

# 昭和45年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No.1 筋力とスピードのトレーニング処方に関する研究

財団法人 日本体育協会  
ス ポ ー ツ 科 学 委 員 会



# 筋力とスポーツのトレーニング処方に関する研究

体力トレーニング小委員会

小委員長：猪 飼 道 夫

## まえがき

各種競技種目を通じて、基本的な体力の要素は筋肉がいかに力を発生するかということであると同時に、その力が筋肉の収縮のスピードと如何なる関連をもって経過していくものであるかということを明らかにすることが必要である。このことを明らかにすることによって、力とスピードの両者を向上していくためのトレーニング方法がいかなるものであるかを検討することが要求されている。筋力についてのトレーニング方式はこれまで多くの研究がなされ、且つ実施されているが、スピードのトレーニングについてはむつかしい要素をふくんでいるため、十分な発展がされていない。しかし、スピードは単独には存在しないものであって、つねに力の発生を伴ったものということができる。したがって、スピードを力との関連においてみると自然であると考えられるとともに、実際的もある。そして、力とスピードの複合したものは、いわゆるパワー（仕事率）に外ならない。いいかえれば、パワーを力とスピードとの両要素から分析していこうというものである。しかし、一方において、スピードという場合には、走のスピード、泳のスピードというように、筋肉の単独なものだけでなく、身体全体としての重心の移動のスピードをとりあげることも可能である。すなわち、身体の部分のスピードと、身体全体とスピードとの二つの場合があるわけである。したがって、この研究小委員会では、両者を取扱うことになっている。

そして実施の段階では、上記の立場を共通の理解として、次の三つのテーマについて研究班を作成して研究を行った：

- (1) 若年層研究班（船川幡夫\*, 広田公一, 松田岩男, 高石昌弘）
- (2) 一般成人研究班（猪飼道夫\*, 小川新吉, 石河利寛, 鈴木慎次郎, 金子公宥）
- (3) 競技者研究班（加藤橘夫\*, 小野三嗣, 松井秀治, 齋田登, 石井喜八）

以下各班別に報告する次第である。（\*は班長）

## 幼児体力のトレーニングについての研究

I. 若年層研究班代表：船川 幡夫

廣田 公一 高石 昌弘

松田 岩男

### 1. はじめに

全身の移動運動は、人間の機能発達の上でも比較的おそく完成されるものであって、随意運動としての移動運動は、生理学的な立場からの筋肉の運動としてだけでなく、反射機能、平衡機能、反応速度、調整能力、意志などきわめて複雑な機能

の総合されたものである。したがって、円滑かつ目的的な自発運動は、幼児の時期においてすら十分に完成されているとはいえない。このため、これらの運動能力を客観的に把握し、その機能発達を正確に評価することはきわめて困難であると

いわざるを得ない。

しかし、一面、個体の発達の過程において、幼児は特異の位置を占めている。すなわち、この時期に運動能力の基礎が出来上るということ、神経的な機能がほぼ完成されるということである。

この研究班においては、幼児および低学年児童という特殊な年令層を対象として、種々の体力機能がどのような関係のもとに発達するかということ、これらが生活環境、および幼稚園、学校などの指導のしかたとどのような関係があるかについて検討を行っている。

測定方法については、当然、年長児におけるものと同じ方法をとることは殆んど不可能であり、器具を用いての測定にしても、その測定結果がその対象のどの程度の能力を示しているかを判定することすら容易ではない。

この点を考慮して、幼児の体力、運動能力測定にはできるだけ幼児が積極的に行うような項目に限定せざるを得ないし、したがって、測定結果についても、年長児におけるような客觀性をもったものとはいえない。すなわち、幼児体力測定研究委員会試案によるように、幼児の日常行う動作の中で、その動作のもつ運動の内容からとりあえず項目をえらび、測定を行った。

この項目は ①ボール投 ②平均台歩き ③起きあがり ④横ころがり ⑤熊あるき ⑥ジグザグ走 ⑦連続片足とびである。これらの項目に加えて、さらに、体型、皮下脂肪厚、利き足など個体側と、家庭の関連について検討を行っている。

対象は、東京都内公私立幼稚園 5 カ所、公立小学校 3 校、および横浜市内私立幼稚園および保育所夫々 1 カ所である。

とくに、平衡機能の発達については、幼児についての日常の生活指導、例えば運動指導のあり方との関係によって差異が出るか否かについても、個別に追究を行っている。

なお、この研究については、さらに、松田、広田、高石委員と・協力のもとに行おうとしている。

## 2. 研究結果

### (1) 幼児の体力機能

幼児の体力機能の発達状態の評価は、かつて、Ozeretzky, Cureton などによるもの、わが国においては、児童母性研究会による検査方法と年令別基準などが出されている。

Ozeretzky によるものは、静的協調能、動的協調能、運動速度、同時運動能および運動確度にわけて、それぞれ年令別の項目をわけている。Cureton は平衡性、柔軟性、敏捷性、筋力、馬力、持久性にわけて項目を定めている。また、近年になり、愛育研究所の松島らは、投、跳、走などの他、幼児用の測定具を考察して、握力、持久力などを測定し、その基準を作り、また、東京教育大の松田らは、片足立、体前屈、上体そらし、体支持時間、立幅とび、ボール投、両足連続とびこし、25m走などにより年月令別の基準を出している。

著者らは、①幼児のあそびそのものの中からえらぶ ②幼児より小学校低学年まで一貫して用い ③測定そのものがトレーニングになるなどを考慮して項目の選定を行い、前述の如く、幼児体力測定研究委員会試案のうちの 7 項目をえらんだ。

それらの項目とその主たるねらいは次のようにある。

#### ① ボール両手投げ

1 号ドッジボールを両手でもち、股間から前方に投げる。主として筋力、物体をコントロールする能力をみる。

#### ② 平均台歩き

高さ 30cm、幅 3 cm、長さ 5 m の平均台上を平均をとり乍ら歩き、その時間を測定する。主として平衡機能をみる。

#### ③ あおむき姿勢から立ち上り

マットの上であおむきにねていて、急いで立ち上り直立姿勢となるまでの時間を測定する。主として反応のはやさ、筋力をみる。

#### ④ 熊あるき

両手、両足を床につけて、四つんばいで 10 m を走る時間を測定する。主として自己の身体をコントロールする能力、筋力をみる。

⑤ 横ころがり

マットの上で、手を上に伸ばして、3mの距離を横にころがる時間を測定する。自己のからだをコントロールする能力、筋力をみる。

⑥ ジグザグ走

10mの距離を2m間隔で立てた旗の間をぬって

往復する時間を測定する。敏捷性をみる

⑦ 連続片足とび

20mの円上を、片足でとび乍らつかれるまでの距離を測定する。脚筋力、平衡機能、持久力をみる。

調査対象は、東京都内公私立幼稚園および小学

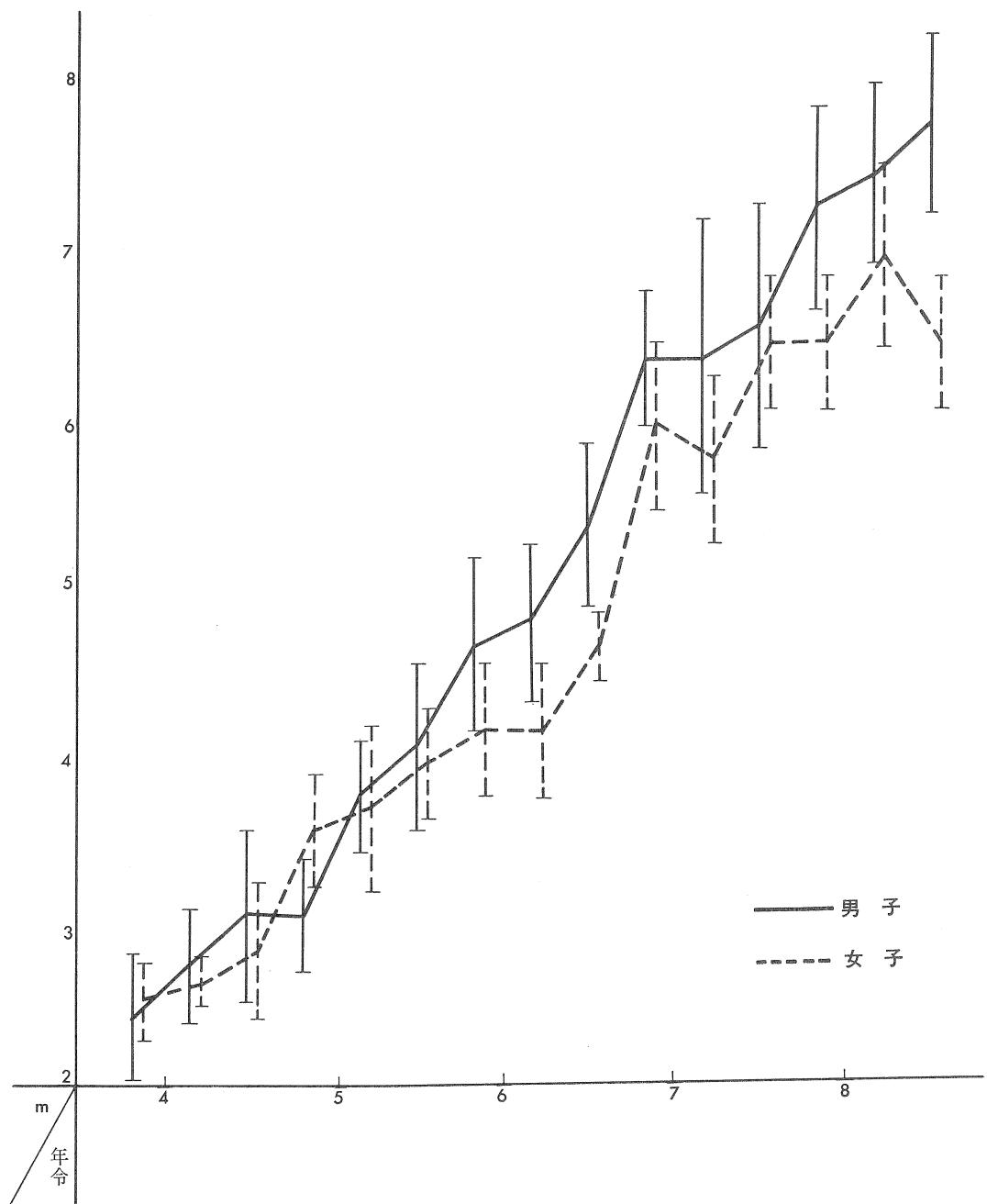


図 1 ボール投げ

生であつて、主として45年秋に実施した測定結果を示す。

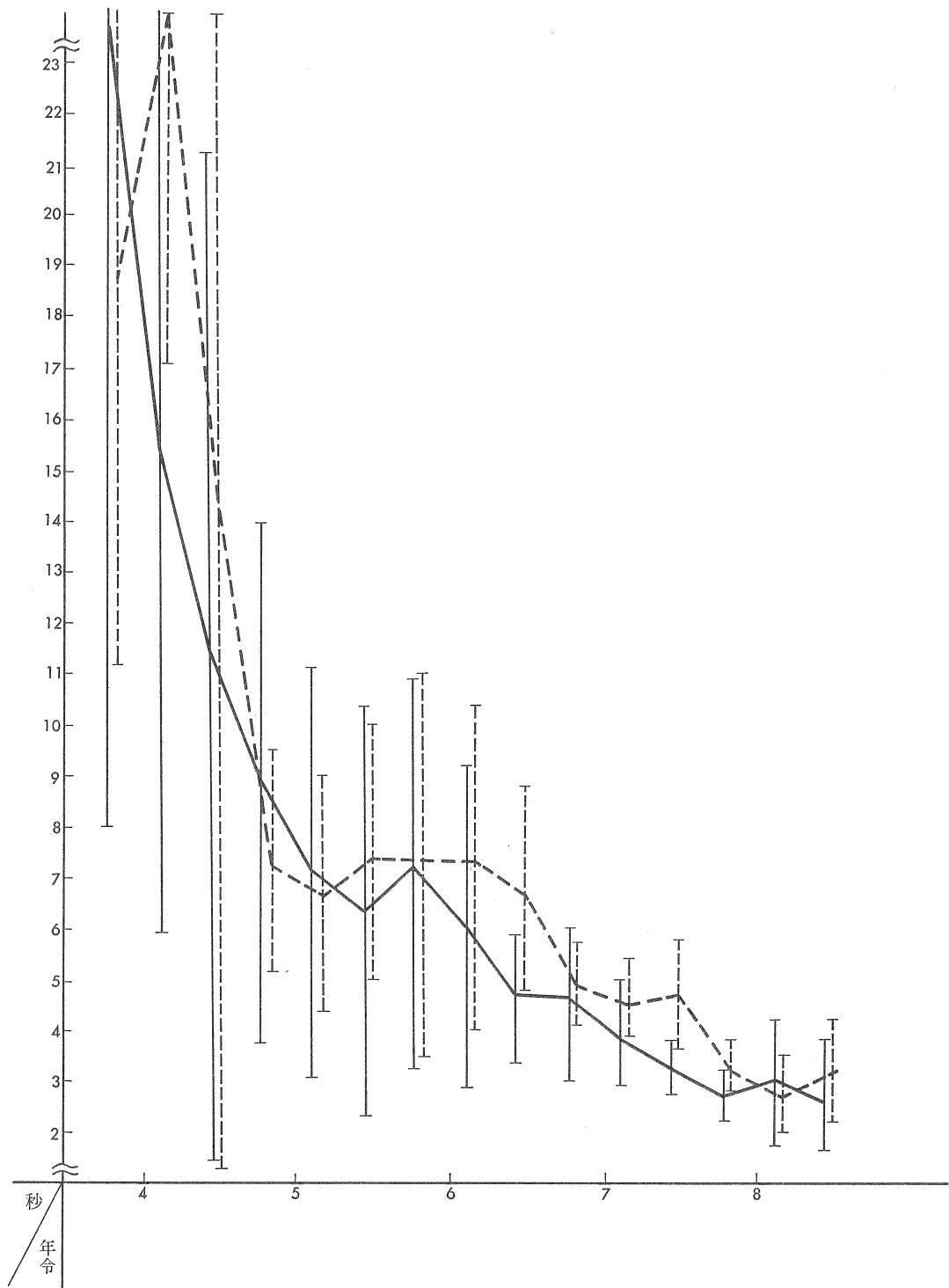


図 2 平均台歩き

対象の年令分布は

	3才	4才	5才	6才	7才	8才	計
男子	3	69	95	49	19	13	248
女子	2	25	93	42	16	10	188

であって、4カ月ごとにまとめて、その平均値と標準偏差を図示すれば、図1～7のようになる。

測定結果は、例数の不足もありバラツキが大きいが、項目によって、ほぼ直線的な経過を加令によって示すものと、指數曲線的な経過のものと、その他のおよそ3型に分けられる。これらと、筋力の発達、神経的機能発達との関係については、更に例数を加えた上で検討を行うべきであろう。

現在、さらに対象をひろげて測定を行いつつある。

## (2) 幼児の平衡機能

幼児の平衡機能のうち、平衡維持能力について、GoniometerによりPassiveに幼児の姿勢をかえ、閉眼、閉眼状態における直立不能となった角度を測定した、さらに、幼児を閉眼のまま足踏を50回行わせ、その終了時の位置から回転角、移行角および移行距離を測定する。

調査対象は、都内公立幼稚園における4、5才児合計154名であって、主として春に測定を行った。

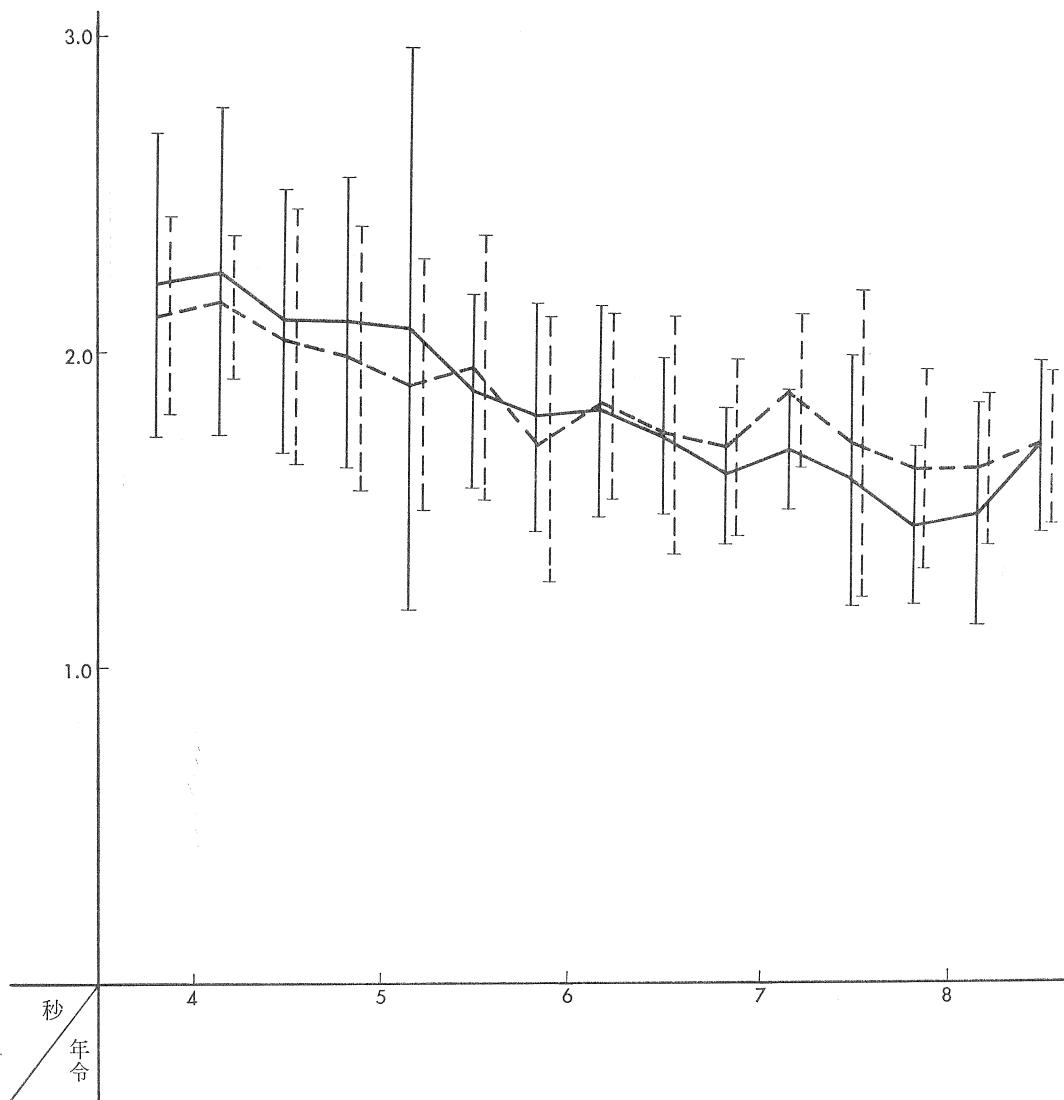


図3 あおむき姿勢から立ち上がり

Goniometerによる測定結果は、① 一般に後傾の場合より前傾の場合の方が角度が大きく、また、左傾より右傾の方が大きかった。② 閉眼にて行うより開眼にて行う方が角度が大きい、③

多くは、5才児の方が大きかった。④ 男女差はあまりあきらかでなかった。⑤ 4才はバラツキが大きいが、5才になると閉眼、閉眼ともその分布が正規分布に近づく。という結果であった。

