

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

日本体育協会スポーツ科学研究室
スポーツ科学研究委員 中西 光 雄
共同研究者 寄金義紀，伊藤幸子

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

日本体育協会スポーツ科学研究室

スポーツ科学研究委員 中西 光雄

共同研究者 寄金義紀, 伊藤幸子

スポーツ運動を行なう上にその人の筋肉が優れているか劣っているか、といった判定をする場合、ただその筋肉（又は筋肉群）の静的筋力のみを測定し判定しようとするのは、しばしば大きなあやまちをおかす結果となる。というのは、スポーツ運動で要求される筋の力（又は能力）は、そのような静的な等尺性の力だけでなく、動的なスピードをもった力とか、長時間持続して発揮されるような力（持久力）である場合が多いからである。例えば腕伸展力（静的筋力）がいくら強くても、それら筋肉群の内部抵抗が大であったり、拮抗筋群の弛緩が不完全であれば、砲丸を遠くまで投げることは出来ない。すなわち動的筋力が劣っているからである。また脚伸展力（静的筋力）がいくら強くても、それが持久力を伴わないのであれば、マラソン選手の脚筋としては不適當なことになる。このように筋肉の優劣は、その判定基準がスポーツの特殊性に応じて異ってくるため、いわゆる静的筋力のみでは判定出来ない場合がある訳である。

そこで筆者は、少なくとも次の4種類の筋力測定を同一の筋又は筋群について行ない、それらの結果からその筋肉の優劣を総合的に判定する、という方式を推奨する訳である。

筋の能力 (広義の筋力)	瞬発的な力	静的筋力……………(1)
		(狭義の筋力)
	持久的な力	動的筋力……………(2)
		静的持久力……………(3)
		動的持久力……………(4)

以下にこれら4種類の筋力測定の方法及び2, 3

3の結果を腕の筋を例にあげて記述し、それから「静的筋力トレーニングの影響」という本題に入ることにする。

1) 静的筋力……………これは握力、背筋力などで一般に代表されている。いわゆる筋肉の等尺性最大張力である。したがって厳密には筋肉の長さを変えないで最大張力を発揮させ測定されなければならない。従来使われている筋力計の多くは、スプリングバランス方式のものであり、どうしても多少筋肉が短縮するきらいがある。その点ケーブルテンシオメーターやストレングージ方式の計器を使えば、より理想的な状態で測定することが出来る。図1に示すものは筆者の研究室で行なっている屈腕力測定の方法である。

図1 上腕を水平に台の上にせ、胸を台の端に密着せしめ、肘を直角に曲げた状態で把手を握り、牽引する。ワイヤの長さは調節することが出来る。計器は握力計を改造したものである。

