したという例を含んでおり, にわかに結論をもとめることはできない。

Schwab 変法による計測結果は次の通りであつ

Table 7 Schwab's Measurements

Male		A	B	C	D	E
	1	16.9	22.2	26.3	24.2	28.1
2	16.8	22.4	26.4	24.1	28.5	
3	16.7	22.3	26.2	24.1	28.8	
Female	1	15.2	18.7	22.4	20.8	24.3
	2	14.9	18.5	22.2	20.8	24.5
	3	15.1	18.4	22.2	20.6	24.6

1. start 2. 3rd day 3. Final start

て一定の有意の所見はない。

## IV 考 察

筋肉に対するトレーニング効果を判定し, その優劣を比較しようとする時, 厳密には全く同じ個体の同時限における同じ部位に対するものでなければならぬのは理の当然である。しかし現実には不可能である。何となれば2つの異ったトレーニング条件を同一人の同一肢に同時に与えて, その結果を分離して引き出すことはできないからである。同一被検者の同一肢を用いても, 先行するトレーニング経験は, 後に負荷されるトレーニングの効果に影響を与える。左右の同名肢を2つの異ったトレーニングの対象とする場合, 決して対称でないということのほかに, 交叉トレーニング効果も考慮しなければならない。

いわんや異った個体を用いてのトレーニング効果を比較する場合は, たとえ人種, 性, 年齢が同一であり, 同体格の被検者を選定しても, その個体の運動トレーニングの経験, 栄養条件, 出生地, 出生年月, 生活環境まで同一の者まで揃えることは殆んど不可能である。従って如何に実験条件を同一にしても, その効果が異ってくるのがむしろ当然と考えるべきである。たとえば筆者が報告した大腿伸筋群に対する静的, 動的のトレーニング効果の異同を考えてみても, ほぼ同年令層の体育専攻科学生の異った2群に対して, 年代は異にするが季節, 期間, 負荷条件などの方法は同じとしたトレーニングを行ったのに, その効果には極めて大きな差違が示されている<sup>1)2)</sup>。

従って, 今回我々がここで行った Eccentric training が他の動的, 或いは静的のトレーニングと比較して, 特にすぐれた方法であると断定するためには, できるだけ上述のように被検者, トレーニング条件の近似したものによって行わなければならない。

しかし現在まで諸文献を渉猟した結果, 該当するものを見出すことができなかった。そこで次善のものとして, 筆者が報告した<sup>3)</sup>上腕屈筋群に対する動的トレーニング, 中西等<sup>4)</sup>が報告した同筋群に対する静的トレーニングに示された結果と比較考察することにする。

る。

筆者等が行った動的トレーニングでは、最大上腕屈筋力の約80%に相当する重量を4秒1回のテンポでオールアウトに及ぶまでを毎日行うことによって、17日間ではほぼ34%の静的上腕屈筋力の増大をみている。即ち週あたりほぼ14%の増加率であった。しかし同一期間のトレーニングでも、負荷が70%以内では殆んど効果がなかった。

中西等の行った上腕屈筋群に対する静的トレーニングの効果は20週間で約5.2%、1週あたり2.6%であると言っている。しかしその効果のあらわれ方は最初が急勾配で、後期ほど上昇率が停下、平低化する傾向を持っているので、最初の6週ぐらいまでとしてみると週あたり約4.8%と相当高水準の上昇率を示している。尚この実験では男女ともほぼ同軌を示し差が無いと言っている。

今回の Eccentric training では、全期間9週間に對して135°における静的屈腕力の方に男子は第2週、女子は第4週まで漸増、その後低下して男子は第5週、女子は第6週より再上昇して終期を迎えるという二相性変化を示したが、平均的にみた傾向としては、むしろ初期上昇は少く、終期ほど上昇率が高くなるように見受けられた。通算での上昇率は1週あたり男子約5.1%、女子約5.4%となっている。

ここにあげられた数値を最も単純に比較した場合は、静的、Eccentric、動的の順に効果が著しいことになる。

もっともこの動的トレーニングの効果については3週間たらずという短期のためという見方も成り立たないわけではないが、筆者等が前報にあげた大腿伸筋群トレーニングの場合4週間について1週あたり12.4%及び24.0%という成績をあげており、それに先行する同一被検者による静的トレーニングの2.7%~4.1%より遙かに上廻っていた事実から上腕屈筋群でも、静的最大筋力を検査指標として見る限り、おそらく動的トレーニングが最もすぐれた効果をあらわすものと考えてよいのではないだろうか。

ただ中西等の行った静的トレーニングの1回所要時間1~6分、筆者等が行った動的トレーニング時間30秒~2分に比較して、今回の Eccentric training の毎日1回の所要時間が9秒間しかすぎ

なかった点も考慮しなければならない。これを数回或いは数十回反復し1日のトレーニング時間を30秒ぐらいから数分まで増加させた場合、いかなる結果を生むか予断を許さない。