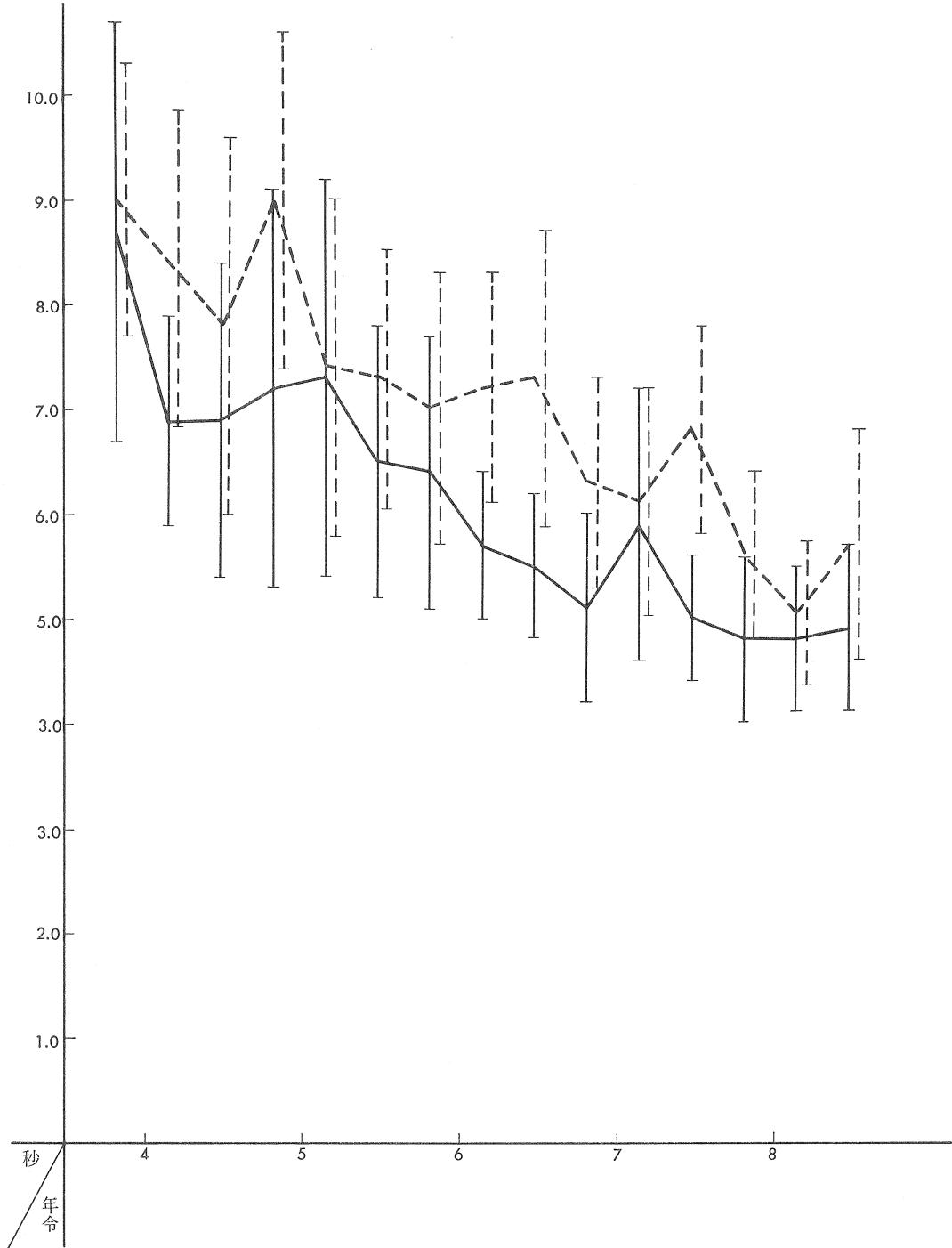


図 4 横ころがり

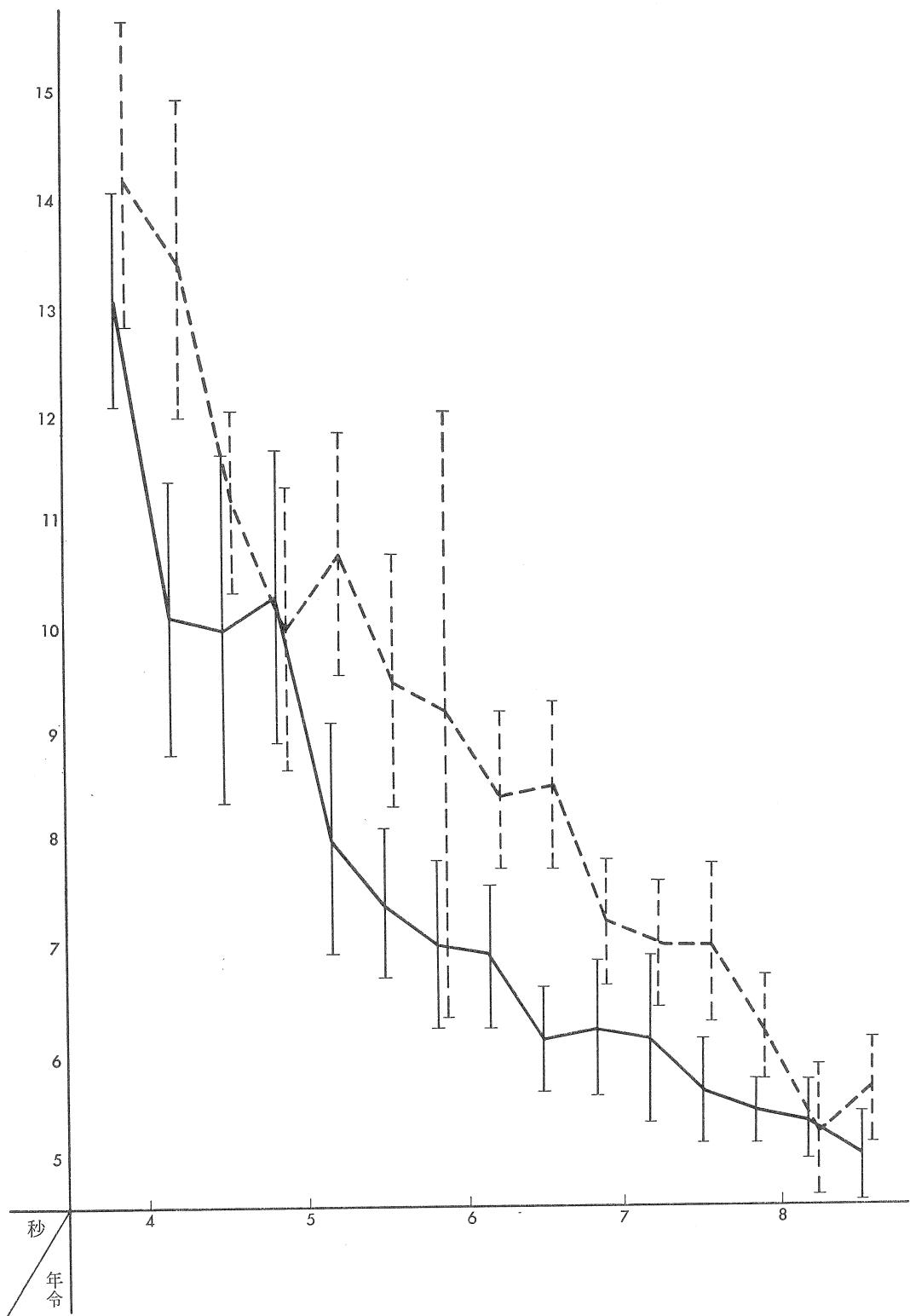


図5 熊あるき

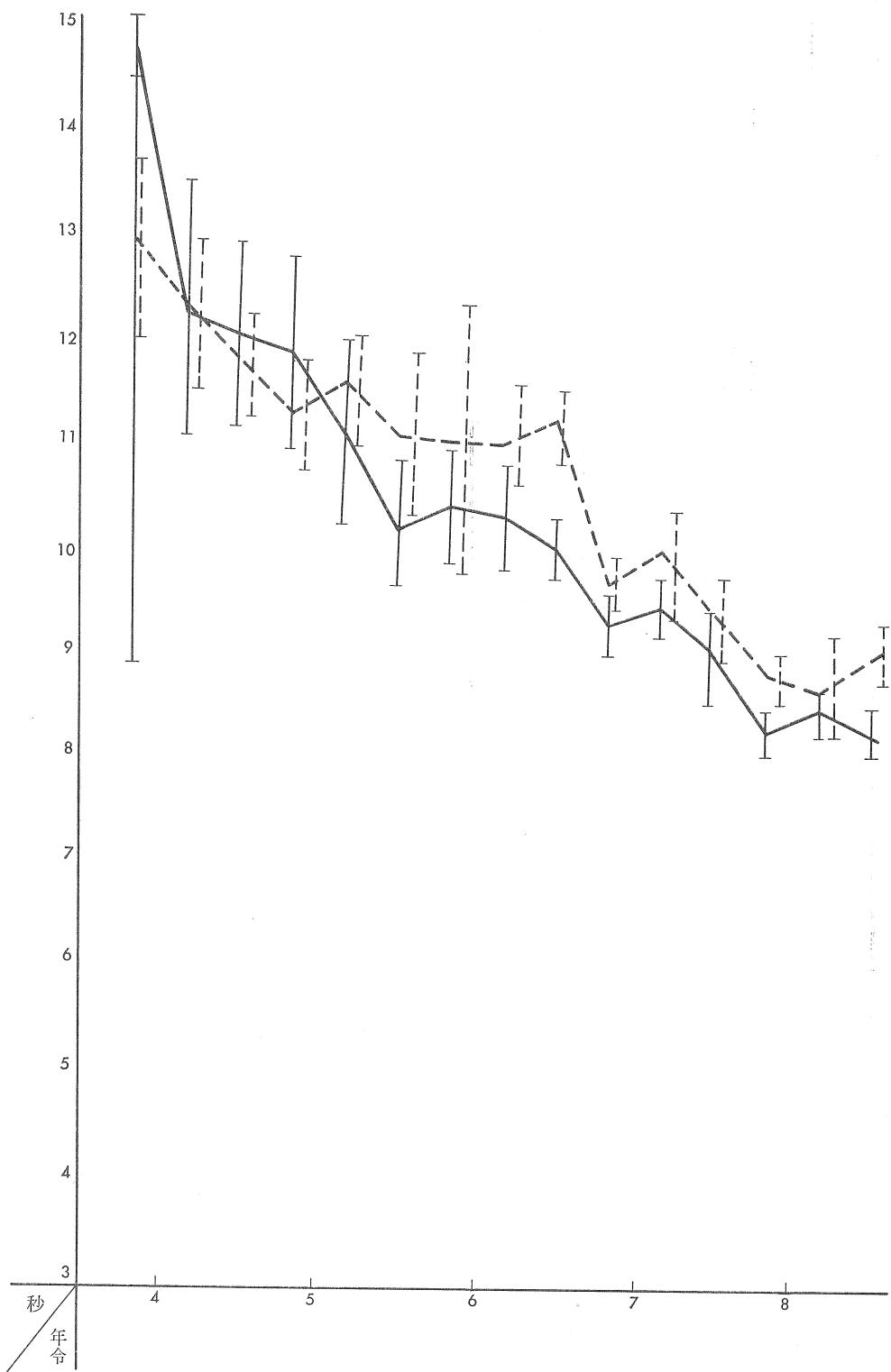


図 6 ジ ク ザ ク 走

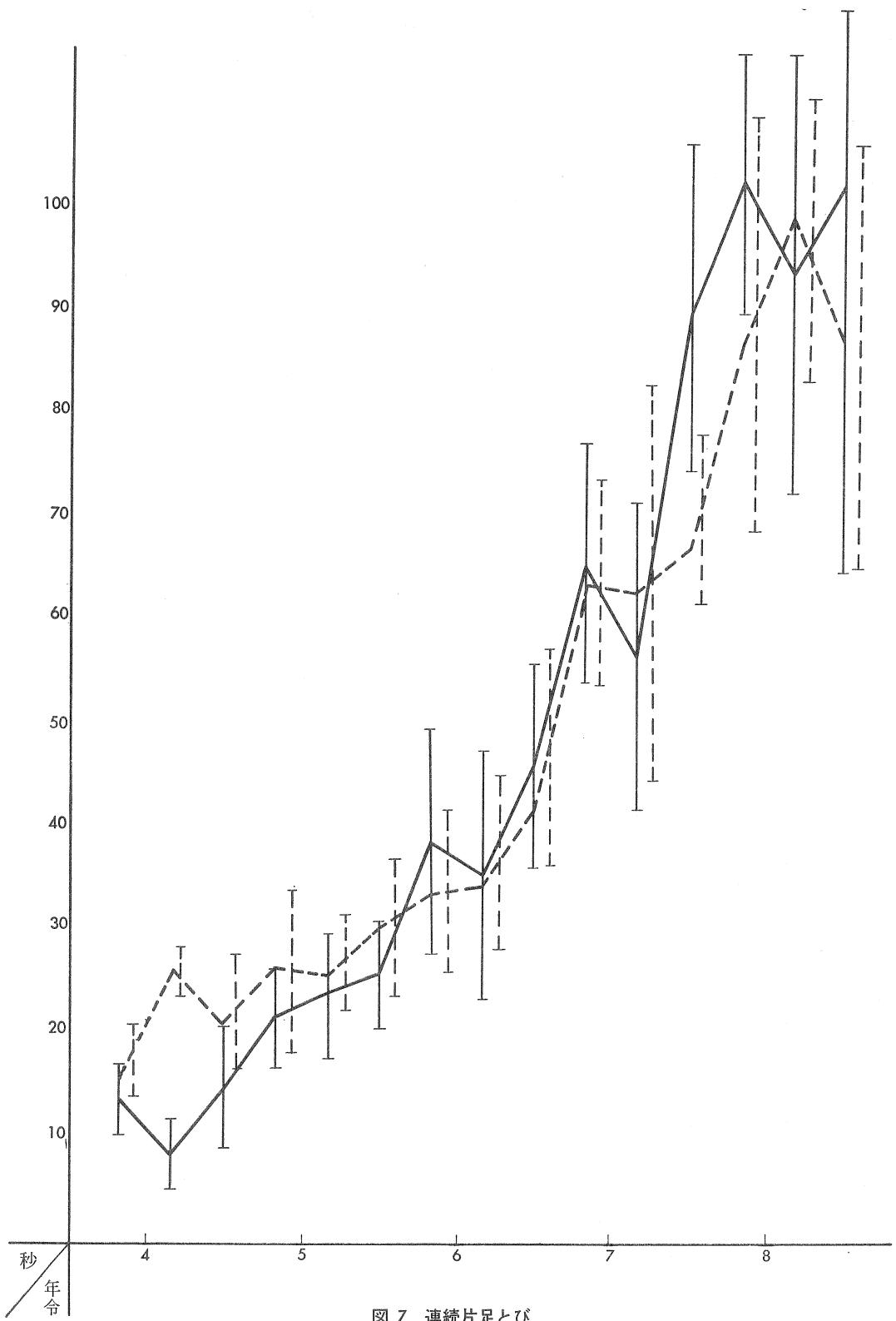


図 7 連続片足とび

足踏による偏倚は、① 偏倚の方向は、右方向が多かった。② 回転角は、一般に、4才より5才の方が少く、③ 移行距離は、4, 5才とも一定の傾向なし ④ 移行角も4才より5才の方がやや少くなる。

平衡維持能力についても、更に例数を加えて検討を行う予定である。

### (3) 利き側との関係

幼児の利き側は、多くの場合、社会的な規制をうけていないため、個体それぞれの独自の利き側をあらわすことが多い。種々の身体運動のうち、何れの側をよく用いるか、突嗟の場合、何れの側を出すかなどは、個体それぞれによってことなる。

このような利き側が、何によって決められるか、利き側と前記の運動能力の測定項目の結果との関係についてみるため、多くの身体運動のうち身体部位によってことなる運動28種について個人別の調査を行った。

調査項目は、① さようならをするときふる手は、② うで組みをして上になる腕は、③ 遠くを指さすときの手は ④ 歯をみがくとき歯ブラシをもつ手は ⑤ ハイッといって元気よくあげる手は ⑥ 字をかくときえんぴつを持つ手は ⑦ はしを持つ手は ⑧ はさみをつかう手は ⑨ ジャンケンをする手は ⑩ ボールを投げる手は ⑪ おもいものを最初にもつ手は ⑫ 便所で紙を使う手は ⑬ ドアのハンドルをもつ手は ⑭ 本のページをめくる手は ⑮ 指を組んで上になるおや指は ⑯ いすに坐り、はじめに足を組んで上になる足は ⑰ 靴をはじめにはく足は ⑱ 足でものをふみつける足は ⑲ ふろにはじめに入れる足は ⑳ 片足でケンケンする足は ㉑ 歩き出すとき、はじめにふみ出す足は ㉒ ボールを強くける足は ㉓ 直後から声をかけられてふりむくときの顔の向いている肩は ㉔ よくきこうとするときの耳は ㉕ 穴からのぞくときの目は ㉖ 片目をつぶるときの目は ㉗ 横になってねるときの上になる肩は ㉘ あなたの利き手は、などであって、これらの調査結果について、親と子との相関および前記の各項目の運動能力測定結果との関係をみようとしている。

### (4) 皮厚と体型と運動機能

皮厚（上腕背部）および体型（カウプ、ローレル指数）と、各種の運動機能との関係について検討を行いつつある。

## 3. まとめ

以上4つの角度から幼児についての運動機能に関連のある機能の検討を行っているが、その測定結果は、極めて変動が多い。しかし、そのバラツキの中にも一定傾向のうかがわれることから、更に、対象を拡げ、例数を増加して検討を行うことと同時に、同一個体が加令していく上に、その生活環境の変化、トレーニング、教育の有無などによりどのような変化をもたらすかについて現在なお追跡調査中であって、その結果については、今後の報告にゆづりたい。

この研究にあたって、2の(1)については、著者のほか、南哲、上条芳文、斎藤美磨、信本昭彦、佐藤理、本間純子および西本英子があたり、2の(2)については、著者と上条芳文、2の(3)については、著者と斎藤美磨、2の(4)については著者と信本昭彦が担当したものであることを付記する。

# パワーの効果的トレーニング方法に関する基礎的研究

II. 一般成人研究班代表：猪飼 道夫

小川 新吉 石河 利寛

鈴木慎次郎 金子 公宥

一回の最大筋収縮によるパワーの中にも、大きな力を必要とするパワーや、力よりもむしろスピードが大きく関係するパワー、あるいはまた両要素が半ばして関与するパワーなど種々なものがある。このように力とスピードの要素をもつパワーについて、両要素の配分が異なるトレーニング刺戟を与えた場合、パワーや力対速度関係にどのような特徴的影響が現われるかを見ようとするのが本実験のねらいである。

このような力一速度関係を基盤とした基礎的トレーニング実験は、これまでに研究例がないために、先ずその第一歩として四つの異なった負荷条件を設定し、少數被検者ではあるが細かくその経過を追跡することを試みた。

## ＜実験方法＞

荷重法による肘関節屈曲運動のパワー測定装置を適用して、トレーニング及びテストを行った。この装置は、前腕と平行した位置関係で回転運動をするレバーを、回転力を荷重に伝えてこれを引き上げるためのギヤーからなっている（図1）。被検者は140°から70°まで最大努力で肘関節を屈曲し、荷重を引き上げる。荷重が引き上げられると、ストッパー装置が働き、ギヤーの逆転が止められる。速度を検出するに当ってこれまでの実験（1970）では、レバーの回転軸にエレクトロゴニオメーターを装置し、回転角速度を算出する手法を探った。この実験では、ギヤーの一端に電気接点を付け、肘関節が90度から70度の角度範囲を通過する際の所要時間をエレクトロカウンターで測り、この記録から手頸部の速度を得た。この速度

算出法は簡便であるのみならず、1msecまでの計時がなされるという点で、ゴニオメーター法（記録紙上の角変位一時間曲線から算出）より具合がよい。尚90°から110°に於て、腕屈曲運動は最高速度でしかも等速度状態（作用力が荷重に等しい、即ち等張力性収縮）に入ることがすでに確認されているので、その角度範囲での平均速度を最高速度とみなした。

被検者は大学院学生（24才—33才）男子8名と女子2名の計10名である。

トレーニング負荷は、肘関節角90度で測定した等尺性最大筋力（Fo）の0%（無負荷）30%，60%，100%（最大筋力）とし、男子被検者を各



図1 パワーのトレーニングとテストのための荷重負荷装置

負荷群に 2 名づつ配し、女子は 1 名を 0 % 群に、他の 1 名を 30 % 群に加えた。

各被検者はそれぞれの負荷条件で、1 日 10 回の最大筋収縮を約 1 分間隔で反復するトレーニングを、日曜日を除く毎日（週 6 日）行い、うち 4 名は 20 週間（5 ヶ月）、2 名は 16 週間（4 ヶ月）、4 名は 12 週間（3 ヶ月）継続した。

トレーニングにおける一回毎の成績（100% Fo 群は 100kg バネ秤で最大筋力、他群はエレクトロカウンターで最高スピード）を全て記録し、その推移を追跡した。

その間、テストとしてトレーニング前及び 4 週間毎に、最大筋力の 0 %（無負荷）、10, 20,

30, 45, 60 % 負荷でのスピードと等尺性最大筋力の測定を実施し、力対速度関係および力対パワー関係を得た。

### ＜実験結果＞

#### a) 各トレーニング負荷に対する成績の遂日的推移

図 2 の a ~ d は、各自のトレーニング負荷における成績の推移を示したもので、1 つの点は 1 日 10 回収縮の平均値であり、横軸の数字はトレーニングの週である。