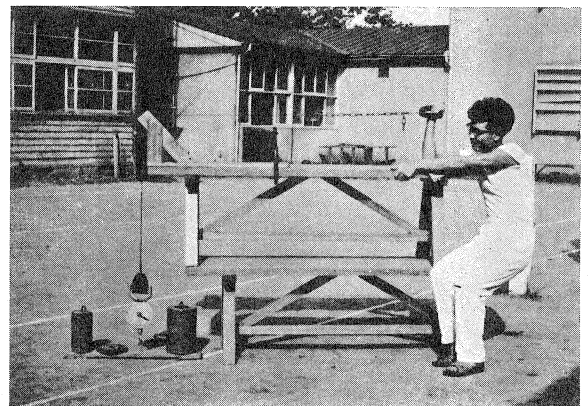


図2 静的腕力の比較 被検者はすべてオリンピック強化選手であり、昭和36年度に測定された結果をまとめたものである。

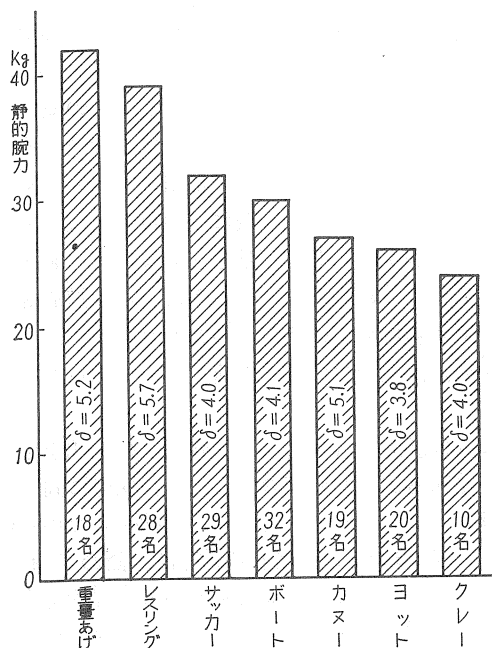
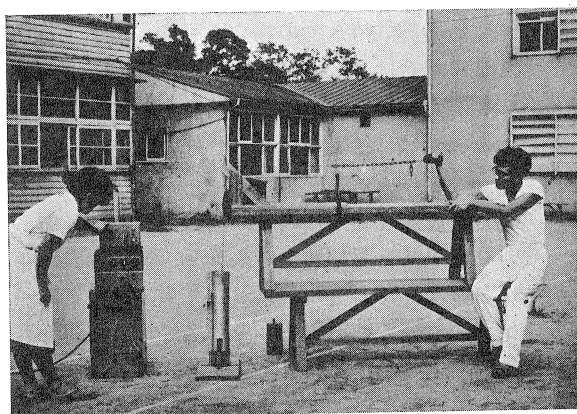


図2はこの方法で測定された屈腕力の平均値をスポーツ種目別に示したものである。

2) 動的筋力……これは等張性の最大収縮平均速度で表わされるもので、具体的には一定の負荷を一定方向に一定距離だけ出来るだけ速やかに移

図3 4 kgの重りを垂直方向に20cm引き上げるのに要する時間をエレクトロニックカウンターで測定する。



動せしめ、その時の所要時間を測定して求められる。図3はそのような原理にもとづいて腕の動的筋力を測定している写真である。

この際の負荷量は、その時の静的腕力の $\frac{1}{2}$ あるいは $\frac{1}{3}$ というふうに決める場合と、常に一定重量 (写真では4 kg) に限定して行なう場合とがある。後者の場合、重りの重量を決定する基準というものはないが、大体被測定者群の示す静的腕力の平均値の $\frac{1}{3}$ 程度がよいようである。筆者が特に4 kgを選んだのは、女子の平均腕力が ≈ 12 kgであったこと、女子の砲丸重量が丁度4 kgである、という2つの理由からである。重りの引き上げ距離も一定の基準があるわけではないが、一応20cmと決めたのは、前腕の長さとの関係で距離がそれ以上長くなると、特に女子の場合、肘関節を60度以上も屈曲せねばならなくなるため、牽引中屈筋群にかゝる力が角度に応じて極端に変わり、均等な力を発揮することが出来なくなる、という理由からである。

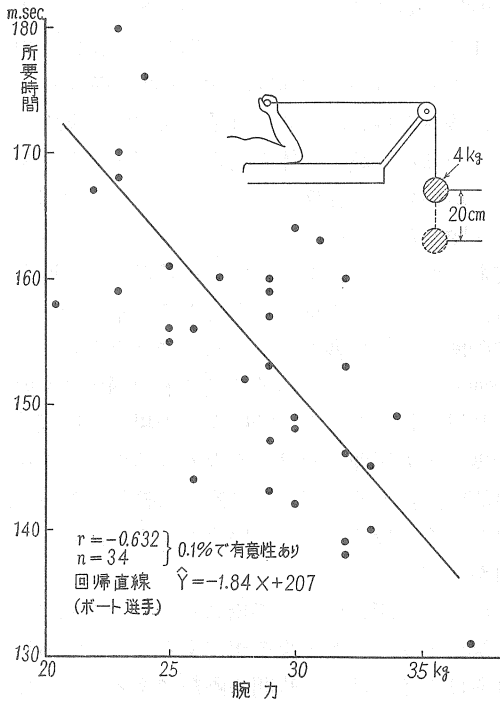
このような測定値から平均スピードや平均パワーを算出することが出来る訳であるが、要するにそれらは引き上げ所要時間の函数であるから、所要時間そのものから直接動的筋力をうかがうことが出来る。図4はそのような理由から、静的屈腕力と動的屈腕力 (引き上げ所要時間) との相関をみたものである。

