M. KANEKO: A Study on the Human Muscle Power
with Inertia Ergometer

慣性エルゴメーターによる
人体・筋パワーの測定

東京大学 金子 公 宥

筋力があらゆる身体運動の原動力であることはあまねく認められているところであるが、それはまた運動の種類によつて異つた発現の仕方をする。跳躍や短距離疾走等に於て筋力は爆発的に発揮される。筋の等尺性収縮によるいわゆる筋力 (Strength) は、それらの根源として重要な意味をもつと考えられるが、果してそれがどの程度まで、動的な場面で出し得る力の指標となるかは十分に解明されていない。本研究では動的な状態で筋力を発揮する能力を機械的仕事 (mechanical work) でとらえ、これを以て静的な筋力 (以下筋力という) との関係を検討しようとしたものである。従来こうした動的条件下で発揮される筋力の多くは、パワーないし瞬発力と称して測定されている。その代表的な垂直跳びは、McCloy¹⁾をはじめとする幾多の研究者によつて、特に瞬発的に筋力を発揮する競技種目との間に高い相関が認められている。しかしながら考案者の Sargent, D.A. (1921) 自身が垂直跳びをパワー・テストとしながらその指標に SW/H (S ; 跳躍高の合計, W ; 体重 H ; 身長) を採用し, Englehardt J.L.²⁾ (1924) が $SV\bar{w}/H$ を最も適当な index とした様に、必ずしも力学的に定義されるパワー (仕事率) を測つてはいない。近年 Gray, R.K.⁴⁾ らは、

垂直跳びの成績をパワー (仕事率) で表わすべきだとして簡便に仕事率を算出する方法を提案したが、彼らはその後の研究⁵⁾で、単に仕事量で表わしても十分にその目的を達し得る事を認めている。この様に体育・スポーツの分野でパワーと称しているものは必ずしも dimension を仕事率で表わしてはいないが、短時間に大なる仕事をする事によつてその成績を上げ得るという点に、パワー・テストといわれる所以があると解される。本研究に於ける仕事量は、規定の距離内で慣性質量に力を加え、如何に速い速度を起し得るかによつて決定されるものであつて、仕事率とも当然密接な関係をもつ (図4参照)。慣性エルゴメーターは A.V. Hill⁶⁾ (1922) に始まり, Lupton, H.¹⁰⁾ (1923), Hannsen, T.E.⁷⁾ (1923), 奥山¹³⁾ (1932) らが、いずれも人筋の最大仕事と筋収縮速度の関係を検する為に使用した。本器によれば、1) 被検者に共通な負荷 (慣性質量) のもとで力を発揮させ、2) 動輪の慣性モーメント (恒数) と角速度から容易に仕事量が得られる。3) 半径の異なる滑車にワイヤーをかける事により容易に負荷を変える事が出来、4) 測定姿勢等の条件規定がし易く、5) 運動を単純化して測定出来るので、ほぼ同一筋群による仕事量と筋力を対比して

検討するのに好都合である、6) 又比較的短時間に多くの被検者を測定する事が可能である、等の利点をもつ。本研究はこの慣性エルゴメーターを用いて多くの被検者の仕事量を測定し、筋力との関係に於てこれを考察しようとしたものである。

研究方法

1. 測定装置

仕事量測定に使用した慣性エルゴメーターは図1の如きものである。即ち段滑車状をし

図1 慣性エルゴメーターの動輪部

た鉄製の動輪 (fly wheel) の軸が、両端をボールベアリングで支持され極めて回転自由な状態におかれている。動輪の全体積 6205.8cm^3 、重量は $48.6 \times 10^3\text{g}$ である。動輪のもつ慣性モーメントの決定に当つては、先ず各滑車 (軸及び辺縁部を含む) の慣性モーメント

$$I' = \int_0^{2\pi} \int_0^R (\rho \cdot r \cdot d\theta \cdot dr) r^2$$

の合計によつて算出する一方、次の様な実験によりこれを確かめた。即ちワイヤーの一端を動輪に巻き他端に錘りを吊し、動輪に巻いたワイヤーの距離と等しい高さから落下させた。この時錘りの位置エネルギーの変化分は錘りと動輪の得た運動エネルギーに等しいから $mgh = 1/2mv^2 + 1/2I\omega^2$ (I ; 動輪の慣性モーメント, ω ; 角速度) である。但し錘りの最高速度 (v) はワイヤーが動輪を離れるときの滑車周上の接線速度に等しいと考え、 $v = r\omega$ (r ; 滑車の半径) とし、慣性モーメント

$$I = mr^2 - 2mgh/\omega^2$$

を算出した。理論値と実験による値を照合し誤差を検討したのち、動輪の慣性モーメント (I) を

$$I = 27.6 \times 10^7 \text{gcm}^2$$

と決定した。尚、負荷は半径の大なる程小さくなる、即ち中心より半径 r の部分で接線方向に力 (F) を加えると、角運動量の定理より $Fr = I d\omega/dt$ となり、これを $F = I/r^2 \cdot r d\omega/dt$ と書きかえれば $r \cdot d\omega/dt$ はとりもなおさずその半径 (r) 部の加速度である。従つて I/r^2 は半径 (r) 部に於ける等価質量 (Equivalent Mass) を意味する。各半径の滑車に於ける等価質量は表1に示した通りである。