図 2-a は最大筋力を発揮するトレーニングにおける 2 被検者（YMM, HOR）の最大筋力の推移

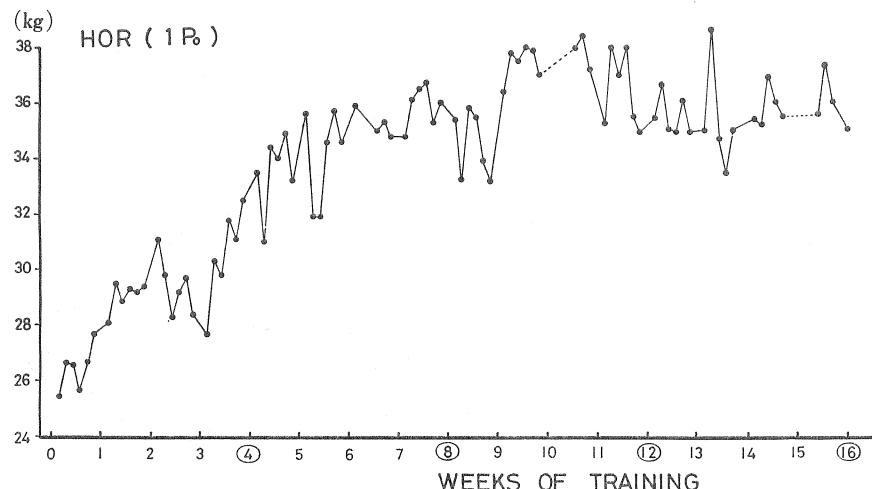
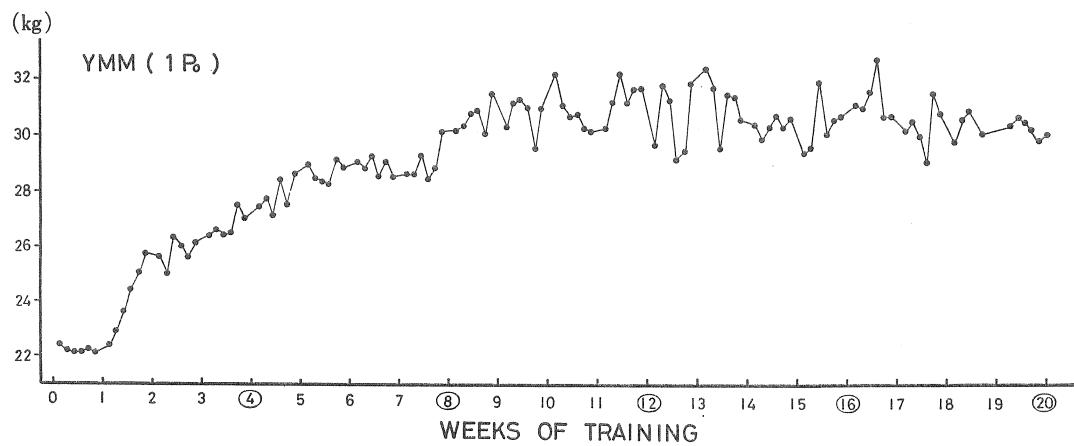


図 2-a 最大筋力を発揮するトレーニングをした人の最大筋力の推移（1 つのプロットは 1 日 10 回収縮の平均値で以下の図も同様）

を示したものである。両者の能力はいずれも10～12週目まで上昇を続け、以後ほぼ高原状態を呈している。被検者HOR（下段）は、約10週目に筋肉痛を訴え3日間の休息（点線部）をおいた。この時点をピークとしてその後停滞するか、もしくはやや下降する傾向から見て、「1日10回の最大筋力発揮で毎日」という刺激条件は、筋力増加のための限界負荷であったと推定される。両者の筋力増加率はトレーニング前を100%とすると約140%に達した。

図2—bは、トレーニング前に最大筋力の60%相当であった荷重を、トレーニング中も一定にしたまま、これを最大努力で牽引するトレーニングを行なった被検者（TZK, KTG）についての最大スピードとパワーの推移である。被検者KTGにお

いては著しい変化が認められないが、TZK（上段）の場合は、11～12週間まで著明に増加し、以後ほぼ停滞する傾向を示した。TZKの増加率は230%（トレーニング前を100%とする）である。

図2—cは、トレーニング前に最大筋力（ $F_0$ ）の30%（0.3  $F_0$ ）と決定された荷重を、トレーニング中も一定にしたまま、それに対するスピードとパワーの成績を追跡したものである。3被検者のうち、HND（最下段）は女子である。被検者Y MJは6週まで、HNDは9週まで、そしてFKNは12週まで、それぞれスピード（またはパワー）の上昇を示した。最も著明な増加を示したFKNにおいては、段階的な上昇期が見られた為、トレーニング期間を5ヶ月まで延長してみた結果

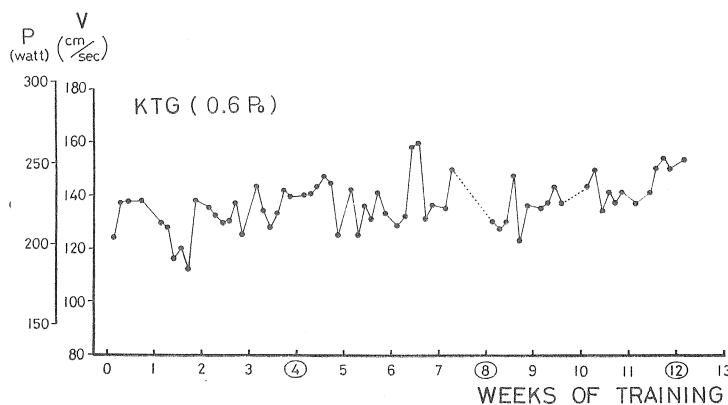
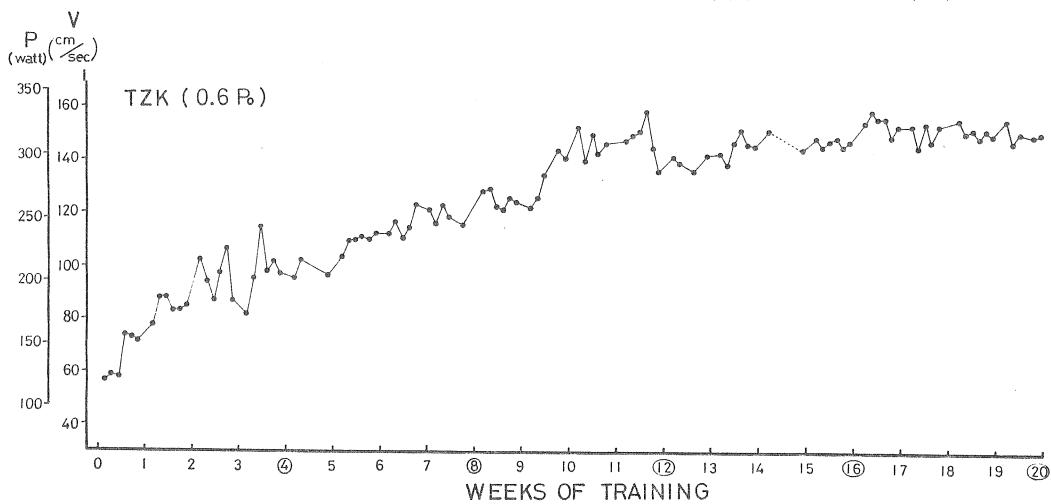


図2—b トレーニング前に最大筋力の60%であった荷重を一定にして、これを牽引するスピードとパワーの推移を追跡したもの。

果、12週目頃の成績が頂点であることが確認された。その最大増加率は約120%である。

図2-dは、無負荷(O<sub>Fo</sub>または0%F<sub>O</sub>)条件、即ち空振りを反復するトレーニングを行った。被検者O-KB(最下段)は女子であるが、最初の3週間に上昇傾向を示しながら、以後殆んどトレ

ーニング前の水準に戻りそのまま停滞してしまった。

しかし他の2名(THD, WTB)は、初期(2-3週間)の急上昇から一旦減少したが、以後12~13週間まで徐々に増加を続け、両者ともに最大増加率は約150%に達した。

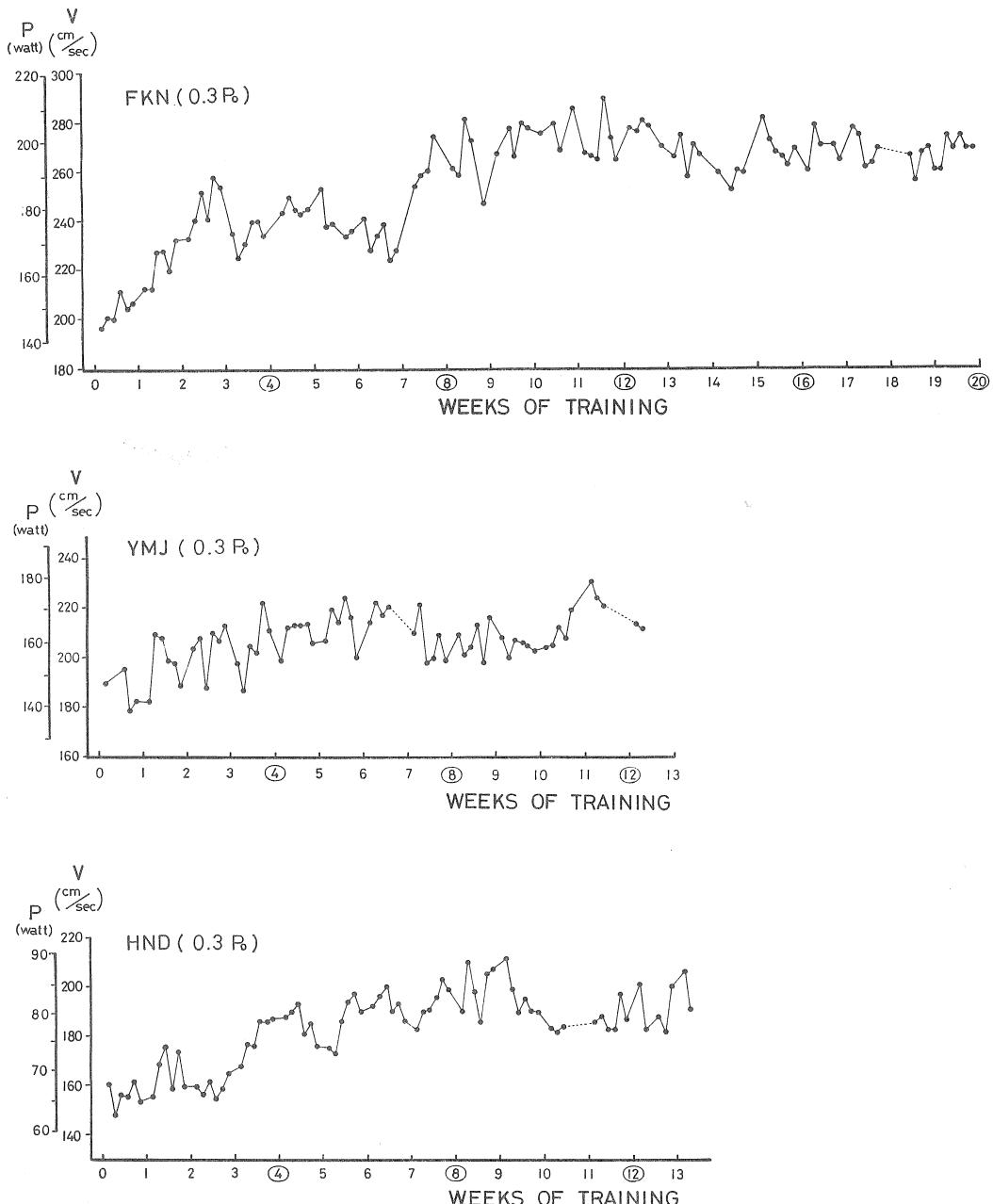


図 2-c トレーニング前に最大筋力の30%であった荷重を一定にしてこれを牽引するスピードとパワーを追跡したもの。

図3は以上の各グループから最も著明な上昇を示し、しかも20週間トレーニングを継続した者だけ（各1名づつ）を取り出し、そのトレーニング負荷における成績の増加率を比較したものである。いずれの場合も、約12週間目（3ヶ月）まで明らかな上昇経過を辿るという点に共通性が見ら

れる。増加率の差異は、それぞれの成績が内容を異にするものであって、一概に効果の大小を論ずることは出来ない。むしろ、これらの増加率は、それぞれのトレーニング負荷によるトレーニング可能性の限界を示唆するものと解した方が妥当である。

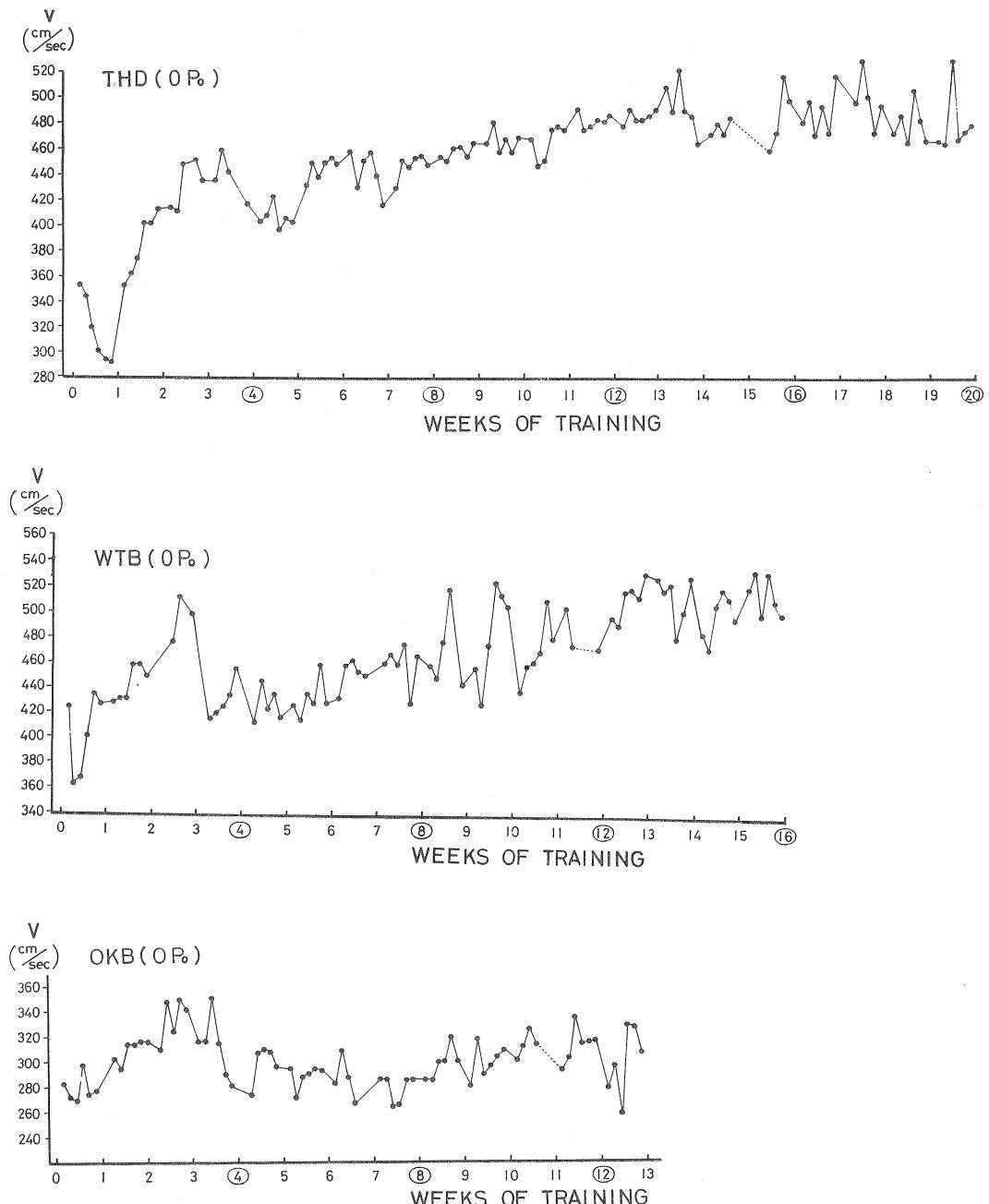


図 2-d 無荷重で最大速度を発揮するトレーニングにおける最大速度の推移。

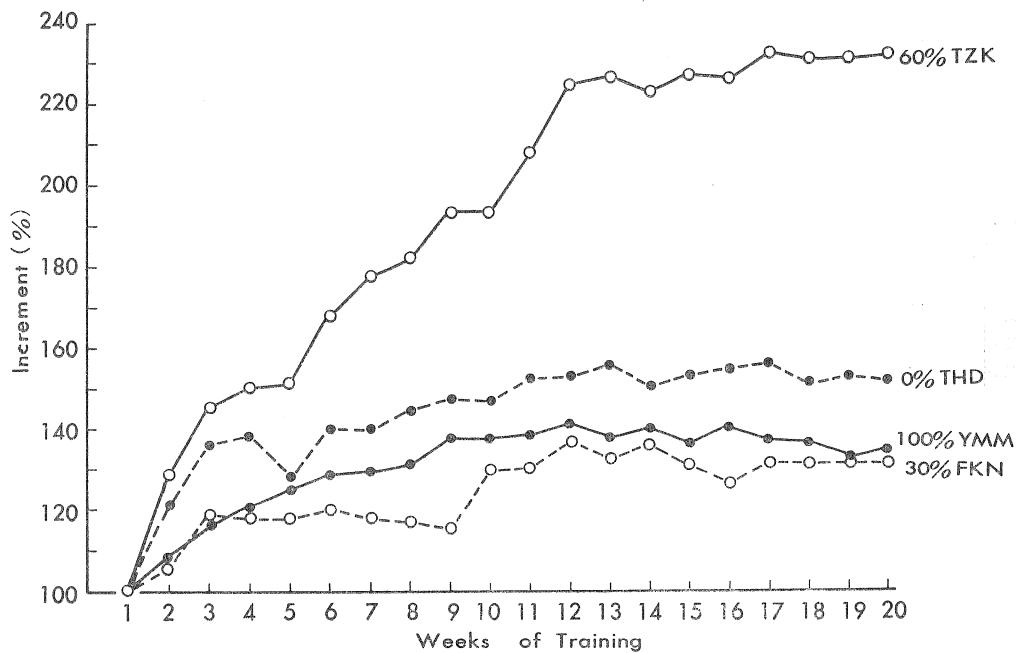


図 3 20週間トレーニングを継続した4被検者(各トレーニング群から各1)のパワー増加率。

b) 力に対する速度とパワーに及ぼすトレーニング効果

トレーニング前および4週目毎に行ったテストの結果に基づき、力(または荷重)に対する速度

とパワーの関係の推移を示したものが図4のa～dである。

双曲線型の力対速度関係では、全テスト成績をプロットしてそれらの傾向線を描いたが、その上

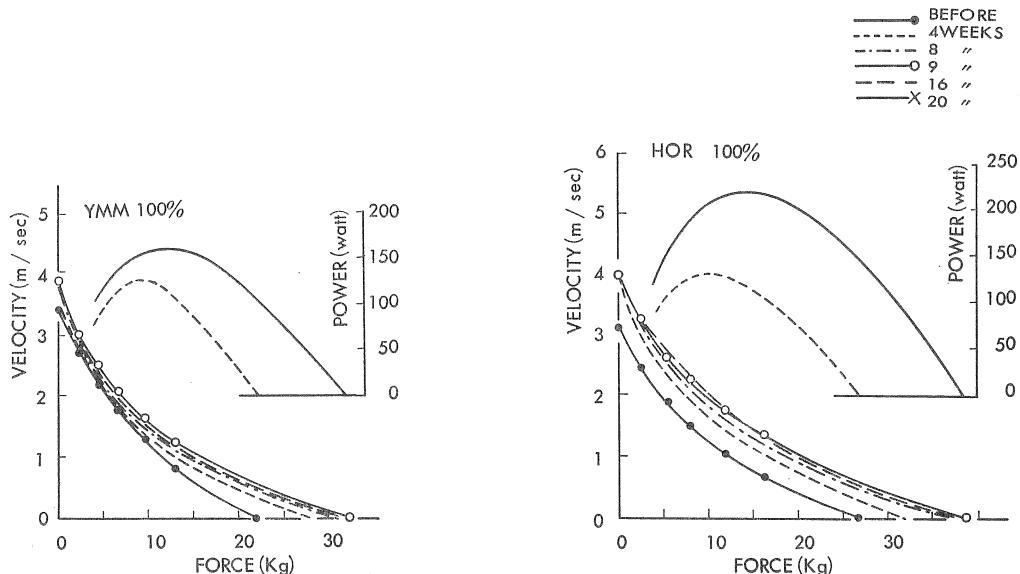


図 4-a 最大筋力( $F_0$ または $100\%F_0$ )を発揮するトレーニングの効果  
(凹型曲線は力対速度の関係、凸型曲線は力対パワーの関係)

方で凸型をした力対パワー関係については、トレーニング前と終了時のテスト結果のみに対応するものを示した。

図4—aは、最大筋力（100%  $F_o$ ）のトレーニングをしたグループの結果である。被検者YMMの改善傾向は、最大筋力（F軸との交点）と力の要る負荷条件でのスピードに明らかな増加を示し、最大速度（V軸との交点）では極めて僅かの

上昇しか認められない。もう1人のHORの場合は、全般的に上昇した様相を呈しているが、その経過をよくみると、最大速度の増加はトレーニング開始後最初のテストにおいてのみ起り、その後は殆んど変化していない。この点を考慮すると、HORの場合もやはり筋力的要素への効果に特徴を示したと解される。両者の力対速度関係を反映してパワーも、力の要る条件下で効果が著しい。