すなわち静的屈腕力の大きな者ほど、引き上げ所要時間は短い (動的屈腕力が大きい) 傾向がある、という結果をみた訳である。このことは次のような理論式からもうなずける。

$$F = \frac{C}{t^2} \quad \text{但し} \begin{cases} F \dots\dots\dots \text{力} \\ t \dots\dots\dots \text{引き上げ所要時間} \\ C \dots\dots\dots \text{定数} \\ \text{(負荷量と距離が関係する)} \end{cases}$$

このように両者の間に高い相関が認められる訳であるが、実際には静的筋力は同じであっても動的筋力 (引き上げ所要時間) になおかなりの個人差が認められるという事実に注目する必要がある。動的筋力を測定する必要性がそこにひそんでいる訳である。

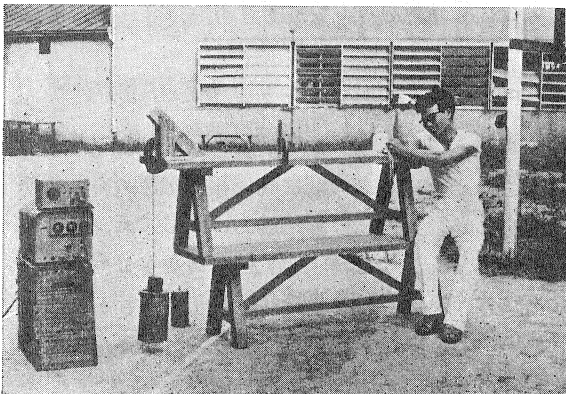
図4 腕力とその収縮所要時間との相関 被検者はボート選手、静的腕力との間に有意の相関が認められる。回帰直線はX軸を基準にしたものである。



3) 静的持久力……これはある一定の負荷を等尺性張力を発揮して保持する、その最大保持時間で表わされる。(図5参照)

この場合、負荷量をその人の静的腕力の 1/2 あ

図5 肘関節を直角にして保持する。その最大保持時間を測定する。



るいは 1/3 というふうに行なう場合と、静的腕力とは無関係に常に一定に行なう場合とがある。後者の場合、負荷量を決定する基準というものはないが、大体被測定者群の示す平均静的腕力の 1/2 程度がよいようである。前者と後者のいずれの方法を採用すべきか、といった点はその測定の目的によって違ってくる。筆者の研究室でもその目的に応じて両者を選択して採用している。例えばライフル射撃などでは既に銃の重さが決まっているので全選手に同じ負荷量を与えて持久力を測定している。それに対してヨットなどでは静的腕力に対する腕持久力の比率が問題となるので、その選手の静的腕力の 1/2 の負荷を与えて測定を行っている。

図6は静的腕持久力と静的腕力との相関を示すものであるが、左の図のように全被検者に同一負荷量(この場合は9kg)を与えて測定した場合には、静的腕力との間に有意の相関が認められるが、右の図のように負荷量をその人の静的腕力の 1/2 として測定した場合には、両者の間に相関が認められない。

4) 動的持久力……これはある負荷を一定距離だけ一定方向に一定のテンポで何回反復して持ち上げられるか、といった最大反復回数でもって表わされる。(図7参照)

この場合、負荷量の決定法には、静的持久力の場合と同様、2種類がある。図8はそれら2種類の方法で測定された動的持久力と静的腕力との相関をみたものである。

すなわち静的持久力の場合と同様、負荷量を一定(この場合は9kg)にした場合は両者の間に有意の相関が認められるが、負荷量を静的腕力の 1/3 とした場合には相関が認められない。

○—○—○
 緒、一昨年(1961)の秋、西独の筋生理学者、T. ヘッティンガー博士が来日し、彼が過去10年間におこなった研究の成果が、「静的筋力トレーニングの原則」というテーマで広く日本に紹介された訳であるが、それ以来この静的トレーニング法は、日本の各競技団体に大きな反響をよび、東