しかし Hettinger<sup>5)</sup> によれば静的トレーニングでは最大収縮ならば1~2秒、最大の2/3筋力程度でも4~6秒、1日1回のトレーニングを行うだけで最大の効果が得られ、それ以上の時間或いは反復回数増加は無駄であると言っており、そのようなトレーニングを行った上腕屈筋力に対するトレーニング効果として204名の被検者で1週あたり1.79%±1.20% (変動範囲0.~5.0%) と報じている成績を前記中西等の男女6名による平均増加週あたり2.6% (相当の変動あり) と比較して大差がない。言いかえれば1日1回数秒間のトレーニングで足りるとする Hettinger の所論がある程度信憑性をもつものと言えそうである。その故にこそ今回のトレーニングを一応、1日1回9秒の所要時間として計画したのであるが、いづれにせよ、さらに所要時間、或いは反復回数増加したトレーニングを行った上でないと明かな結論は出せない。

肘関節角度90°から135°に到る45°間について行った Eccentric training 効果について、静的最大筋力を指標としてみる限り、男女とも90°屈曲位のそれには殆んど変化があらわれず、135°屈曲位の方に著しい筋力増加がみられたという事実は、Gardner<sup>6)</sup> の言う「静的トレーニングにみられる特定関節角部位特性」を示唆するものであり、その限りでは Eccentric training の効果は、むしろその運動終末点に対する静的トレーニング効果に類同のものであるのかもしれない。

結論はさらに実験を重ねた上でだすとしても、少なくとも現段階では一応 Gardner が示唆しているように、静的トレーニング及び Eccentric training は最大の効果が期待できる関節角の±20°前後以内のところの最重点がある ballistic-type movements のためのトレーニング方法として採用してみるべきで、可動範囲45°以上に及ぶ全行程が重要な意味を持つ種目のトレーニングに取り入れることは時期尚早と考えたい。

なお静的持久力に対する影響としては男性の場合、頭初最大筋力の38.7%重量に対し37.1秒間堪

えられたものが、トレーニングによって最大筋力が増加し、結果的に31.6%重量になったのであるから、かりに百分率の1.5乗の逆数に比例して持続時間が増加するとしても、ほぼ50秒となるはずであり、46.7秒では効果があったとは言えない。女子の場合は60.2%重量で10.3秒であったのが、44.6%で16.2秒となったのであるから、同じく百分率の1.5乗の逆数に比例するとして16.3秒となり、ほぼひとしい。

負荷重量を軽減した場合の、持久時間増加の割合は少くとも指数函数的に増加すると考えられているが、単なる逆数計算からした時のみ、僅かな優位をみとめるだけであるので、静的持久力は増加しなかったものと考えたい。

また上腕周囲値としては、男子は左右とも伸展囲に変化なく、屈曲囲が少々増加、女子は屈曲囲に変化なく伸展囲が少しく増加したような成績を得たが、Schwab 変法による測定には全く変化を認めなかったもので、静的筋力の増加にもかかわらず、まず周囲値は殆んど変化しなかったものと思われる。ただし皮脂厚はやや減少したと認められるので、結果的に若干の筋肥大はあったものと考えられることも可能である。

## V 摘 要

健康な青年男女それぞれ3名宛の右上腕に対し、1日1回9秒間づつ、肘関節角度90°から135°までのEccentric trainingを9週間行った結果次のような成績を得た。

1) 肘関節角度90°の静的筋力は殆んど変化しなかったが、135°の静的筋力は男子で1週あたり約5.1%、女子で約5.4%増加した。

2) 静的持久力は増加したとは認めがたい。

3) 上腕屈筋力の増加を、上腕の形態的变化から確認できるような成績は得られなかった。

## 参 考 文 献

- 1) 小野三嗣 筋力トレーニング効果のあらわれ方の異同について 体育学研究 12, (4), 260, 昭和43年
- 2) 小野三嗣 垂直跳に対する大腿伸筋群トレー

ニング効果の再検討 第23回日本体力医学会総会 昭和44年

- 3) 小野三嗣ほか 静的 training と動的 training の効果比較 体力科学 14, (1), 9 昭和40年
- 4) 中西光雄ほか 静的筋力トレーニングが動的筋力及び筋持久力に与える影響について 体育の科学 13, (1), 10 昭和37年
- 5) T. Hettinger; Physiology of strength; Charles C. Thomas (1961)
- 6) G. W. Gardner; Specificity of Strength Changes of Exercised and Nonexercised Limb Following Isometric Training.; Res, Quast, 34, (1), 98 (1962)
- 7) E. R. Vandelhoof et al; Effect of Muscle Strength and Endurance Development on Blood Flow.; J. Appl. Physiol 16, (5), 873 (1961)
- 8) G. Q. Rich et al; Effects of Isometric Training on Strength and Transfer of Effect to Untrained Antagonists; J. Sports Med. and Phys. Fit. 4, 217, (1964)
- 9) E. A. Muller; Training Muscle Strength Ergonomics 2, 216, (1959)