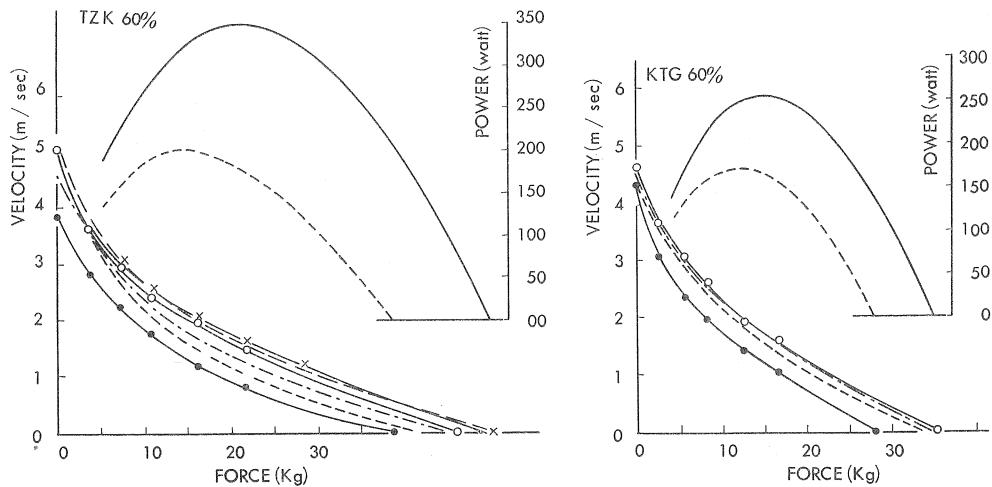


図 4-b 最大筋力の60の負荷 (60%  $F_o$ ) でのトレーニング効果

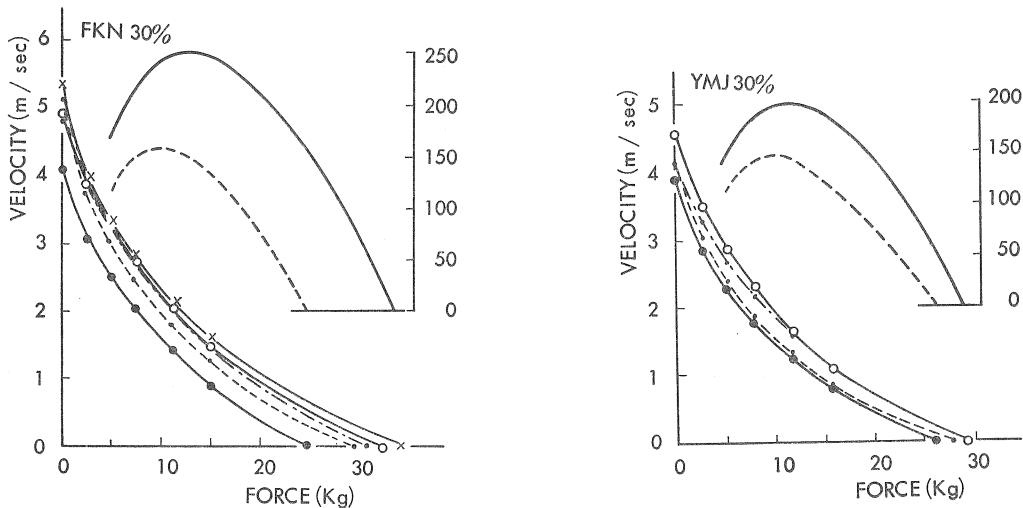


図 4-c 最大筋力の30%の負荷でのトレーニング効果

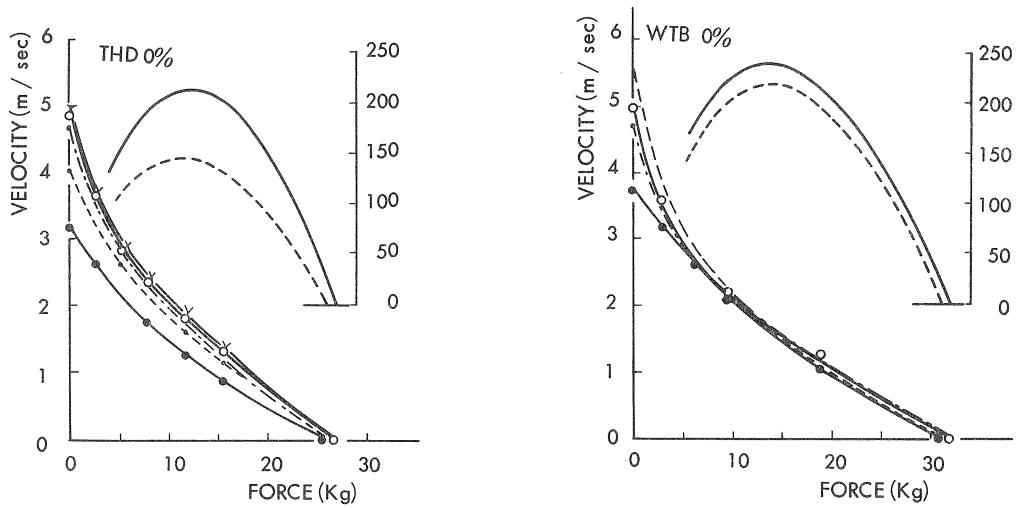


図 4-d 最大筋力の 0 % (空振り) でのトレーニング効果

この筋力トレーニング群と対照的なのが図 4-d の 0 % Fo 群 (空振り) である。

二人の被検者ともに最大筋力には殆んど変化がないが、最大速度 (空振り速度) は両人とも明らかに増加している。しかし中間的負荷に対するスピード (及びパワー) には異った結果を生じ、THD では最大速度の上昇に伴って中間的負荷に対するスピードも増加しているが、一方の WTB では殆んど変化がない。図 4-b (60%Fo) と 4-c (30%Fo) を見ると、最大筋力から最大速度に至る全般に上昇傾向が見られる。但し両群間の効果の差異は判じ難いが、60%負荷群の方がやや増加が著しいようである。図は省略したが他に 2 人の女子被検者が含まれ、0 %Fo の OKB に殆んど見るべき変化がなく、30%Fo の HND の場合は力の要るパワーにやや特徴的な増加が観察された。

### c) 筋の断面積当りの筋力とパワーの増加

トレーニングの前後に、猪飼と福永 (1968) による超音波法で、上腕屈筋群を測定した。図 5 は、筋断面積の増加量 ( $\Delta A \text{ cm}^2$ ) に対する最大筋力の増加量 ( $\Delta F \text{ kg}$ ) と最大パワーの増加量 ( $\Delta P_{\max} \text{ watt}$ ) の関係を示したものである。最大筋力トレーニング群 (10 と 10') と 60% 負荷群 (6 と 6') では、最大筋力と断面積の増加が著しく、その比 ( $\Delta F / \Delta A$ ) は約 8 ~ 10 kg/cm<sup>2</sup> である。0 % Fo の

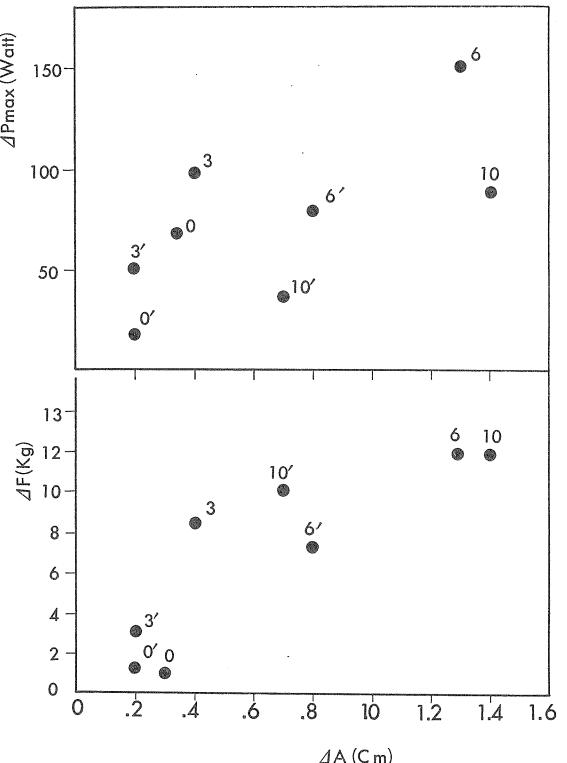


図 5 肘関節屈筋群の断面の増加量 ( $\Delta A$ ) に対する等尺性筋力の増加量 ( $\Delta F$ ) と最大パワーの増加量 ( $\Delta P_{\max}$ ) の関係、0: 0% Fo トレーニング、3: 0.3% Fo トレーニング、6: 0.6% Fo トレーニング、10: 1% Fo トレーニングの各被検者 (各トレーニング群 2 名を区別するためダッシュを印した)

二人（0と0'）及び30%Foの1人（3'）では筋力、断面積とも殆んど増加していない。30%Foの1（3）人の場合、筋断面の増加が少ない割に筋力が増えている。瞬発的な牽引のトレーニング刺激は、あるいはこのような結果をもたらし得るのかも知れない。

最大パワー（P<sub>vmax</sub>）の場合は筋力（Fo）の増加傾向と若干相違している。殊に、Fo群の10と60%の6、同様に10'と6'を比較すると、パワーの増加量では筋力トレーニングより60%負荷群の方が好ましい結果をもたらす可能性を示唆している。また0%，30%負荷群のパワー増加量も、筋力増加量ほど他群との差異がない。

#### <要約>

以上のトレーニング効果の現われ方について、その傾向を要約すると次のような。

- 1) 無荷重で最大速度を繰り返すトレーニング

（0%Fo）では最大速度が増加し、最大筋力には変化がなく、パワーへの効果は他のトレーニング群に比べて低い。

2) 最大筋力を発揮するトレーニングは、筋力ならびに力を要するパワーに効果が著しいが、最大スピードへの効果は少ない。但し、筋力が増すことによって最大スピードが減退するというような現象も見られない。

3) 最大筋力の30%または60%負荷でのトレーニングは、最大筋力、最大スピードおよび中間的負荷に対するスピードとパワーの全般に効果を示すという特徴が見られた。但し、30%と60%の両負荷群の特徴的差異は明らかでない。

本実験は一つの Pilot study であって、パワーの効果的トレーニング方法を見出す為には、更に多數の被検者についての検証が必要であり、またトレーニング刺激の設定方法も今後に残された課題である。（以上）

## 力とスピードのトレーニング処方に関する研究

III 競技者班代表：加藤 橋夫  
松井 秀治  
石井 喜八

動きにスピードがあるというとき、からだ全体の重心の移動速度が大きいことであったり、スポーツルールズに規定された重量物を動かす速度が大きいことであったりする。これらは各関節ごとの角速度および直線速度の大なることは筋の収縮速度や神経系の協応の速さに大きく依存していると考えられる。

われわれの班は昭和45年度の力とスピードのトレーニング処方に関する研究に参画し、次のような分担をもって競技者を対象に行なってきた。

(1) 加藤橋夫、石井喜八

握れないボール（ハンドボール）投げの分析

(2) 松井秀治

(1) 握れるボール（軟式野球ボール）投げの分析

(2) 陸上および水泳選手のスピードトレーニング

(1) 小野三嗣、窪田登  
重量拳撃上スピードと筋活動

### 1) 握れないボール（ハンドボール）の投げの分析

投げの動作の分析はこれまで多くの人々によって行なわれてきている。投てき物についていえば、野球、バスケットボール、ハンドボール、ソフトボール、あるいは陸上競技の投てき物について調べられてきた。しかし、それらの研究の多くは投てき物の手から離れるときの速度（投てき初速）であったり、投てき物に力を加えている間の速度の変化をしらべるものであったり、各関節角度の変化の過程をとらえるものであった。一方では、手から離れて後の拡張軌跡をしらべ、その投てき初速と投射角の関係から拡張運動をみている

ものも多い。これらは動作の分析といわれながら、それぞれの競技の目的に応じた技術の分析という潜在意識が結果のまとめからうかがえるのである。

各種の投てき動作の研究の中でも、比較的、広範囲に動作分析をされているものにハンドボール投げがある。ハンドボールは現在の日本人の手で握ぎれるか握れないかの限界にある大きさのボールである。正確にいえば男子用が58cm～60cmであり、女子用が54cm～56cmというところである。

ハンドボール投げの研究では競技そのものに役立つというよりも、研究の多くがスポーツテストの種目であるという立場から出発しているように思われる。スポーツテストの中で、ハンドボール投げによってとらえられる体力または運動能力の要素は何かという観点がそれぞれの異った研究者の間に貫ぬかれていたようである。例えば、ハンドボール投げについての筋電図学的研究では、からだの個々の筋肉はどれが大きく関与し、どんな順序で、いつ働くのかとか、一関節ごとに測定された能力は投てき距離、投てき初速にどのような相関があるかとか、また、どのようなフォームが初心者に多いか、それがくりかえし動作によってフォームや投てき初速がどのように変わるかとかテスト種目であるハンドボール投げの技術要素をみているのである。

本研究委員の一人である石井は投げの主動作として、ボールが後方に引かれた最後端から、ボールが前方に導かれ手から離れるまでの力の作用経過を求める一方、その間で最大の力がどれ位の大きさで働くかをフィルム分析法によってみてい る。

われわれは本研究においても同様の解析法を用いた。大きさが同一で重量の異なる5種類のボールを投げさせた。大きさを同一にしたのは空気抵抗の係数を一定にし、速度と抵抗の関係だけにしたかったからである。

投てき動作は重量の異なるそれぞれのボールを同一人に力一ぱい投げさせた。その主動作（ボールが後方にひかれた最後端から、ボールを前方に導き手から離れるまで）の中でボールの移動距離と時間経過から、ボールの速度、加速度の変化、

および作用した力とパワーを求めた。そこで、ボールの重量とボールが手から離れるときの速度との関係、また、ボールに加わる力とボールの手から離れるときの速度の関係をみた。

このような分析をすることによって、手で握れないボール投げのときに、どのような力学的因素が介入しているかをとらえ、特にその中で、重量または作用力と速度との関係から体力の中で上肢で発揮されるパワーを求めていたと考えた。このようにして、投げについての力と速度から上肢のトレーニングの要素を明らかにしたいと思ったのである。

#### 測定方法

投球動作はボレックスH16・レフレックス型撮影機により16mmネガフィルムに記録した。フィルム送りの速さは毎秒64カットを用い、ゼンマイによるフィルム送りのため、一動作終了後、その都度ゼンマイを巻き直し、フィルムが動きだしてから動作を開始させた。

撮影機は被写体から6m離れて構え、レンズの高さは地上1.8mとした。6mの被写体距離はレンズの球面収差による記録差と被写体距離を遠くすることによってフィルム上の記録が小さくなり、拡大分析画面上の映像が小さくなることから生ずる実移動距離換算の誤差は相反する条件なので、これらのかね合いから設定した。また、地上1.8mというレンズの高さはボール投てきの軌跡がこの高さを平均として描がかかるという予備実験から定められたものである。

投球動作はその場で、助走なしに力一ぱい投げさせた。試行のすべてはオーバーハンドスローであった。

今回使用したボールは外周を58cmに統一し、ボールの重量を900g、750g、600g、450g、300gの5種類とし、特別注文で作らせた。参考として、ハンドボール競技では450gを用い、また、運動能力テストのハンドボール投げに用いるボールは325g～400gである。

被検者はハンドボール選手男子4名であった。同一重量のボールは3回の試行が与えられ、試行と試行との間隔は約1分間であった。したがって、被検者ごとに15回づつそれが投げたこと

になる。

分析の対象となった動作の範囲は主動作である。投げの動作はワインドアップまたはバックワードスイングによる予備動作と、バックワードスイングによって後方に導かれたボールの最後端から、前方にボールを導き手から離れるまでの主動作、およびボールが手から離れてから、上体と上肢のもつ運動量の処理としてのフォロースルーに区分されよう。

映像と一緒にフィルム上に1mのマークを入れた。16mmフィルム引伸器にフィルムをかけ、ボールの水平移動距離をカットごとに0.5mm単位まで測定したが、実移動距離換算の縮尺率を映像上でとらえるために規準尺を入れたのである。

引伸器によって写された像は1mの長さが5cmとなっていたので20分の1に縮尺されていたことになる。

引伸器で拡大された像の上のボールの水平移動距離には縮尺率の逆数をかけて、実際の移動距

離に換算した。

結果の段階では、それぞれ同一重量について3回ずつ投げた各成績の平均値をもって検討することとした。

### 結果と考察

所要時間に対するボールの実移動距離の関係が第1図に示されている。これをみれば、ボールの実移動距離は1.90m～2.20mの範囲にあり、重量および個人差はあまり認められない。所要時間は300ミリ秒～320ミリ秒の範囲に大部分がある。これについても個人差および重量の差があまりみられない。距離(Y)に対して、時間(X)は $Y = aX^b$ という形を示しているように思われる。強いて差異をいおうとすれば100ミリ秒から200ミリ秒、すなわち投げの主動作の中間移行期にバラツキのみられるところである。

そこで、各所要時間あたりの移動距離を求めてみた。すなわち速度の変化を求めたのである。これが第2図に示されている。

ボールは最初100ミリ秒までスムーズに速さを増し、毎秒5mに達した。次いで、100ミリ秒から200ミリ秒まで一定速度を示している。これをすぎると、急速に速度の変化をあらわし、增速している。そして、およそ最終速度は20m/secから30m/secの間に分布する。ボールの重さが900gであるときに最終速度は低く、漸次重量が軽くなるにつれて、終速度は速くなり、本実験で一番軽い

図 2

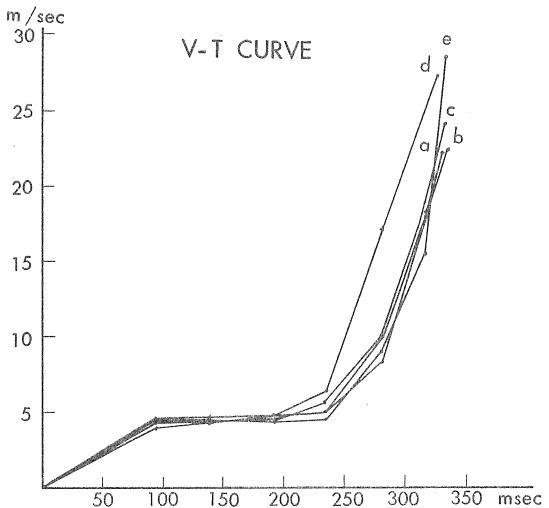
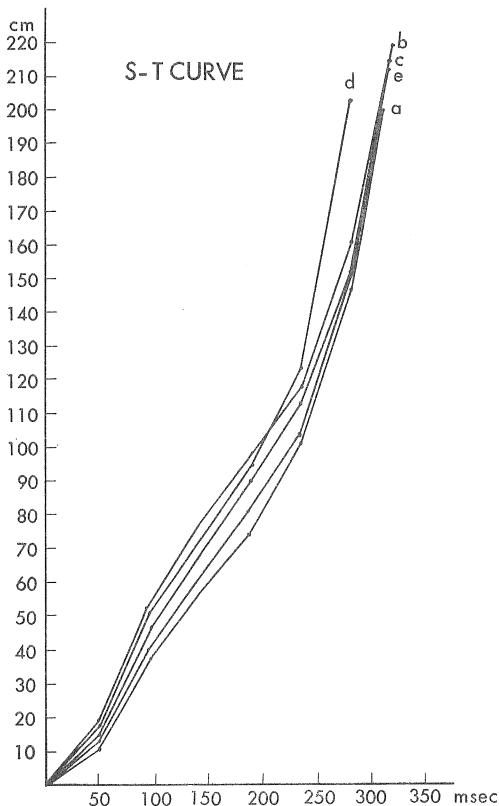


図 1



ボールであった 300 g のときに一番速い終速度を示した。

時間に対する速度曲線の型は重量に影響されることなく、ほとんど同様の型を示した。すなわち、初速の 100 ミリ秒の間に速度上昇期、次期の 100 ミリ秒の間で一定速度期、最後の 100 ミリ秒の間に急激な速度上昇が再びみられた。最後の急激な速度上昇期では 100 ミリ秒の間に 20 m/sec ~ 25 m/sec の速度を獲得しているのである。