図6-1 腕力とその静的持久力との相関
(但し持久力の負荷は9kgとする)

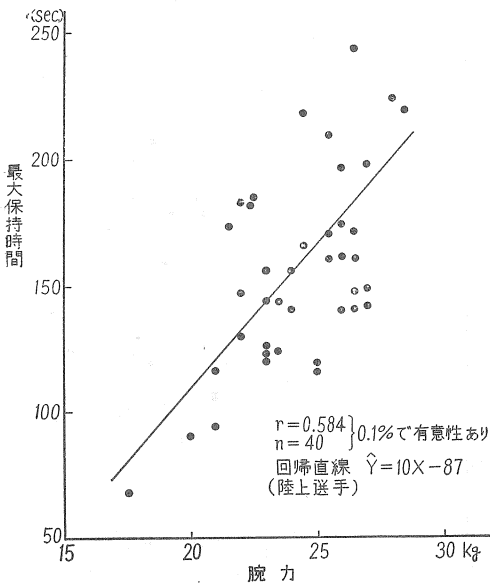
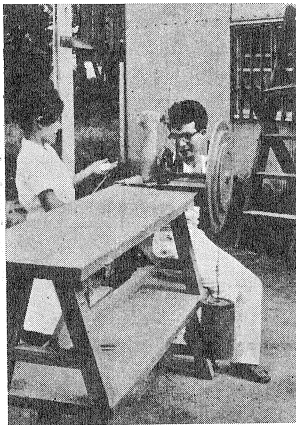


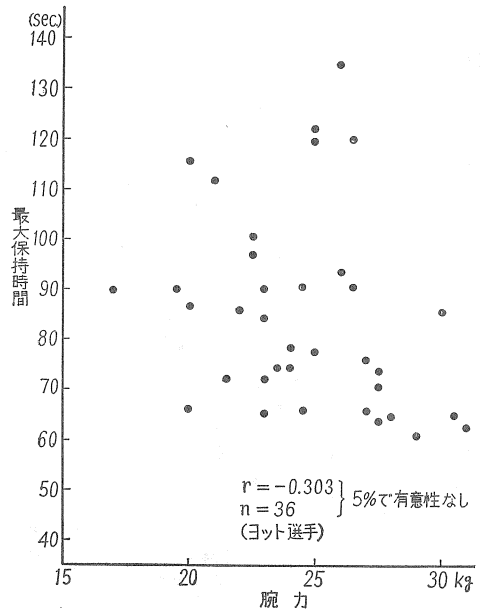
図7 東大式腕エルゴメーターを用いている。テンポは2秒に1回としている。



京オリンピックをめざす選手のトレーニング計画の中に組み入れられ、現在ではこのトレーニング法は一種のブーム的存在となっている。

こうした筋力トレーニングが、静的筋力を増す上に大変効果がある、ということは彼の多年にわたる研究の成果からうかゞえる訳であるが、これ

図6-2 腕力とその静的持久力との相関
(但し負荷は筋力の1/2とする)



が動的筋力と筋持久力を如何に変化せしめるか、といった点に関しては、十分な検討がなされておらず、その効果も疑問視されている現状である。そこで筆者は、この点を究明するために、腕の筋群を彼の方式に従ってトレーニングし、その効果を既述した4種類の筋力測定法を適用して分析し、検討するという実験にとりかゝった。以下にその実験研究の内容(方法と結果)について記述することにする。

方法 先ず採用した静的筋力トレーニングの処方のしかたであるが、それは次のような順序で行なわれた。

1) 静的腕力を測定し、負荷量を決定する。

○負荷量=静的腕力 \times 1/2

(ヘッティンガー氏は40%以上であれば効果は同じであるという)

2) その負荷量を保持しうる最大時間を測定し、持続時間を決定する。

○持続時間=最大保持時間 \times 1/2

(ヘッティンガー氏は20%以上であれば効果は同じであるという。)

図 8-1 腕力とその動的持久力との相関
(但し負荷は 9 kg とする)