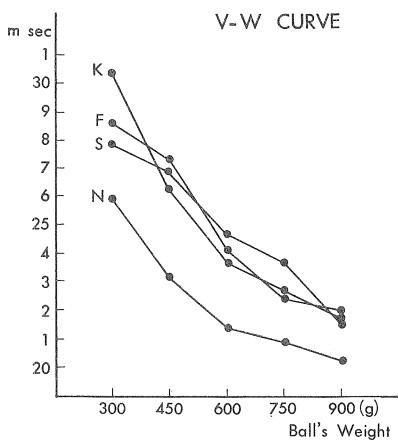


図 3

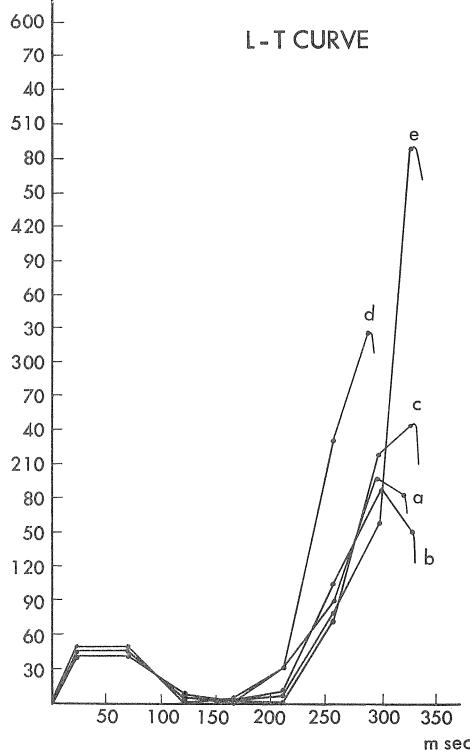


図 4

求めた速度の最高値（終速度となった）とボールの重量との関係を図であらわしてみたのが第 3 図である。これをみると、ボールが軽いときに最終速度が大きく、重くなるにしたがって速度が低下していくことがわかる。これはボールの重量が 300 g ~ 900 g であるのに対し、速度の変化量は 10 m/sec にも達している。

そこで単位時間あたりの速度変化を求めてみることにした。すなわち、加速度の変化を求めてみたわけである。これが第 4 図にあらわされている。この加速度——時間曲線をみると、2 つの山がみられる。第 3 期、すなわちボールが手から離れるときの加速度がだんぜん大きく、初期相の約 50 m/sec² に比較して 200 m/sec² から 500 m/sec² の間に分布している。したがって、およそ 4 ~ 10 倍の加速をしている。

いずれにしても手から離れるときの最終加速度が各重量とも、もっとも大きいことがみられる。ところで、各重量に対する最終加速度は 900 g の重量のときに 200 m/sec² である。

750 g のときにはこれとあまりかわらないが、600 g になれば、250 m/sec² となり、450 g では 330 m/sec² となり、300 g のボールの重量では 500 m/sec² にも達しているのである。

加速度は一義的に作用した力に比例するので、加速度曲線の大きな山があらわれたところで、投げきる者の力がボールに作用したということがわかる。いいかえれば、加速度時間曲線は力の作用の経過をあらわしていることになる。

そこで、加速度の最大値を用い、投げられたボールの重量を次式に入れ、作用した最大の力を求

表 作用した最大の力 g

被検者	900g	750g	600g	450g	300g
F	18.2	14.6	14.9	15.0	15.0
S	20.1	25.9	21.2	20.7	15.0
K	19.9	16.2	18.4	12.4	12.8
N	13.8	10.9	10.9	10.7	7.7
$\bar{X}$	18.0	16.9	16.4	14.7	12.6

$$f = \frac{m}{g} \cdot \alpha_{\max}$$

(kg)

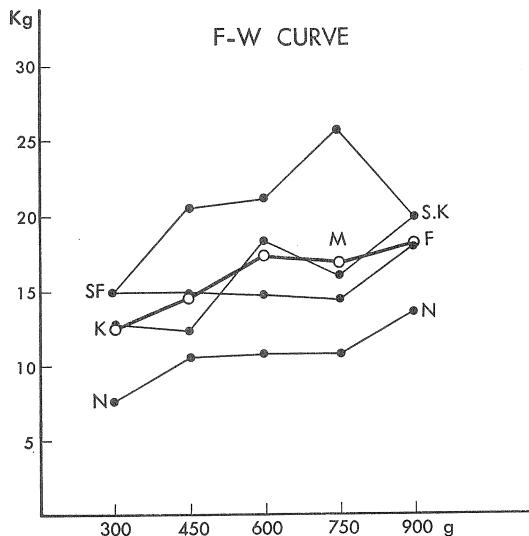


図 5

めてみた。すなわち、

$$f = \frac{m}{g} \cdot \alpha_{\max}$$

にあてはめてみると、各被検者ごとの各重量のときの算出した力は第1表のごとくであった。これを見ると作用した最大の力は25.9kgから7.7kgの間にあった。これは個人によって発揮される筋力の影響が大きいのであろう。そこで、個人別にみてみると、それぞれのボールの重量が大きければ、作用した力が大きく働き、重量が軽くなついくにしたがい、作用した力が小さくなるという傾向にある。これを示したもののが第5図である。

これからいえることは、およそ15kgの力が作用していること、600g以上での重量ではそれよりも大きく、300gでは15kgよりも小さな力が作用していると、これらの平均値からいえそうである。

ところで、ボールを投げるときのパワーは、どのようにであろうか。ボール投げを指導するときは全身で投げろといわれるが、その主動筋などからみて上肢が大きく関係していることは明らかである。しかし、上肢が出力源であるのか、力の伝達機構であるかは明らかではないが、少くとも所要時間の経過からみて、手からボールが離れる。

・100ミリ秒の間に加速されるので、かなり上肢が出力源として、関係しているとみてよいように思われる。

表 発揮された瞬間の最大馬力 g

被検者	900 g	750 g	600 g	450 g	300 g
F	5.3	4.3	4.7	5.4	5.6
S	5.7	8.1	6.9	7.3	5.5
K	5.7	4.8	5.7	4.3	5.1
N	3.7	3.0	3.3	3.3	2.6
X	5.1	5.1	5.2	5.1	4.7

(馬力)

$$P = f v_{\max}$$

(76.1 kgm/sec = 1 HP)

そこで、これまで求めてきたボールの速度と作用した力からパワーを求めるにした。すなわち、作用したパワーとして次式によって求めたわけである。すなわち

$$\phi = f_{\max} \cdot V_{\max}$$

である。

これによって求めた値が第2表に示されている。力はkgであらわされ、速さはm/secであらわしてきたので、これらを馬力に換算するときは76.1 kgm/secを1馬力として使用した。

求めた瞬間の最大馬力は最大値が8.1HPから、最低値2.6HPを示した。4名のそれぞれのボールの重量に対する馬力の平均値をみてみると、ほぼ5馬力になっているのはおもしろい。同一被検者が力一ぱいの出力で投げを行なうのであるか

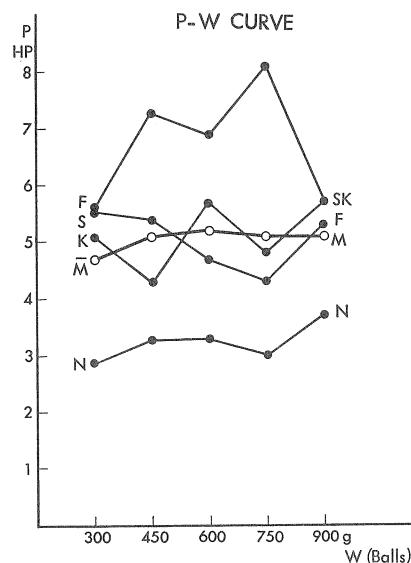


図 6

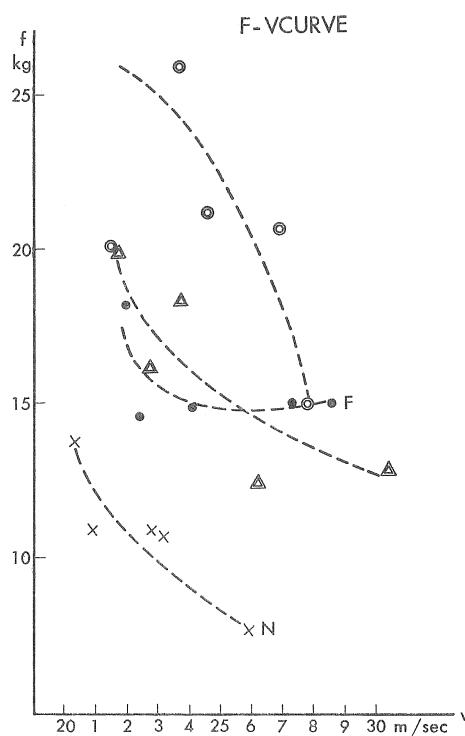


図 7

ら、当然といえばそれまでであるが、このような仕事率を示しながらもなお作用した力は投げ物の重量によって異なるのであるし、投げ物の重量が異なれば、また、ボールの最終速度も変ってくるのである。

そこで、横軸に速度をとり、縦軸に作用した力をとて、速度—力曲線を求めてみた。

これをみると、各被検者が個々の特性を示している。すなわち、2名（図中K・N）は速度が大きければ力は小さく、速度が小さければ作用力が大きいという結果を示した。この傾向は指數関数的であり、いわゆる速度—力曲線を示しているように思われる。また、他の1名（F）は類似の傾向を示すのであるが、速度が大きくなても力の低下はみられないである。更に、残りの1名（S）は指數関数的ではなく、直線的逆相関のように見える。この点については鋭意検討中であり、実験を行ない、現在の時点では分析中で加えることができない。

本研究においては、投げ物の身体内に発揮された力がボールに有効に伝達されるために競技者

を用いた。そして、ボールのところに働いた力と速度の時間的変化およびボールにあらわれる仕事率をみたが、これらの力や速度や仕事率は体幹、それを支える下肢、および投げ物運動に直接関係のある上肢の総合力と運動の速度が、手掌および指先に伝えられたと考えられる。

摘出筋では W. O. Fenn らが、また、骨格に付着したままの生体の筋については猪飼、金子らが、力と収縮速度の関係を分析しているが、人体の総合力としてあらわれる全身運動はスポーツ体育運動に興味ある資料を提供できると思われるし、この時点から力とスピードのトレーニング处方に解決を与える手段にもなると考えている。

#### 要約

1. 16mmフィルムと映画分析法を用いて、ハンドボール投げの動作を分析した。
2. 被検者は関西学生リーグ同率首位のチームの選手である。
3. ハンドボール投げの動作はオーバーハンドスローを用い、ボールの大きさは同一で重量が、900g, 750g, 600g, 450g, 300g の5種類を用いた。
4. それぞれの被検者について、各重量ごとのボールの距離・時間曲線を求めた。これらの曲線を微分することによって、速度・時間曲線を求め、更に、再微分して、加速度時間曲線を求めた。
5. 以上のそれぞれの曲線から、次のことを観察した。
  - a) ボールの実際に移動した距離
  - b) 主動作の所要時間
  - c) それぞれのボールの重量と手から離れるときの速度との関係
  - d) 加速度の時間経過から、一義的に関係ある作用した力の経過
  - e) 最高加速度とボールの質量から算出した作用した力
  - f) 作用した力とボール速度から瞬間に発揮された最大馬力
  - g) ボールの重量と瞬間最大馬力の関係
  - h) 発揮された馬力の検討としての力・速度曲線による個人の特徴

6. その結果、次のようなことがわかった。
  - a) ボールの移動距離はおよそ 2 m である。ボールの重さによる差は認められない。
  - b) 主動作の所要時間は 300~320 ミリ秒であり、ボールの重さによる差がない。
  - c) (i) 速度時間曲線は時間の経過に伴って 3 つの期間に区分された。第一は速度が加えられるとき、中間期は速度一定、最後は極度に速度を増大させる時期である。  
これらはおよそ 100 ミリ秒ずつの時間である。  
(ii) ボールが重くなれば速度は低下した。その範囲は 30m/sec から 20m/sec の間の約 10m/sec である。
  - d) 加速度の時間経過は 2 つの大きな山をえがき、後の山（第三期）は前の山（第一期）の約 4 倍～10 倍に達した。数値でいえば第一期が 50m/sec<sup>2</sup> であるのに対し、ボールの重量によって第三期は 200～500m/sec<sup>2</sup> に分布した。

#### 文 献

- 1) Fenn, W. O. : A quantitative comparison between the energy liberated and the work performed by the isolated muscle of the frog. J. Physiology (1929) 58, 175～203.
- 2) Fenn, W. O., H. Brody & A. Petrilli : The tension developed by human muscles at different velocities of shortening. Am. J. Physiol. (1931) 97, 1-14.
- 3) 猪飼道夫, 金子公宥: パワー(瞬発力)の研究(1), (2)体育の科学 15: 571～576, 634～639, 1965
- 4) Kaneko, M. : The relation between force, velocity and mechanical power in human muscle, Res. J. physical education, 14(3)
- 5) 石井喜八, 山崎武: 投球動作の分析—ハンドボール投げの場合—, 大阪体育大学紀要 Vol 1., 23-29, (1968)

## 握れるボール(軟式野球ボール)の投げの分析

報 告 者: 松井 秀治  
 研究協力者 宮下 充正 豊島進太郎  
                  星川 保

本研究の特徴は測定装置にあるように思われる。名古屋大学グループはカドニウム・セルを要素とした速度測定装置を試作した。そこで、本装置を用いて軟式野球(外周 22.8cm～23.0cm)の大きさのまったく等しいボールで、重量が 100g～500g まで、50g ずつ増重をした 9 種類のボール

を使用し、それら重量の異なるボールの速度と重量の関係を考察した。

#### 速度測定装置の発展

これまで行なわれてきた速度に関する研究はストップウォッチによるマクロ測定から、高速度フィルム撮影によるミクロ測定までいろいろ認めら

れる。一方電気的測定装置の改良にともない速度を電気的に測定しようという試みも行なわれている。

電気的測定は Marey (1894) に始まる。彼は支持棒に直角にとりつけた横木に被検者がふると同時に電気回路が切れ、その時間が計測できるようにした。その後、Hill (1928) は直線走路の一定距離にコイル(巻線)をつけた支柱を設置し、被検者の胸にはマグネットをつけ走路を走らせた。被検者が支柱のコイルに近づくとマグネットの磁界の変化によって、コイルに起電力が生ずる。これを増幅器を通して記録し、疾走速度を求めている。

わが国においても鈴木 (1937) は光電管を用い、Hill のコイルにかえて同様式により疾走速度を測定している。また、猪飼ら (1951) は被検者の通過時を目測し、カイモグラフに連結されたキーを押して記録し、同様分析を試みている。1963年には Hill のコイル、鈴木の光電管にかえて光電導セルの内部抵抗の変化をオシログラフに導き、疾走速度を解析した。浅川ら (1968) はフォトトランジスターによって同一試みを行なった。一方変った方法としては Gundlach (1963) が食塩水をまいたコースを電極のついたスパイクで走り、接近時間、空中時間および疾走速度を算出している。

人間の動作によって投げ出されたり、蹴り出されたりしたボールの速度の測定に関しては次のような研究がある。すなわち、Slater-Hammel (1952) はスイッチ回路方式により、戸丸ら (1968) はボールと発電機の滑車をヒモで結び、発電機の起電力によって、また、Nelson (1966) は photo cell を用いて刺激電流を求め時間計測に役立てようとしている。

#### 新しい速度測定装置の試作

##### 1) 回路

本研究では日立製 CdS を 5 個、並列に 5 cm 間隔に並べ、どの CdS をボールが通過してもシグナルが記録できるように回路を組んだ。

CdS のピックアップからレコーダーまでのプロックダイアグラムを第一図に示してある。

CdS の抵抗変化が電流変化となってあらわれる

ようやくダイオードを介して 5 個の CdS・1 個にでも変化があれば増幅器に導けるように回路を組んだわけである。なお CdS にあてる光源には自然光利用のため可変抵抗を介在させた。精度は 1,000 m/sec まで測定可能である。

##### 2) 記録

増幅器を介して送られる信号はビジグラフ(三栄測器製)に記録した。記録用紙の送り速度は 100cm/sec であり、時間信号は 1/100sec が同時記録されている。

さきに述べた測定装置を 2 台、100cm 離してセットした。したがって、記録には 2 つのシグナルがあらわれ、第 1 と第 2 のシグナルまでの時間を算出し、100cm の距離を除して 2 つの装置の通過速度を求めた。

##### 3) 実験の方法

われわれは握れるボールを投げるという動作をとりあげた。すなわち、軟式野球ボール(外周 22.8cm~23.0cm)の同一の大きさで、重量が 100g, 150g, 200g……と 50g ずつ増重し、500g まで 9 種類のボールを用いた。

投球動作は胸の前に保持するという姿勢、つまり野球のセットポジションから水平方向に最大の努力で投げさせた。測定に際してはそれぞれのボールの重量を 5 試技ずつ行い、5 回のうちの最高値をとった。各投球におけるインターバルは十分に考慮して行なった。

被検者は成人男子 3 名で、身長は M. H. が 158cm, K. K. が 178cm, S. T. が 165cm であった。

#### 測定結果

各被検者の各重量に対するボールの速さの最高

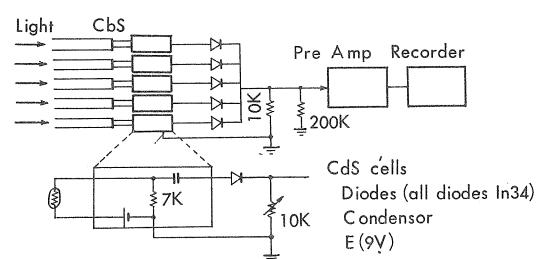


図 1 ブロックダイアグラム

表 1 各被検者の最高スピード (m/sec)

Sub.	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	W (g)								
M. H.	26.3	25.6	23.2	22.4	20.6	20.4	19.6	19.0	18.3
S. T.	30.3	28.3	26.3	25.0	23.8	21.7	19.6	18.8	17.0
K. K.	25.9	25.3	25.0	21.9	21.7	21.2	20.8	19.6	18.8

値は表1に示されている。比較的軽いボールではS. T. が速く、100 g のボールで30.3 m/sec であり重い500 g のボールではK. K. が速く、18.8 m/sec を示した。

負荷重量とボールの速度の関係は図3に示すように、各被検者によって傾斜はやや異なるが、いずれの場合も、ボールの重量の増加とともに速度も低下するという傾向である。

度が低下するという傾向である。

## 文 献

- Abbott, B. C., and D. R. Wilkie : The relation between velocity of shortening and the tension-length curve of skeletal muscle. *J. Physiol.* 120 : 214-233, 1953.
- 浅川正一, 武政喜代次, 古藤高良, 関岡康雄 : エレクトロニクスカウンターによる疾走速度の分析的研究—特に最高速度と速度係数に関して—東京教育大学, 体育学部紀要。7 : 133-141, 1968.
- Cavagna, G. A., B. Dusman, and R. Margaria : Positive work done by a previously stretched muscle. *J. Appl. Physiol.* 24(1) : 21-32, 1968.
- Gundlach, H. : 歩幅, 歩数からみた100m 疾走速度の研究, *Olympia.*, 20 : 303~305, 1968.
- Hill, A. V. : The heat of shortening and the dynamic constants of muscles. *Proc. Roy. Soc., London, Ser. B.* 126 : 136-195, 1938.
- 猪飼道夫 : 体育学講座II (日本体育指導者連盟編) 体育の科学社, 164-165, 1951.
- 猪飼道夫, 芝山秀太郎, 石井喜八 : 疾走能力の分析, 一短距離走のキネシオロジー, 体育学研究, 7-3 : 59-70, 1963.
- 金子公有 : 慣性エルゴメーターによる人体筋パワーの測定, 体育学研究, 8-3, 4 : 72-82, 1965
- Furusawa, K., A. V. Hill, and J. L. Parkinson : The dynamics of "sprint" running. *Proc. Roy. Soc., London, Ser. B.* 102 : 29-42, 1928.
- Marey, E. J. : *Le movement.* Paris, 1894.
- Nelson, R. C., G. Larson, C. Crauford, and D. Brose : Development of a ball velocity measuring device, *Res. Quart.*, 37(1) : 150-155, 1966.
- Slater-Hammel, A. T., and E. H. Andres : Velocity measurement of fast ball and curve ball. *Res. Quart.*, 23(1) : 95-97.
- 鈴木義雄 : 小学校児童の短距離疾走運動に関する研究, 千葉医学会雑誌 15-7 : 1078-1127, 1973.
- 浅見俊雄, 戸苅晴彦 : サッカーのキックに関する研究, 千葉医学会雑誌 15-7 : 1078-1127, 1973.