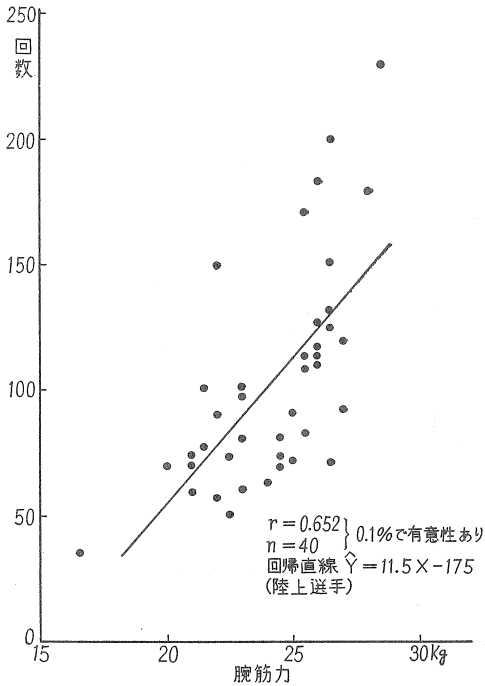


図 8-2 腕力とその動的持久力との相関
(但し持久力の負荷は筋力の 1/3 とする)

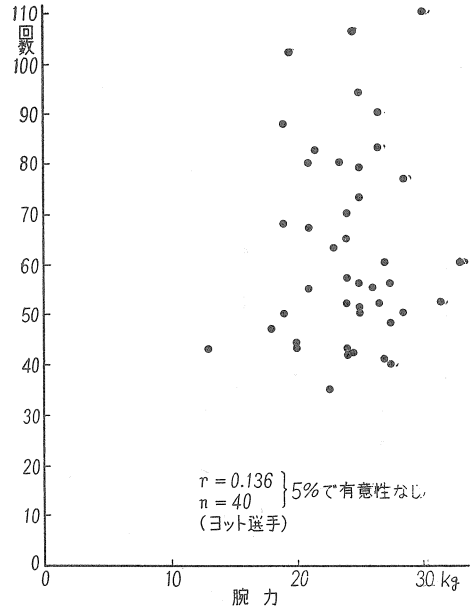


表 1 被 検 者 一 覧

	被検者	体重 kg	身長 cm	胸囲 cm	握力 kg	背筋力 kg	肺活量 cc	職業
男	M. N.	55	167	85	45	150	4200	研究員
	Y. Y.	57	165	90	50	155	4600	研究員
	S. K.	52	163	81	52	142	3500	X線技師
女	S. Y.	42	150	80	25	90	2800	研究員
	M. T.	47	153	82	35	109	2200	看護婦
	M. M.	41	154	78	35	115	2600	薬剤師

3) 以上の負荷量と持続時間を厳守し、毎日 1 回トレーニングを行なう。2 週間毎に同様の測定を行ない、処方を更新していく。

実験に採用した被検者は、表 1 に示すように男女それぞれ 3 名であり、いずれも特別な筋力トレーニングの経験のない者ばかりである。毎日トレーニングを行なう関係で、多数の被検者を動員することが出来ず、結局同じ職場の人達を対象として実験を行なった。

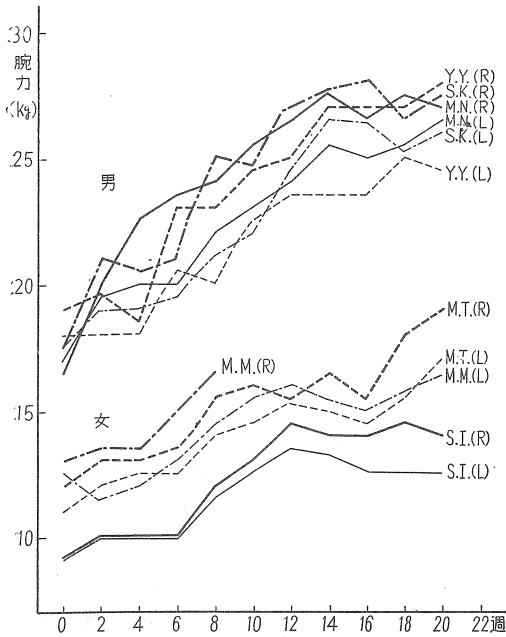
実験は昭和 37 年 4 月から同年 9 月までの 6 カ月

間、日本体育協会スポーツ科学研究室で行なわれた。

結果と考察 2 週間毎に処方を更新しつつ約半年の間、毎日 1 回の静的腕力トレーニングを継続した結果、静的腕力は図 9 に示すような変化過程を示した。

すなわち、男女とも静的腕力は平均約 52% という驚異的増加を示した訳である。しかしここで注目すべきことは、増加曲線が対数曲線的であり、最初は急勾配であるが次第にその勾配が減少して

図9 静的トレーニングによる腕力の増加



いるという点である。これから先ずっとトレーニングを継続した場合、どのような変化過程をたどるか、といった点は興味あるところであるが、今のところ残念ながら推測の関を出ない。

静的腕力がいくら増加しても動的腕力が増加しなければ、砲丸投げの距離は増さない訳であるが、この点を検討するために、トレーニング継続中の動的腕力の変化を追跡してみた。(図10参照)

すなわち4kgの重りを20cm垂直方向に引き上げる時の所要時間は、トレーニングにより静的腕力が増すにつれて短縮してゆくことが解ったのである。しかしこの短縮が、はたして静的腕力の増加にふさわしい短縮であるかどうか、といった点は図10からは判定出来ない。そこで筆者は図4で示した相関図を基準とし、その回帰直線と平行して所要時間が短縮しているかどうかを検討し判定することにした。即ち明らかに静的腕力がトレーニングにより18kgから26kgに増したとしても、所要時間が回帰直線と平行に、例えばトレーニング前に180 m. secであったならば160m. sec位の値にまで短縮しなければ、その短縮は静的腕力の増加に

図10 静的筋力トレーニングによるひきあげ所要時間の短縮

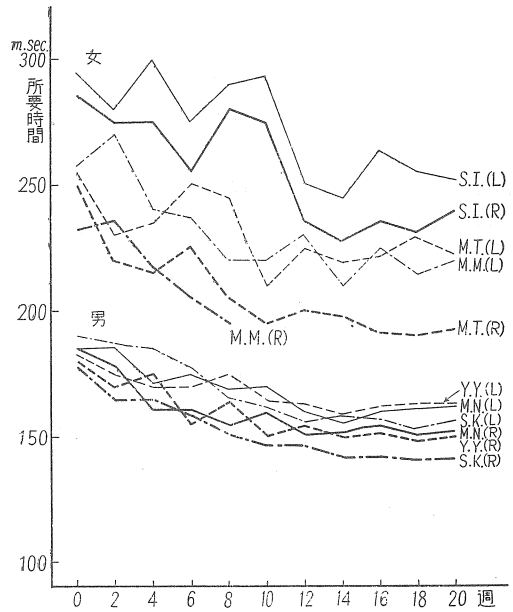
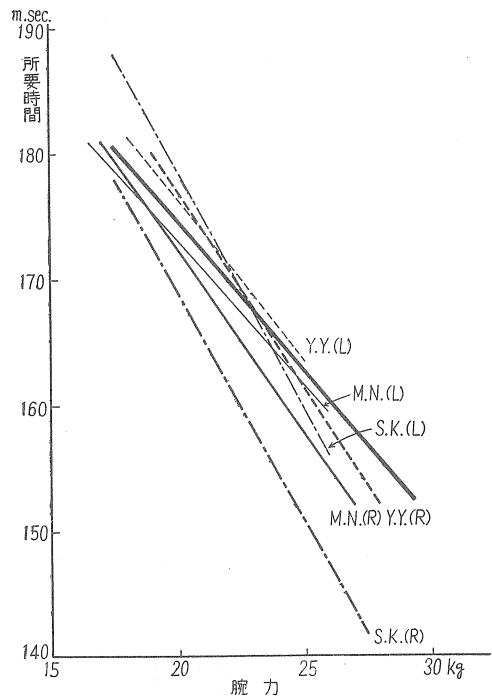