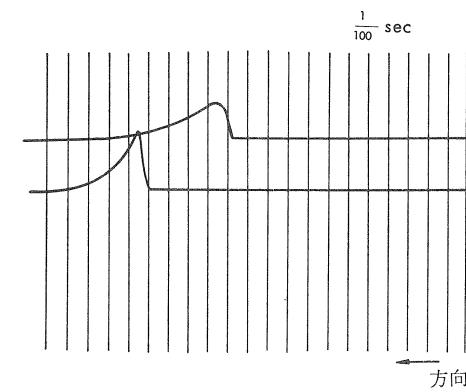


図 2 200gのボールを投げたときの記録

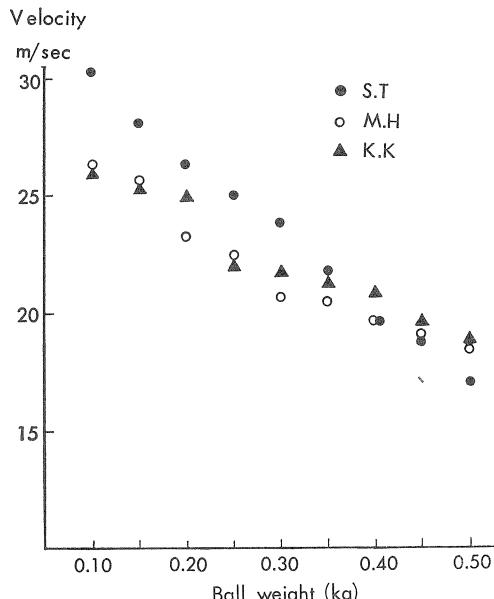


図 3 投げだされたボールの速度とボールの重量の関係

- る研究, 体育学研究, 12—4 : 267—272, 1968.
- 15) 豊島進太郎, 松井秀治, 宮下充正: (1969) 日本体育学会第20回大会発表。
- 16) Wilke, D. R: The relation between force and velocity in human muscle. J. Physiol., 110: 249—280, 1950.

## 陸上および水泳選手のスピードのトレーニング処方

報告者: 松井 秀治

研究協力者 宮下 充正 三浦 望慶  
小林 寛道 星川 保  
袖山 紘

スピードは、100m走のように短時間に発揮する文字通りの最高スピードと、ある距離や時間にわたってより高いスピードを維持するといった二つの場合に大別できよう。

ここでは、後者の場合について、陸上競技の長距離および水泳競技の選手を対象として測定をおこなった。

陸上競技や水泳競技で生み出しえるスピードは、その人の持つ代謝機能によるところから、スピードと酸素需要量の関係について、走では Sargent (1926), Yamaoka (1965), 水泳では Liljestrand (1919), Karpovich (1944), Yamaoka (1958) らによって明らかにされている。そして、これらの種目において高いスピードを維持し、好記録を生み出す要因となるものは酸素摂取量であることが Robinson (1937), Astrand (1955), Cureton (1951) ら多くの研究者によって示され、最大酸素摂取量がその指標として測定されている。しかし、競技成績(スピード)の異なる者について最大酸素摂取量を測定し、それらの関係を直接比較した資料はみられない。我々は、陸上競技と水泳競技で、競技成績の異なる者について最大酸素摂取量の測定をおこない、スピードトレーニング処方の基礎的資料を得ようとした。

### 測定経過

最大酸素摂取量の測定は、傾斜 8.6% ( $5^{\circ}$ ) のトレッドミルの速度を漸増させオールアウトまで走らせることによっておこなった。

トレッドミルの速さは、最初 2 分間は 1 定とし、水泳選手は 180m/min、陸上選手で 5000m を 15

分以上で走る者は 200m/min, 15 分以内で走る者は 220m/min とした。2 分後からは 1 分毎にいずれのグループも 10m/min ずつスピードあげ、オールアウトまで走らせた。その際、胸部双極誘導により心電図を、採気用マスクに装着したサーミスターにより呼吸を記録した。

呼気は、運動開始後 1 分毎にダグラスバッグに連続して採気しオールアウト直前の 2 分間の呼気を分析した。分析には Beckman ガス分析装置を用いた。

なお、各被験者のオールアウトタイムは 4~8 分の間であり、オールアウト直前の心拍数は 180 回/min 以上であったことから、最大酸素摂取量の値が得られたものとみられる。

### 結果

陸上競技選手の測定結果を 5000m のベスト記録順に示したものが表 1 である。なお、比較検討するため、これまで報告されている世界および日本の一流選手の測定値を文献から採用した。

我々の用いた被験者は、大学の長距離選手であり、形態的な面では各被験者に多きな差はみられなかった。最大換気量、最大酸素摂取量、体重当たり最大酸素摂取量の値は、5000m の記録がすぐれている者ほど大きかった。最大酸素摂取量と体重当たり最大酸素摂取量について記録別のグループでみると、14 分台の記録を持つ者 (7 名) の平均は  $3.84\ell/\text{min}$ ,  $70.9\text{ml/kg}\cdot\text{min}$ , 15 分台の者 (7 名) の平均は  $3.65\ell/\text{min}$ ,  $63.5\text{ml/kg}\cdot\text{min}$ , 16 分台の者 (9 名) の平均は  $3.35\ell/\text{min}$ ,  $60.3\text{ml/kg}\cdot\text{min}$ , 17 分台 (7 名) では  $2.95\ell/\text{min}$ ,  $55.0\text{ml/kg}\cdot\text{min}$  であり、17 分台では日

表 1 5000m の記録と身長、体重、最大換気量、最大酸素摂取量  
および体重当り最大酸素摂取量について

(表の下段に示した15名の測定値は世界及び日本の一流選手のものであり下記の文献から採用した)

No.	名 前	5000m の記録	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	最大換 気量 (l/分)	最大酸素 摂 取 量 (l/分)	体重当り の最大酸 素摂取量 (l/分/kg)	文 獻 番 号
1	Ichijo	14' 24" 8	23	159.0	54.0	133.2	4.27	79.1	
2	Kondo	14' 42" 0	20	166.0	53.5	115.2	3.85	72.0	
3	Negishi	14' 44" 2	20	165.0	56.5	114.1	4.04	71.5	
4	Okada	14' 44" 8	19	164.5	53.0	113.5	3.64	68.7	
5	Hasegawa	14' 49" 0	25	161.7	52.0	114.0	3.80	73.0	
6	Kasai	14' 49" 0	20	172.5	56.0	117.1	3.84	68.6	
7	Yamaguchi	14' 49" 2	20	168.0	54.5	94.0	3.46	63.5	
平均	n=7		21	165.2	54.2	114.5	3.84	70.9	
S. D				4.02	4.48	11.4	0.24	4.44	
8	Yamamura	15' 14" 0	19	170.0	57.0	123.1	4.28	75.1	
9	Murase	15' 15" 0	23	166.0	50.0	99.9	3.72	74.0	
10	Satonaka	15' 33" 5	20	161.0	51.0	81.2	3.04	59.6	
11	Sakata	15' 39" 0	20	178.0	63.5	109.7	4.18	65.8	
12	Kuroda	15' 49" 2	21	167.0	53.5	102.3	3.46	64.7	
13	Nakashima	15' 51" 0	22	163.0	51.0	73.7	3.00	58.8	
14	Hoshino	15' 58" 0	21	170.0	60.0	116.2	3.87	64.5	
平均	n=7		20.7	167.9	55.7	100.9	3.65	65.3	
S. D				5.16	4.36	16.6	0.47	5.14	
15	Nishida	16' 00" 8	21	174.0	62.0	96.0	3.42	55.1	
16	Kobayashi	16' 15" 0	21	170.0	56.0	100.9	3.50	62.5	
17	Ueda	16' 20" 0	21	168.1	57.0	114.6	3.80	66.7	
18	Kajita	16' 23" 0	20	160.0	51.0	96.3	3.72	72.9	
19	Minamikawa	16' 31" 0	20	169.5	61.0	110.7	3.54	54.2	
20	Otsuga	16' 43" 0	20	155.4	47.5	76.0	3.11	65.5	
21	Koda	16' 50" 0	20	166.0	56.0	107.3	3.29	58.8	
22	Takami	16' 20" 0	20	163.0	53.0	78.3	2.87	54.0	
23	Honda	16' 53" 0	19	166.0	59.5	116.3	2.89	48.6	
平均	n=9		20.2	165.8	56.1	99.6	3.35	60.3	
S. D				5.31	4.80	13.8	0.32	7.00	
24	Niimi	17' 05" 0	21	165.1	50.5	78.3	2.72	53.9	
25	Sakai	17' 06" 0	19	163.0	48.0	94.6	2.96	61.7	
26	Kawai	17' 24" 0	19	165.0	58.0	103.6	3.59	62.0	
27	Emoto	17' 24" 5	19	164.5	54.5	90.9	2.92	53.6	
28	Daito	17' 25" 0	21	167.0	48.5	81.5	2.82	58.1	
29	Yoshida	17' 48" 0	20	165.0	54.0	76.2	2.64	48.9	
30	Yamada	18' 07" 0	19	166.0	51.0	102.7	3.03	59.4	
平均	n=7		19.7	164.5	52.0	89.6	2.95	55.0	
S. D				3.77	1.00	10.46	0.91	4.48	

No.	名 前	5000mの記録	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	最大換 気量 (l/分)	最大酸素 摂 取 量 (l/分)	体重当り の最大酸 素摂取量 (l/分/kg)	:
1	Keino	13' 24" 2	25	178.0	60.0	151.0	4.92	82.0	(1)
2	Sawaki	13' 33" 0	23	176.0	62.2	161.5	4.81	77.0	(2)
3	L.	13' 49" 2	25	177.0	62.0	117.6	4.78	77.1	(1)
4	Sasaki	13' 53" 2	21	163.9	54.5	136.7	4.20	77.0	(2)
5	Suzuki	13' 55" 8	21	170.1	50.0	128.4	3.82	76.0	(2)
6	Usami	14' 07" 8	24	167.7	59.5	159.8	4.95	83.0	(2)
7	Koyama	14' 12" 10					4.99	78.1	(3)
8	Miyashita	14' 14" 0					4.37	82.1	(3)
9	Inoue	14' 14" 8	24	170.8	60.5	157.6	4.62	76.0	(2)
10	Ueoka	14' 15" 4	24	163.0	54.0	118.5	3.89	72.0	(2)
11	Kimihara	14' 20" 4	26	167.3	56.5	160.0	4.42	78.0	(2)
12	Hisada	14' 26" 6					3.70	72.6	(3)
13	Uchida	14' 27" 4					4.12	74.9	(3)
14	Kawaida	14' 33" 2					4.14	74.0	(3)
15	Tatsumi	14' 36" 10					3.73	70.0	(3)

(1) Saltin, B. and Astrand, P. O. : Maximal oxygen uptake in athletes, 1967.

(2) Kagaya, T. et al : Maximum oxygen uptake in Japanese top athletes. 1969.

(3) Aoki, J. : Private communication, 1969.

本人の平均値  $3.0\ell/\text{min}$  をやや下まわる値を示した。

図1, 図2は水泳選手の最大酸素摂取量について測定した結果である。比較するために別に測定した名古屋市在住の一般青少年の最大酸素摂取量の平均を実線で、標準偏差を点線で示した。これらの図から、水泳選手も、陸上選手と同様それぞれの種目で良い記録を出している一流選手が、最大酸素摂取量で大きな値を示していることがわかる。

#### トレーニング処方への示唆

1. 陸上競技の長距離、および水泳競技において、すぐれた記録を出した者は最大換気量、最大酸素摂取量、体重当り最大酸素摂取量などの値が大きい。世界の一流選手では最大酸素摂取量で  $5\ell/\text{min}$  を越す者も見られ (Snell...Cater 1965, Lash...Robinson 1937), 日本の一流マラソンランナーの平均は  $4.2\ell/\text{min}$  (加賀谷1969) であり、我々が対象とした陸上選手の測定値よりも大きい。これらのことから、最大酸素摂取量の大きい者、すなわち、これらの種目においてはいわゆる素質のある者を選ぶことがより高い記録を目指すトレーニングをおこなう場合の前提条件となる。

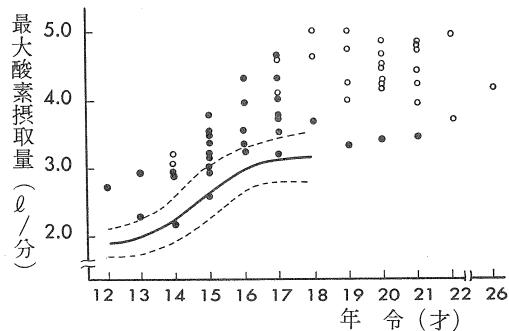


図1 錬習者（水泳選手）の最大酸素摂取量（男子）

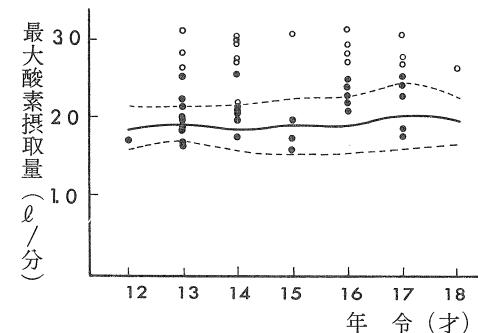


図2 錬習者（水泳選手）の最大酸素摂取量（女子）  
○は一流選手、●は二流選手  
実線は一般人の平均値、点線はその標準偏差

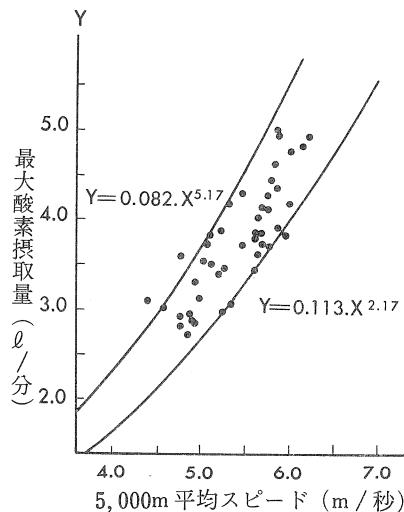


図 3 本実験結果に、他の報告結果を含めて図にしたもの、測定値が図中の 2 つの曲線の間にほぼ含まれることがわかる。

2. 我々の測定した陸上競技選手と他の報告の結果をまとめると、5000m の平均スピードと最大酸素摂取量の関係は図 3 のように示される。すなわち、かなりトレーニングを積んだ者の値は 2 つの曲線の間に存在する。つまり、この 2 つの曲線の幅は、同じ最大酸素摂取量同一身体資源を持つ者のスピードの幅を示している。

この図から、長距離のスピードのトレーニングは、最大酸素摂取量を高める Y 方向の向上と、平均スピードを高める X 方向の向上を目指すものが考えられる。しかし、最大酸素摂取量は主に素質に左右され、その向上には限度があると考えられるので、成人した大学選手の trainability は主に X 方向であると考えられる。松井（1967 体育学研究12の1）らはマラソン走行中は、最大酸素摂取量の約60%の酸素摂取を要すると報告しているが、その利用できる%を高める方向、もしくは同じ%で速いスピードが出せる効率の良い走り方を身につけることが主な課題となろう。

3. 最大酸素摂取量を高めるには、その機能が発達する時期に望ましい負荷を与えることが必要である。最大酸素摂取量は、図 3 にみられたように男子では13～18才にわたって著しい発達を示すので、この時期に発達を促す望ましい負荷を与える必要がある。

### 〔参考文献〕

- 1) Åstrand, P. O.: New Records in Human Power. *Nature*. 176 : 922—923, 1955.
- 2) Åstrand, P. O.: Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and age, Copenhagen. Munksgaard. 1952.
- 3) Carter, J. E. L. et al.: Structural and Functional Assessments on a Champion Runner-Peter Snell. *Research Quarterly* 38(3) : 335—364, 1967.
- 4) Cavagna, G. A., F. P. Saibene and R. Margaria : Mechanical Work in Running. *J. Appl. Physiol.* 19 (2) : 249—256, 1964.
- 5) Cureton, T. K. : Physical Fitness of Champion Athletes. University of Illinois Press. 316—350, 1951.
- 6) Doherty, J. K. : Modern Track and Field Prentice-Hall, Inc. 1964.
- 7) Fenn, W. O. : Work Against Gravity and Work due to Velocity Changes in Running. *Am. J. of Physiol.* 93 : 433—462, 1930.
- 8) Hermansen, L. and K. L. Andersen : Aerobic Work Capacity in Young Norwegian Men and Women. *J. Appl. Physiol.* 20(3) : 425—431, 1965.
- 9) 古谷嘉邦他：体力と技術（キネシオロジーの立場から）*体育学研究*12(5) 362—363, 1968.
- 10) 猪飼道夫他編：体育科学事典，第一法規，1970.
- 11) 金原 勇：陸上競技者のトレーニング，ベースボールマガジン社，1960.
- 12) 黒田善雄，加賀屋潤彦他：日本人一流競技選手の最大酸素摂取量，第1報，日本体育協会スポーツ科学研究報告書。1969.
- 13) Margaria, R., P. Cerretelli, et al.: Energy cost of running. *J. Appl. Physiol.* 18(2) : 367—370. 1963.
- 14) Robinson, S. et al.: New Records in Human Power. *Science* 85 : 409, 1937.
- 15) Saltin, B. and Åstrand P. O.: Maximal Oxygen Uptake in Athlete. *J. App. Physiol.* 23(3) : 353—358 1967.
- 16) Sargent, M.: The Relation between Oxygen Requirement and Speed in Running. *Proc Roy. Soc.* 100 (10) 10—21, 1926.
- 17) 渋川侃二：エネルギー代謝率から見たランニング効率，東京教育大学体育学部スポーツ研究所報 5, 1967.
- 18) 進藤宗洋：マラソンの研究 第1報，第2報，福岡大学論文集，1969.

- 19) 塚越克己, 加賀谷灘彦他: 呼気ガス採集法の検討。体力科学, 17, 14—19, 1968.
- 20) Yamaoka, S.: Studies on Energy Metabolism in Athletic Sports. Research Journal of Physical Education, Japanese Society of Physical Education, 9(3) 28—40, 1965.

## 重量挙拳上スピードと筋活動

報告者: 小野 三嗣 齋田 登

協力者: 倉田 博

### 1. 緒 言

重量挙の動作分析については小野等が映画撮映により詳細に研究し、筋力および筋電図学的にも小野等により研究されて来ている<sup>1)~5)</sup>。しかし、これまでのものは動作は写真に撮映され、筋活動は筋電図記録にされて別々に解析されたものなので、どの時点にどの様な筋活動があるかを正確に把握し得なかった。今回我々はバーベルの動きを電気的にとらえ、筋電図と同時記録することによりそれを可能とした。また、バーベル挙上の全経過が mechanogram により一目瞭然となった。

この方法により、重量挙の動作について挙上重量を変化させた場合の差異を検討した。主として挙上のスピードおよび筋活動に主眼をおいて研究

を行った。

### 2. 対象及び方法

被検者は某大学重量挙部員 5 名である。

重量挙拳上曲線の記録には、鉛直方向のバーベルの動きが記録される様に、シャフトの端に取付けられたワイヤーが上下に動かされることにより可変抵抗器の抵抗が変化して、その抵抗における電圧降下がポリグラフに記録されるようにした。また筋電図を上腕三頭筋、上腕二頭筋および大腿直筋から導出し同時記録した。装置は日本光電製の Multipurpose Polygraph RM-150 を使用した。

測定には Press と Jerk について最大挙上重量の約 40%, 60% および 80% の重量でそれぞれ 2 回ずつ測定を行った。なお試技はいずれの重量において

Table. 1. Age, bodyheight, body weight, class, best record of weight which had been lifted by each subject.

sub.	age	body height (cm)	body weight (kg)	class	best record (kg)	lifted weight (kg)		
						40%	60%	80%
A. T.	23	150	63	feather	Press	115	45	70
					Jerk	140	60	85
M. O.	21	171	65	light	Press	90	40	55
					Jerk	125	50	75
H. M.	21	168	66	light	Press	100	40	60
					Jerk	125	50	75
T. I.	23	170	75	Middle	Press	92.5	40	55
					Jerk	122.5	50	75
K. N.	21	170	77	light heavy	Press	110	45	65
					Jerk	125	50	75

Table. 2 Arm extending strengths and leg extending strengths to each angle of subjects.

Sub.	arm extending strength						leg extending strength					
	45°		90°		135°		45°		90°		135°	
	right	left	right	left	right	left	right	left	right	left	right	left
A. T.	49.4	38.4	25.0	24.7	52.5	41.2	60.4	57.2	72.7	75.2	78.0	69.8
M. O.	39.2	39.8	19.0	17.0	31.3	33.8	54.6	56.5	72.4	71.7	61.3	74.8
H. M.	42.3	42.0	24.0	19.7	55.0	32.3	75.8	62.2	83.7	91.7	81.8	84.0
T. I.	31.6	30.8	20.8	22.7	50.6	32.9	52.8	41.4	58.0	45.0	65.8	45.7
K. N.	27.3	25.5	21.4	16.9	48.0	30.0	48.4	50.2	57.4	52.2	69.6	56.2

ても最大のスピードで行った。

また、上腕伸筋力を肘関節角 45°, 90° および 135° で左右 2 回ずつ測定し、同じく伸脚力を膝関節角 45°, 90° および 135° で左右 2 回ずつ測定した。装置には、load cell を用い日本光電製の DC Amp. AD 2-22 と electronic manometer MP-3A およびペン書き oscillograph を使用した。

### 3. 実験成績

被検者の年令、身長、体重、階級、最高記録および測定した重量を示したものが表 1 である。

上腕伸筋力および伸脚力の 2 回の内大きい方の値を示すと表 2 の如くである。上腕伸筋力の 90° におけるものは他の角度のものよりも著しく弱い。伸脚力においてはその様なことは見られなかった。

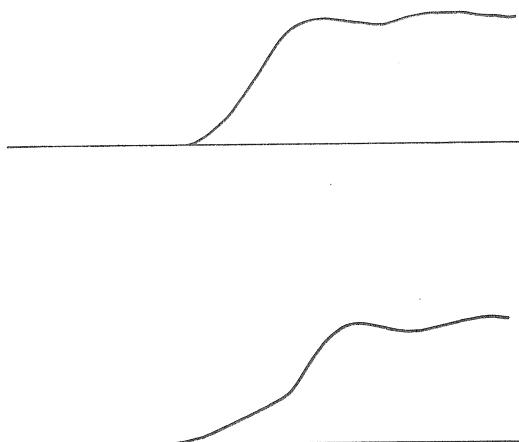


Fig. 1 Two types of time course of vertical movement of barbell.