図11 静的腕力トレーニング前後の腕力と収縮所要時間の変化

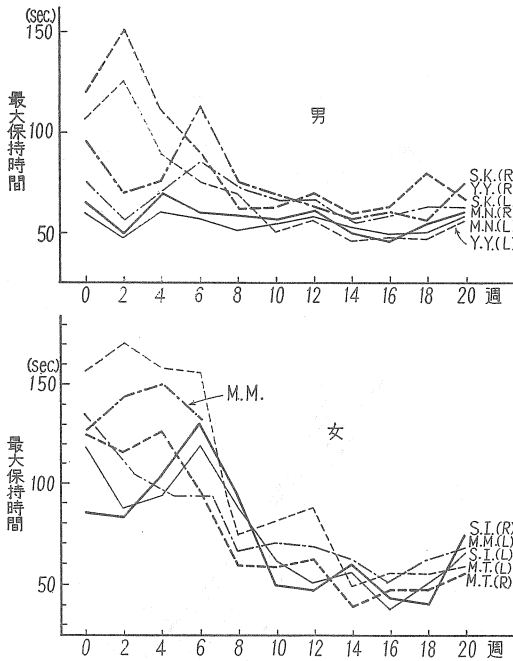


ふさわしい短縮とはいえないと考えたからである。

結果は図11に示すように全員において所要時間が、増加した腕力にふさわしい値にまで短縮しているという事実をみた訳である。すなわち動的筋力は、このトレーニング法により十分つけることが出来る、ということが判明したのである。

静的腕力トレーニング継続期間中、静的腕持久力が示した変化曲線は図12に示すようなものである。すなわち静的持久力は、静的腕力トレーニングが進むにつれてやゝ減少する傾向を示している。但しこの際の負荷量は（測定時の静的腕力の $\frac{1}{2}$ ）

図12 静的腕力トレーニングによる静的持久力の変化（但し負荷は腕力の $\frac{1}{2}$ とする）



というふうにして決められている。

これに対し測定時の静的腕力とは無関係に、常に9kg（この値はトレーニング開始時の男子平均静的腕力の $\frac{1}{2}$ にあたる）の負荷を与えて測定した静的腕持久力は、このトレーニングによりやゝ上昇するという結果を示した。（表2参照）

しかしこの上昇も、図6—1）に示す相関図の

表2 9kg負荷最大保持時間

被検者		トレーニング前	トレーニング後
M. N.	右	65秒	94秒
	左	60 "	93 "
Y. Y.	右	120 "	35 "
	左	105 "	96 "
S. K.	右	95 "	110 "
	左	75 "	110 "

回帰直線を基準として判定すると、いずれもその回帰直線の勾配より低いものであり、腕力増加にふさわしい上昇をとはいえない、という判定になる。（図13参照）

図14は静的腕力トレーニングの継続期間中、動的腕持久力が示した変化曲線である。すなわちその曲線にはかなりの動揺がみられるが、全般的傾向としては、静的トレーニングにより次第に腕の動的持久力は次第に減少してゆく傾向を示している。但しこの際の負荷量は（測定時の静的腕力の $\frac{1}{2}$ ）というふうにして決められている。負荷量を常に一定（9kg）にして動的持久力を測定した場合は、静的持久力の場合と同様、トレーニングによりその値はやゝ上昇するという結果を示し

図13 静的腕力トレーニング前後の腕力と静的持久力（負荷9kg）の変化

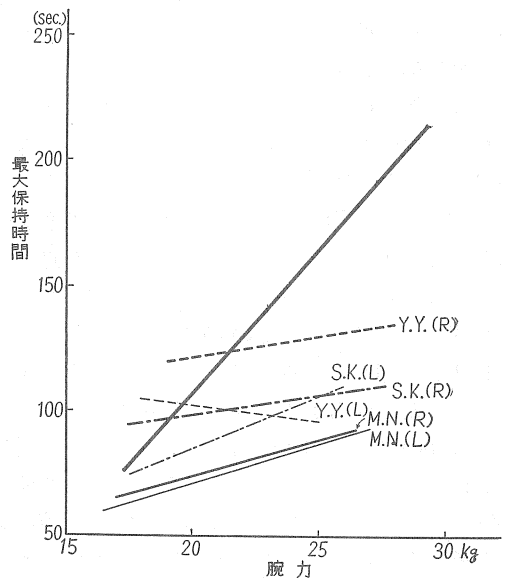


図14 静的腕力トレーニングによる動的持久力の変化(但し負荷は腕力の $\frac{1}{2}$ とする)

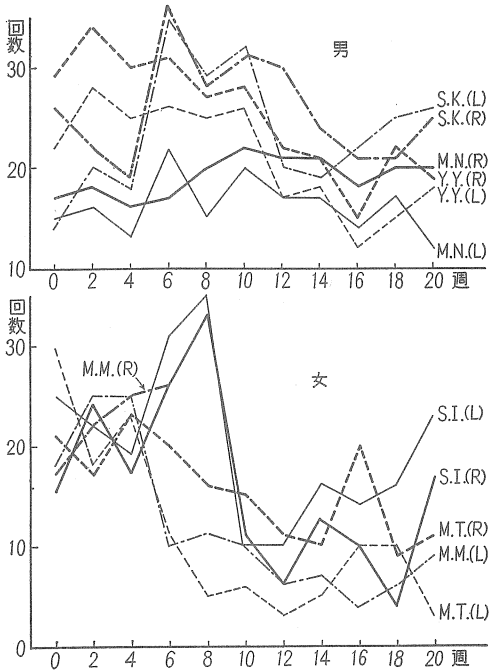


表3 9kg負荷最大反復回数

被検者		トレーニング前	トレーニング後
M. N.	右	20回	85回
	左	15 "	65 "
Y. Y.	右	30 "	65 "
	左	25 "	60 "
S. K.	右	25 "	57 "
	左	15 "	108 "

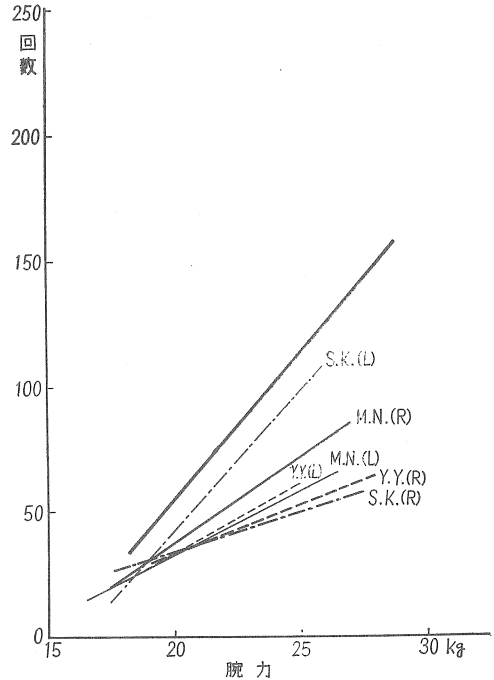
た。(表3参照)

しかしこの場合の上昇も、図8-1に示す相関図の回帰直線を基準として判定すると、静的腕力増加にふさわしい上昇とはいえないことになる。

(図15参照)

以上の実験研究から、筆者は「静的筋力トレーニングの効果」というものについて、多くのことを学んだ訳であるが、その実験結果の要点をまとめてみると大体次のようになる。

図15 静的腕力トレーニング前後の腕力と動的持久力(負荷9kg)の変化



結果のまとめ

「静的腕力トレーニング20週間により」

- 1) 静的腕力は〈男子→平均51.8%〉増加した
女子→平均52.4%〉増加した
- 2) 動的腕力も、増加した静的腕力にふさわしい値にまで増加した。
- 3) 静的腕持久力〉は……………
動的腕持久力〉は……………

……………〈 $\text{負荷量} = \left(\frac{\text{静的腕力}}{2} \right)$ では下降傾向
負荷量=(常に9kg)では上昇傾向〉

を示した。しかし後者の場合その上昇は少なく、増加した静的腕力にふさわしい値までは上昇しなかった。

要するに以上の実験研究により、こうした静的筋力トレーニングは、瞬発性の筋力を増す上には効果があるが、持久性の筋力を増す上には不完全なものである、ということが解った訳である。