バーベル挙上曲線を通覧すると、クリーンまでの動作において、曲線が滑らかでその勾配に不連続点が見られないもの (A. T., M. O.) と、勾配に不連続点が生じるもの (H. M., T. I., K. N.) とが見られる (図 1)。

Press の挙上曲線について、デッドリフトにおける立上りから 100msec 間の平均速度 (cm/sec) を  $C_1$  とし、続く次の 100msec 間の平均速度を  $C_2$ 、更に次の 100msec 間の平均速度を  $C_3$ 、クリーンまでの最大の 100msec 間の平均速度を  $C_m$ 、立上りから  $C_m$  になるまでの時間を  $Tcm$  とした。また press 動作開始時点から 100msec 間の平均速度を  $P_1$ 、続く次の 100msec 間の平均速度を  $P_2$ 、press 動作の最大の 100msec 間の平均速度を  $P_m$ 、press 開始時点から  $P_m$  になるまでの時間を  $Tpm$  とした。

Jerk の挙上曲線においても同様に  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_m$ ,  $Tcm$ ,  $J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_m$  および  $TJm$  を計測し、更にスクワットおよびスプリット・クリーンする際に際してのバーベルの下降の最大の 100msec 間の平均速度  $CDm$ 、および Jerk 動作の沈み込みによるバーベルの下降の最大の 100msec 間の平均速度  $JDm$  を計測した。その計測点を示したのが図 2 でありその結果は表 3, 4 に示した。2 回の内大きい値のものをとて挙上重量 (%) に対してプロットすると図 3, 4 の如くなる。挙上速度は重量の増大に伴ってやや低下する傾向にあるが、さほど顕著なものではない。Press の A. T. の  $C_3$ ,  $P_2$ ,  $P_m$ , H. M. の  $C_3$ ,  $P_m$ , K. N. の  $P_m$ , Jerk で A. T. の  $J_2$ ,  $J_m$ , M. O. の  $J_2$ ,  $J_m$ , H. M. の  $C_3$ ,  $J_2$ ,  $J_m$  等では低下を示さないか低下しても極僅かである。 $C_3$ ,

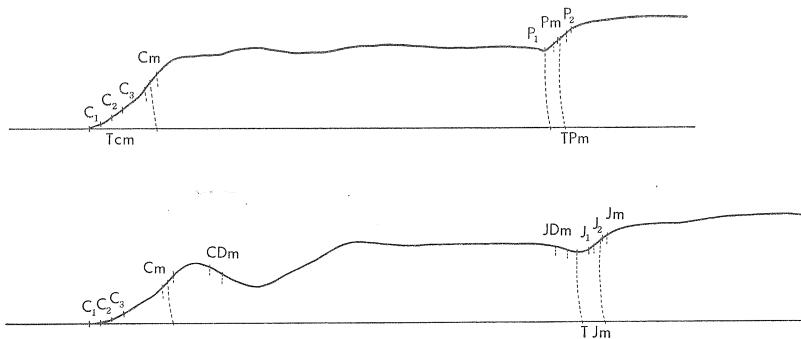


Fig. 2 Each point on which each index was calculated

Table. 3 Velocity and time in each point during weight lifting. (Press)

sub.	lifted % weight	time	$C_1$ (cm/sec)	$C_2$ (cm/sec)	$C_3$ (cm/sec)	$C_m$ (cm/sec)	$T_{cm}$ (msec)	$P_1$ (cm/sec)	$P_2$ (cm/sec)	$P_m$ (cm/sec)	$TP_m$ (msec)
A. T.	39. 1	1 2	45 70	95 100	120 140	240 250	510 470	60 60	120 110	135 135	200 240
	60. 9	1 2	40 60	90 110	130 160	240 230	470 420	70 40	115 115	115 115	150 150
	78. 3	1 2	40 80	80 110	110 165	200 225	490 390	65 60	115 130	115 130	150 150
M. O.	44. 4	1 2	45 30	95 70	145 125	285 280	510 550	90 70	185 155	180 160	150 190
	61. 1	1 2	90 80	130 130	165 155	275 285	430 450	75 80	150 135	150 140	150 210
	83. 3	1 2	70 60	95 95	120 130	245 240	500 470	85 80	135 115	135 125	150 140
H. M.	40. 9	1 2	20 30	70 60	90 100	275 240	750 710	120 110	170 175	170 175	150 150
	59. 1	1 2	40 30	70 55	95 80	250 240	650 770	130 130	140 135	140 140	150 70
	81. 8	1 2	35 30	55 50	80 110	230 210	650 630	150 150	120 155	170 175	65 90
T. I.	43. 2	1 2	80 80	100 100	140 110	280 265	555 570	165 155	195 190	200 195	120 170
	59. 5	1 2	30 70	80 100	120 130	250 250	630 590	145 120	160 170	160 180	150 120
	81. 1	1 2	60 55	70 80	100 90	215 220	660 635	115 140	155 160	170 180	110 120
K. M.	40. 0	1 2	40 10	50 30	80 70	255 270	710 790	120 110	150 160	155 160	110 150
	60. 0	1 2	15 40	45 90	60 120	245 270	750 750	110 120	150 110	150 130	150 70
	80. 0	1 2	20 20	50 40	80 70	220 220	730 710	90 105	120 130	130 150	120 120
mean			47. 2	79. 8	113. 0	246. 7	596. 7	104. 0	144. 0	152. 2	140. 5
S. D.			22. 2	25. 5	29. 3	23. 3	118. 2	33. 0	24. 2	23. 3	38. 7
S. E.			4. 1	4. 7	5. 4	4. 3	21. 6	6. 0	4. 4	4. 3	7. 1

$C_m$ ,  $P_2$ ,  $P_m$ ,  $J_2$  および  $J_m$  について 40% の挙上重量のものに対する割合 (%) を出すと表 5 の様になる。 $Rcm$ ,  $Rpm$  および  $Rjm$  では挙上重量が 2 倍にならても 75% よりも落ちるものはない。

次に、挙上曲線の立上りから  $C_3$  になるまでの時間 (250 msec),  $Tcm$ ,  $P_2$  になるまでの時間 (150 msec),  $Tpm$ ,  $J_2$  になるまでの時間 (150 msec),  $Tjm$  で、それぞれその平均速度を除して平均の加速度  $A_{C_3}$ ,  $A_{cm}$ ,  $A_{P_2}$ ,  $A_{pm}$ ,  $A_{J_2}$  および  $A_{jm}$  を計算し、更に、

Table. 4 Velocity and time each point during weight lifting. (Jerk)

sub.	lifted(%) weight	time	$C_1$ (cm/sec)	$C_2$ (cm/sec)	$C_3$ (cm/sec)	$C_m$ (cm/sec)	$Tcm$ (msec)	$CDm$ (cm/sec)	$JDm$ (cm/sec)	$J_1$ (cm/sec)	$J_2$ (cm/sec)	$J_m$ (cm/sec)	$Tjm$ (msec)
A. T.	42.9	1 2	70 50	115 95	150 145	230 230	410 450	-115 -125	-50 -60	60 40	150 130	150 160	150 220
	60.7	1 2	70 70	110 95	155 135	210 215	390 430	-125 -120	-65 -60	45 40	115 140	140 140	200 150
	78.6	1 2	40 50	80 90	110 120	180 180	480 470	-140 -135	-70 -80	80 60	160 140	160 160	150 290
M. O.	40.0	1 2	50 60	90 100	110 135	230 250	550 480	-140 -150	-70 -70	90 70	200 200	205 200	140 150
	60.0	1 2	50 70	85 80	125 120	230 230	510 450	-120 -135	-70 -90	115 70	185 190	185 190	150 150
	80.0	1 2	20 40	40 60	60 65	205 210	610 570	-120 -130	-95 -80	60 70	190 200	190 200	150 150
H. M.	40.0	1 2	30 20	60 50	80 100	225 240	730 670	-125 -125	-60 -55	145 155	160 185	165 195	80 110
	60.0	1 2	50 40	80 80	120 95	240 260	570 590	-130 -125	-70 -65	140 155	170 175	190 190	110 90
	80.0	1 2	10 40	70 80	80 100	225 200	670 590	-110 -105	-85 -75	95 105	175 170	185 170	140 150
T. I.	40.8	1 2	35 30	80 70	110 110	210 240	630 650	-140 -160	-60 -70	80 135	225 215	225 230	150 130
	61.2	1 2	20 20	50 30	85 80	210 240	690 750	-120 -130	-70 -90	55 50	180 170	195 185	190 210
	81.6	1 2	30 20	40 30	80 60	180 180	770 830	-135 -120	-80 -75	45 60	125 160	170 185	210 210
K. N.	40.0	1 2	50 30	80 60	130 90	210 225	490 550	-90 -125	-80 -85	130 85	190 195	205 195	130 150
	60.0	1 2	50 35	80 70	100 100	190 200	570 570	-120 -135	-80 -80	85 90	200 190	200 190	150 150
	80.0	1 2	30 25	40 30	60 60	190 200	730 770	-95 -100	-70 -60	70 110	170 170	170 180	150 140
mean.			40.2	70.7	102.3	215.5	587.3	-124.8	-72.3	86.3	174.2	183.5	156.7
S. D.			16.7	23.2	27.4	21.8	117.2	14.9	10.9	34.5	25.9	21.4	41.2
S. E.			3.1	4.2	5.0	4.0	21.4	2.7	2.0	6.3	4.7	3.9	7.5

$$F = m \left( \frac{g + \alpha}{g} \right)$$

[但し、 $F$  は鉛直上向きの力 (kg 重),  $m$  は挙上重量 (kg),  $g$  は重力の加速度 (980 cm/sec<sup>2</sup>),  $\alpha$  はバーベルの鉛直上向きの平均加速度 (cm/sec<sup>2</sup>)] よりその時発揮された平均の筋力  $F_{C_3}$ ,  $F_{cm}$ ,  $F_{P_2}$ ,  $F_{pm}$ ,  $F_{J_2}$  および  $F_{jm}$  を計算すると表 6, 7 のようになる。2 回の内の大きい方の値をとって挙上重量 (%) に対してプロットしたのが図 5, 6 である。発揮筋力は挙上重量と直線的な比例関係にある。

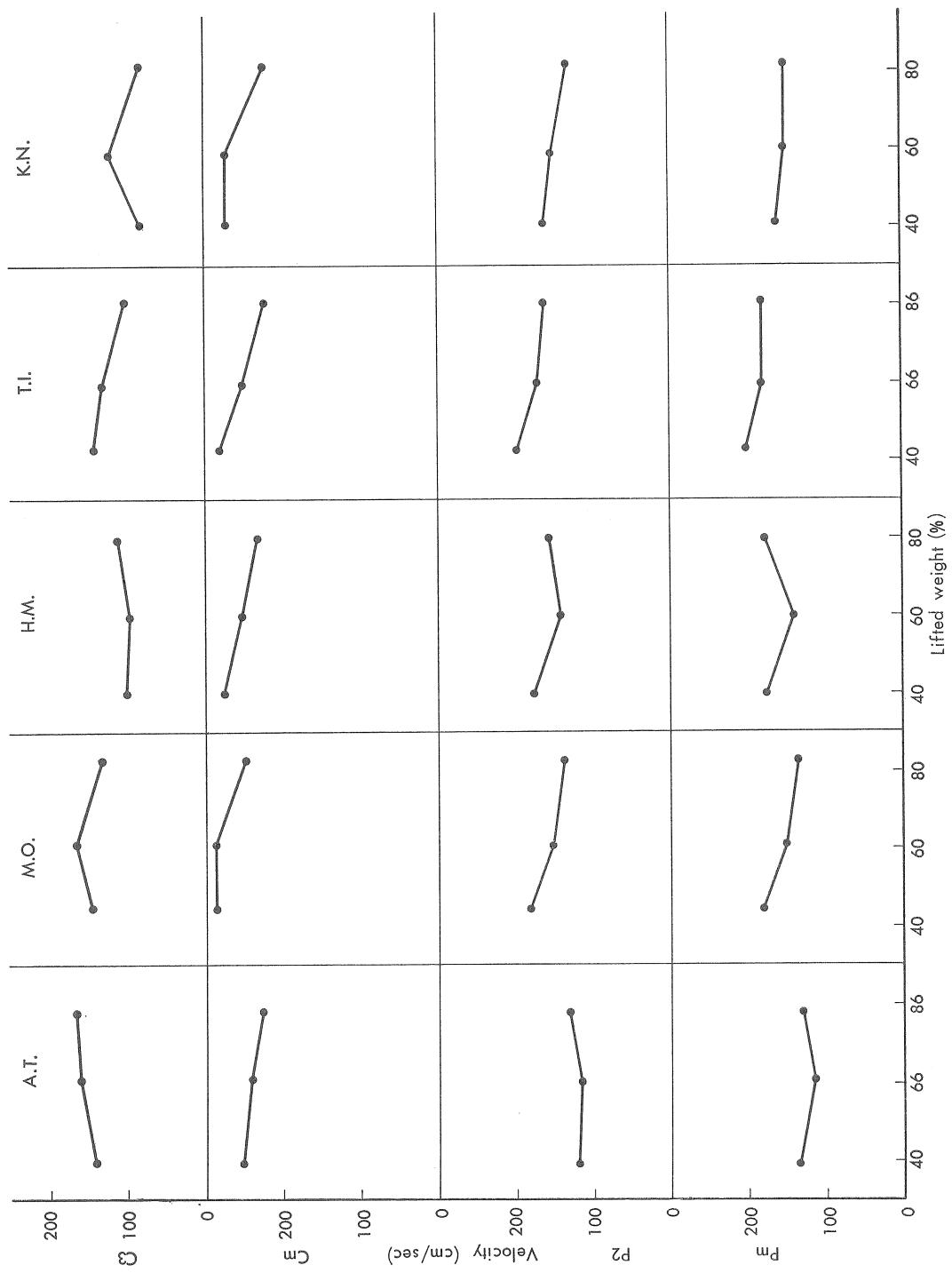


Fig. 3 The relation between lifted weight and velocity. (Press)

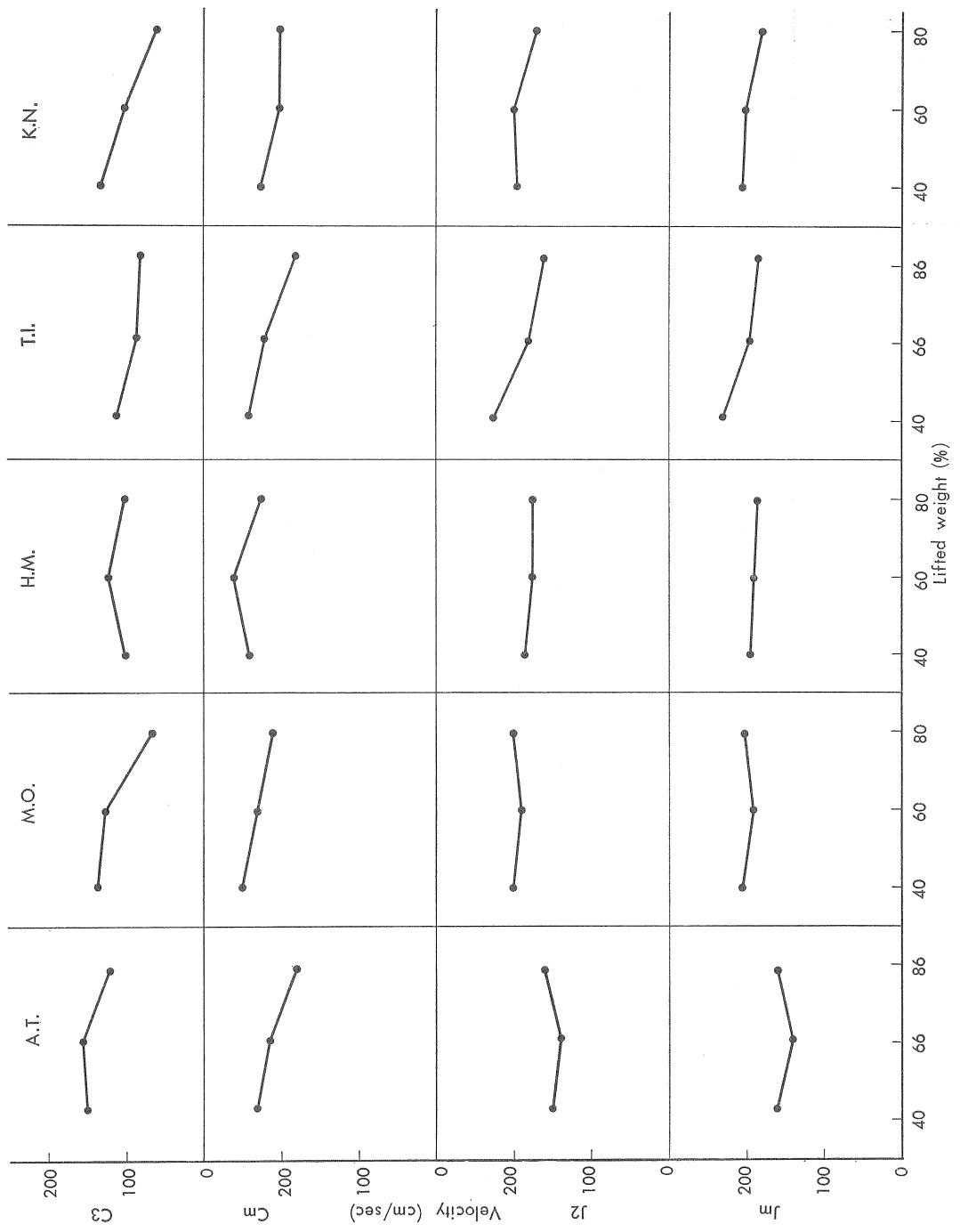


Fig. 4 The relation between lifted weight and velocity. (Jerk)

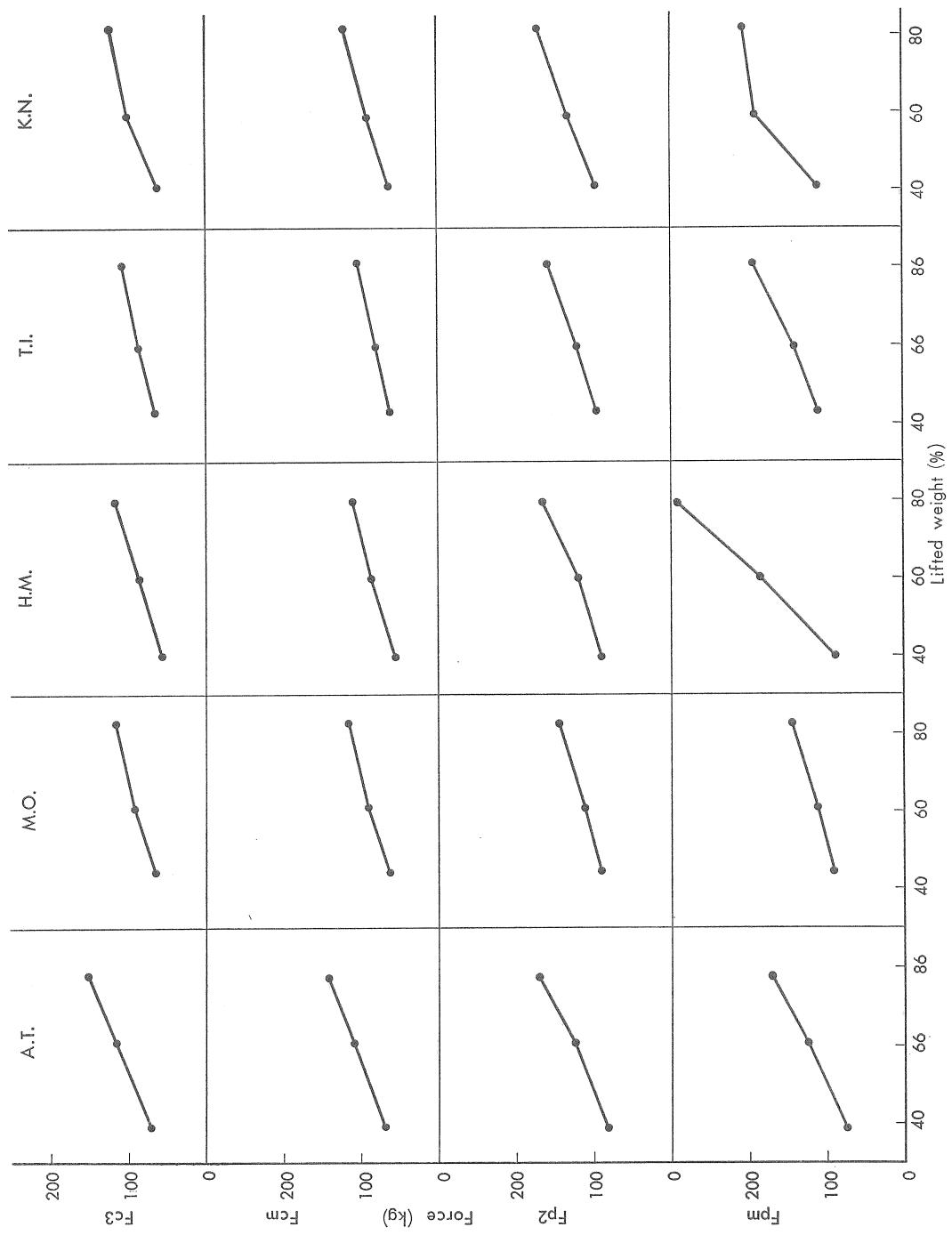


Fig. 5 The relation between lifted weight and lifting force. (Press)

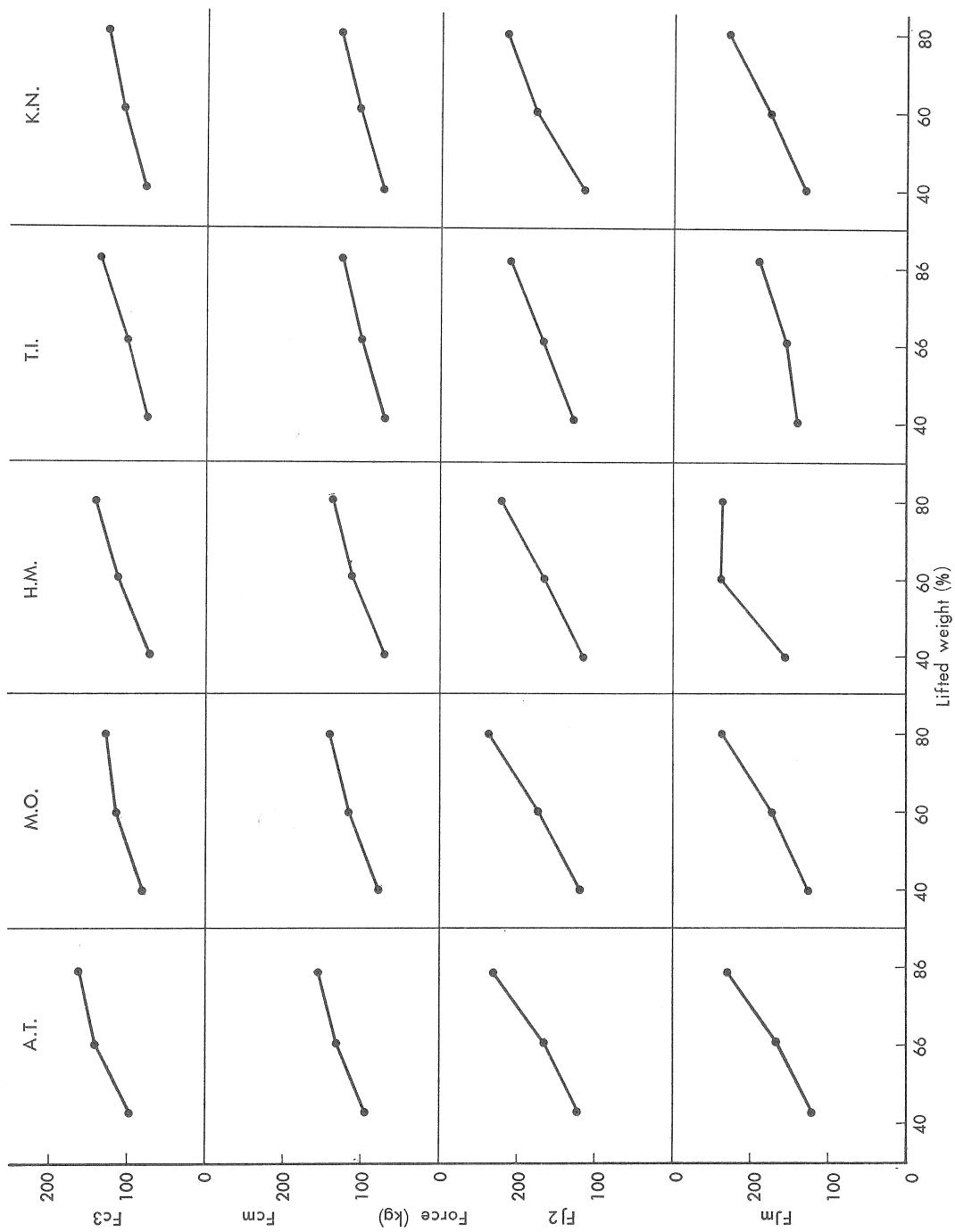


Fig. 6 The relation between lifted weight and lifting force. (Jerk)

Table. 5 Ratio of velocity of weight lifting against that of 40% lifted weight.

Press	Jerk										
sub.	lifted weight (%)	RC <sub>8</sub> (%)	RCm (%)	RP <sub>2</sub> (%)	RPm (%)	sub.	lifted weight (%)	RC <sub>8</sub> (%)	RCm (%)	RJ <sub>2</sub> (%)	RJm (%)
A. T.	39.1	100	100	100	100	A. T.	42.9	100	100	100	100
	60.9	114	96	96	85		60.7	103	93	93	88
	78.3	118	90	108	96		78.6	80	78	107	100
M. O.	44.4	100	100	100	100	M. O.	40.0	100	100	100	100
	61.1	114	100	83	83		60.0	93	92	95	93
	83.3	90	86	75	75		80.0	48	84	100	98
H. M.	40.9	100	100	100	100	H. M.	40.0	100	100	100	100
	59.1	95	91	80	80		60.0	120	108	95	97
	81.8	110	84	89	100		80.0	100	94	95	95
T. I.	43.2	100	100	100	100	T. I.	40.8	100	100	100	100
	59.5	93	89	87	90		61.2	77	92	80	85
	81.1	71	79	82	90		81.6	73	75	71	80
K. N.	40.0	100	100	100	100	K. N.	40.0	100	100	100	100
	60.0	150	100	94	94		60.0	77	89	102	98
	80.0	100	81	81	94		80.0	46	89	87	98

Table. 6 Acceleration and force during weight lifting. (Press)

sub.	lifted weight (%)	time	AC <sub>8</sub> (cm/sec <sup>2</sup> )	ACm (cm/sec <sup>2</sup> )	AP <sub>2</sub> (cm/sec <sup>2</sup> )	APm (cm/sec <sup>2</sup> )	FC <sub>8</sub> (kg)	FCm (kg)	FP <sub>2</sub> (kg)	FPm (kg)
A. T.	39.1	1	480	471	800	675	67.1	66.6	81.7	76.0
		2	560	532	733	563	70.7	69.4	78.7	70.8
	60.9	1	520	511	767	767	107.2	106.5	124.8	124.8
		2	640	548	767	767	115.7	109.1	124.8	124.8
M. O.	44.4	1	440	408	767	767	130.4	127.4	160.5	160.5
		2	660	557	867	867	150.6	143.0	169.7	169.7
	61.1	1	660	640	1,000	1,000	92.0	90.9	111.1	111.1
		2	620	633	900	667	89.8	90.5	105.5	92.5
H. M.	83.3	1	480	490	900	900	111.8	112.5	143.9	143.9
		2	520	511	767	893	114.8	114.1	133.7	143.3
	40.9	1	360	367	1,133	1,133	54.7	55.0	86.2	86.2
		2	400	388	1,167	1,167	56.3	53.8	87.6	87.6
T. I.	59.1	1	380	385	933	933	83.3	83.6	117.1	117.1
		2	320	312	900	2,000	79.6	79.1	115.1	182.5
	81.8	1	320	354	800	2,615	106.2	108.9	145.3	293.4
		2	440	333	1,033	1,944	115.9	107.2	164.3	238.7
K. N.	43.2	1	560	505	1,300	1,667	62.8	60.6	93.1	108.0
		2	440	465	1,267	1,147	58.0	59.0	91.7	86.8
	59.5	1	480	397	1,067	1,067	82.0	77.3	114.9	114.9
		2	520	424	1,133	1,500	84.2	78.8	118.6	139.2
K. N.	81.1	1	400	326	1,033	1,545	105.6	100.0	154.1	193.3
		2	360	346	1,067	1,500	102.5	101.5	156.7	189.8
	40.0	1	320	359	1,000	1,409	59.7	61.5	90.9	109.7
		2	280	342	1,067	1,067	57.9	60.7	94.0	94.0
S. D.	60.0	1	240	327	1,000	1,000	80.9	86.7	131.3	131.3
		2	480	360	733	1,857	96.9	88.9	113.6	188.2
	80.0	1	320	301	800	1,083	119.4	117.6	163.4	189.5
S. E.			21.4	18.3	29.5	84.0			169.7	204.8
mean			452.0	431.3	960.0	1,193.1				

Table 7 Acceleration and force during weight lifting. (Jerk)

sub.	lifted weight (%)	time	$\dot{AC}_3$ ( $\text{cm/sec}^2$ )	$AC_m$ ( $\text{cm/sec}^2$ )	$AJ_2$ ( $\text{cm/sec}^2$ )	$AJ_m$ ( $\text{cm/sec}^2$ )	$FC_3$ (kg)	$FC_m$ (kg)	$FJ_2$ (kg)	$FJ_m$ (kg)
A. T.	42.9	1 2	600 580	561 551	1,000 867	1,000 727	96.7 95.5	94.3 91.3	121.2 113.1	121.2 104.5
	60.7	1 2	620 540	538 500	767 933	700 933	138.8 131.8	131.7 128.4	151.6 115.9	145.7 165.9
	78.6	1 2	440 400	375 383	1,067 933	1,067 552	159.4 154.9	152.1 153.0	229.8 214.7	229.8 171.9
M. O.	40.0	1 2	440 540	418 521	1,333 1,333	1,464 1,333	72.5 72.6	71.4 76.6	118.0 118.0	124.7 118.0
	60.0	1 2	500 400	451 511	1,233 1,267	1,233 1,267	113.3 105.6	109.5 114.1	169.4 172.0	169.4 172.0
	80.0	1 2	240 260	336 368	1,267 1,333	1,267 1,333	124.5 126.5	134.3 137.6	229.3 236.0	229.3 236.0
H. M.	40.0	1 2	320 400	308 358	1,067 1,233	2,063 1,773	66.4 70.4	65.7 68.3	104.5 112.9	155.3 140.5
	60.0	1 2	480 380	421 441	1,133 1,167	1,727 2,111	111.8 104.1	107.3 108.8	161.7 164.3	207.2 236.6
	80.0	1 2	320 400	336 339	1,167 1,133	1,321 1,133	132.7 140.8	134.3 134.6	219.1 215.6	234.8 215.6
T. I.	40.8	1 2	440 440	333 369	1,500 1,433	1,500 1,769	72.5 72.5	67.0 68.9	126.6 123.1	126.6 140.3
	61.2	1 2	340 320	304 293	1,200 1,133	1,026 881	101.0 99.5	98.3 97.4	166.8 161.7	153.5 142.4
	81.6	1 2	320 240	234 217	833 1,067	810 881	132.7 124.5	123.9 122.1	185.0 208.9	182.7 189.9
K. N.	40.0	1 2	520 360	429 409	1,267 1,300	1,577 1,300	76.6 68.4	71.9 70.9	114.7 116.4	130.5 116.4
	60.0	1 2	400 400	333 351	1,333 1,267	1,333 1,267	105.6 105.6	100.5 101.9	177.0 172.0	177.0 172.0
	80.0	1 2	240 240	260 260	1,133 1,133	1,133 1,286	124.5 124.5	126.5 126.5	215.6 215.6	215.6 231.2
mean.			404.0	382.3	1,161.1	1,258.9				
S. D.			108.0	94.1	172.5	375.0				
S. E.			19.7	17.2	31.5	68.4				

る。各挙上重量に対する各平均発揮筋力の割合(%)を示すと表8の如くで  $FC_3$  は挙上重量のはほぼ1.5倍であり、  $Fp_2$  および  $Fj_2$  はほぼ2倍となっている。

Pressにおける上腕三頭筋の放電はバーベルの挙上開始時点の500～600msec前より始まり、挙上開始後300～400msecで著しく減弱する。これに対し上腕二頭筋は挙上開始後400～500msecから活動を始めており、上腕三頭筋と相反的活動をしてい

る。なお上腕二頭筋のクリーン位での放電量はほぼ挙上重量に比例している。大腿直筋は挙上開始時点の300～400msec前から挙上開始後200～300msecまで放電し、クリーン動作の終期のバーベル上死点前100～200msecから再び強い活動を示し、バーベルを受止め終えたと思われる時点で放電を減じる。

Press動作に際して、バーベルの挙上開始時点前100～200msecから挙上開始時点まで上腕二頭筋

Table. 8 The proportion of lifting force to barbell weight

sub.	lifted weight (%)	RF <sub>C3</sub> (%)	RF <sub>Cm</sub> (%)	RF <sub>Pg</sub> (%)	RF <sub>Pm</sub> (%)
A. T.	39.1	157	154	180	169
	60.9	165	156	178	178
	78.3	167	159	189	189
M. O.	44.4	159	157	223	223
	61.1	167	165	202	202
	83.3	153	152	192	192
H. M.	40.9	141	138	219	219
	59.1	139	139	195	304
	81.8	145	136	205	367
T. I.	43.2	157	152	233	270
	59.5	153	143	216	253
	81.1	141	135	209	258
K. N.	40.0	133	137	209	244
	60.0	149	137	202	290
	80.0	133	132	189	228
mean.		150.6	146.1	202.7	239.1
S. D.		11.2	10.3	15.4	51.8
S. E.		2.9	2.7	4.0	13.4

#### Jerk

sub.	lifted weight (%)	RF <sub>C3</sub> (%)	RF <sub>Cm</sub> (%)	RF <sub>Jg</sub> (%)	RF <sub>Jm</sub> (%)
A. T.	42.9	161	157	202	202
	60.7	163	155	195	195
	78.6	145	139	209	209
M. O.	40.0	155	153	236	249
	60.0	151	152	229	229
	80.0	127	138	236	236
H. M.	40.0	141	137	226	311
	60.0	149	145	219	315
	80.0	141	135	219	235
T. I.	40.8	145	138	253	281
	61.2	135	131	222	205
	81.6	133	124	209	190
K. N.	40.0	153	144	233	261
	60.0	141	136	236	236
	80.0	125	127	216	231
mean.		144.3	140.7	222.7	239.0
S. D.		11.0	9.8	14.7	37.7
S. E.		2.8	2.5	3.8	9.7

と大腿直筋に放電が見られる。引き続き挙上開始時点より上腕三頭筋に強い放電が生じてバーベルが差上げられている。80%の重量になると差上げの初期に上腕二頭筋において相反的でない活動が見られる。

JerkにおいてもクリーンまではPressの場合とほぼ活動様式が類似している。ただ、スクワットおよびスプリットからの立上がりの時期に大腿直筋において放電が生じているところが異っている。

Jerk動作に際して、上腕二頭筋と大腿直筋の放電が挙上開始前200～300 msecから始まり、40%の重量では挙上開始時点で終わっている。60%および80%の重量では上腕二頭筋の放電は挙上開始後200～300 msecまで続いており、大腿直筋は挙上開始後約100 msecで放電を休止している。挙上重量の増大に伴って筋活動時間の延長を見ている。続いて挙上開始後100～200 msecから上腕三頭筋の強い放電が始まり、大腿直筋の放電が再び見られる。挙上開始時点から上腕三頭筋が動員される被検者もある。Jerk動作においてはPress動作よりもバーベル差上げの初期に脚および軀幹の力に多くを依存しており、腕の力は終期になって強く動員されていることが見られる。

#### 4. 考 察

クリーンまでの動作における挙上曲線の勾配に不連続点がないものと不連続点が生じるものがある。クリーンまでの動作を一気に行うのと、2段階に分けて力を作用させるのとで、どちらがより有効な挙上動作であるかは問題である。途中で力を抜くことなく常に力を作用させていられる方がバーベルにより多くのエネルギーを附与し得ると考えられるので、不連続点がない方の挙上動作の方が望ましいようにも思えるがこの問題は今後の研究に待たねばならない。

バーベル挙上速度は挙上重量の増大に対して大きな低下を見せない。重量挙の動作は一定の重量を持ち上げて頭上に差上げるという動作であるために、ある纏まったフォームを必要とし、そのフォームから著しく逸脱すれば直ちに失敗に結びつくという性質のものなので、重量挙の練習を長年

に亘って積んで来た選手達はその pattern が強く形成されていることは当然考えられる。したがって、  $R_{cm}$ ,  $R_{pm}$  および  $R_{jm}$  において挙上重量が 2 倍になった場合に最も大きく低下したものでも 75 % であり、ほとんど低下を示さないものもあるという結果を生じたものと思われる。

それぞれの時点における平均発揮筋力  $F_{c_3}$ ,  $F_{p_2}$  および  $F_{j_2}$  において、  $F_{c_3}$  は挙上重量のほぼ 1.5 倍で、  $F_{p_2}$  および  $F_{j_2}$  はほぼ 2 倍になっている。クリーンの動作では手首のかえしが必要であり、また Press および Jerk 動作の差上げでは表 2 からも明らかな様に sticking point の筋力の非常に弱いところを通過しなければならぬので、そこを通過する為にはそれ以前の筋力の強い時点でのバーベルにエネルギーを附与しなければならない。それにはクリーンまでではほぼ 1.5 倍、 Press および Jerk 動作の差上げではほぼ 2 倍の力がその初期に与えられるのが望ましい挙上動作となるのではなかろうかと思われる。

筋電図において、挙上重量の増大に伴って放電量が増大するのは当然であるが、 Press の動作に際して 80 % の重量になると 40 % や 60 % では見られなかった上腕三頭筋と上腕二頭筋における相反的でない筋活動が見られることは、以前にも指摘されていた<sup>2)</sup> ことではあるが重量の変化によって筋の活動様式が変様することを示している。Jerk 動作に際しても、 40 % の重量では挙上開始時点に上腕二頭筋及び大腿直筋の放電が終っているのに、 60 % や 80 % の重量では挙上を開始した後まで放電が続いている。このことも重量の変化によって動作の pattern に変化が生じることを示している。100 % の pattern は 100 % の重量においてではなくては得られないであろうことが再認識される。また press 動作においては挙上開始時点から上腕三頭筋の強い放電を見るのに対し、 Jerk 動作では挙上開始後 100 ~ 200 msec から強い放電が現れそれまでは上腕二頭筋および大腿直筋が働いていることから、 Press 動作の初期に与えられる大きな筋力には上肢も大きく関与しているけれども、 Jerk 動作では差上げの初期に与えられるエネルギーには軀幹および脚が強力に関与し、腕はその終期に強く参加していると考えられる。挙

上開始時点から上腕三頭筋に強い放電が見られる被検者もあるが、腕の力も差上げの初期に強く動員した方がより有効な挙上動作となるのかどうかは今後の研究を待つ必要がある。

## 5. 摘 要

重量挙の Press と Jerk の種目において、最大挙上重量の 40 %, 60 % や 80 % の重量で挙上を行い、その時の挙上曲線と筋電図とを同時記録した。

- 1) クリーンまでの動作が滑なものと 2 段階になるものとがある。
- 2) バーベル挙上速度は挙上重量の増大に対して大きな低下を見せない。
- 3) デッドリフトの初期の平均発揮筋力は挙上重量のほぼ 1.5 倍であり、 Press および Jerk 動作の初期にはほぼ 2 倍の力が出されている。
- 4) Press 動作において 80 % の重量になると 40 % や 60 % では見られなかった上腕三頭筋と上腕二頭筋における相反的でない筋活動が見られた。
- 5) Jerk 動作に際して上腕二頭筋および大腿直筋の放電が 40 % の重量では挙上開始時点で終っているが、 60 % や 80 % ではそれ以後まで続いた。

## 参考文献

- 1) 小野三嗣：(1962) 特殊筋力測定法による重量挙選手の筋力解析、体力科学 11, 79—93
- 2) 小野三嗣：(1962) 筋電図による解析、体力科学 11, 135—149
- 3) 小野三嗣：(1963) 重量挙 3 種目の筋電図学的並びに運動力学的研究、体力科学 12, 13—41
- 4) 小野三嗣、窪田登、加藤清恵：(1966) 東京オリンピック大会出場重量挙選手を中心とした試合時 3 種目の動作分析結果について、体力科学 15, 1—16
- 5) 大和 真：(1968) 重量挙の記録と運動能力との関係、体力科学 17, 65—82