表 1

滑車 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
半径 cm	2.0	3.5	5.0	6.5	8.0	9.5	11.0	12.5
等価質量 kg	685.0	223.0	109.6	64.8	42.8	30.3	22.6	17.5

角速度の記録は動輪の回転軸に電気接点を装着し、1/2回転に1個のパルスが記録出来るようにした。これは最初1/36回転に1個のパルスで検討した結果、最高速度は数秒間持続し、1/2回転1個のパルスで充分使用に耐える事がわかつたからである。記録は力の作用の終つた時点から1秒間のパルスを数え、副尺を用いて $1/10 \pi \text{radian/sec}$ まで読みとつた。尚主として論議の中でとり上げた張力図の測定器具は、新興通信 K.K. 製の張力計 (strain meter) LC-100K の外枠をとりはずして用いたものである。また筋電図は全て表面電極によつて導出し、他の記録と共にインク書きオツシログラフ IR-201 型 (三栄測器製) に記録した。

2. 測定姿勢及び方法

対象とした運動は腕屈曲 (肘関節屈曲) 及び脚伸展 (膝関節伸展) である。腕屈曲では椅座姿勢で上腕を体測方水平にして台上にお

き、前腕を垂直に立て腕屈曲用ハンドルを握る。ハンドルの把手部には張力計を介して牽引ワイヤーがとり付けられており、ワイヤーの他端の輪形部は、約 1.5cm 被検者の側方に離れた動輪上の釘にかけられ、規定距離(25cm)滑車周上に巻かれる。被検者は合図と共に力一杯瞬発的に腕を屈曲して動輪を回転させる(図 2-1)。

図 2-1 腕屈曲による測定

脚伸展の場合、被検者は高さ約 1.2m の椅子に座す。2m 後方の動輪にはワイヤーの一端が 30cm (陸上競技選手は 40cm) 巻かれ、

図 2-2 脚伸展による測定

その他端は張力計を介して足頸部のベルトにとりつけられる。被検者は下腿を垂直に下げた姿勢から力一杯膝関節を伸展し、ワイヤーを牽引する(図 2-2)。

筋力は仕事量測定と同姿勢により、ほぼ同一筋群による静的な筋力を背筋力計によつて測定した。

被検者は小・中・高・大学生及び陸上競技選手総数 1109 名である。

結果及び論議

1. 仕事量と運動速度

最大努力で瞬発的に力を発揮しても、負荷の大きさによりなし得る仕事量は変り、負荷の増大と共に仕事量は増加する。又仕事と運動速度の関係は、Fenn, W.O.³⁾ 等が見出した様に指数函数となる。図 3 は陸上競技選手(34 名)の脚伸展による平均値を plot したものである (Velocity は平均速度の平均)。また Wilkie, D.R.¹⁴⁾ が指摘している様に、仕事-速度の指数函数関係は個人によつて係数が若干変る。

図 3 各負荷に於ける仕事量と速度の関係
(但し速度は平均牽引速度の平均)

Relationship of Work and Velocity
Track & Field Athletes (34)

2. 仕事量と仕事率

本研究では規定距離内で慣性質量に対して力を加え、如何に速く動輪を回転させ得たかによつて決定される仕事量 (work) で表わしたが、張力計をワイヤーにとりつけて力の作用時間を知り、仕事率 (power) を算出して仕事量との関係をみると、同一負荷に於ける両者の値は互いに密接な関係にある。即ち仕事量の大なる者は仕事率也大となる。図4はその一例を示したものであるが、各負荷、各被検者群について、仕事量と仕事率の相関をみると、いずれも相関係数 $r=0.94$ 以上となり、これは0.1%水準で有意である。従つて少なくとも本研究の様な条件下では、仕事量で表わしてもそれは仕事率としての能力をも間接的に表わしていると言えよう。

図4 仕事量 (work) と仕事率 (power) の関係
Work and Power (Leg)
(high school boys)

3. 仕事量と筋力の関係

静的な状態での力、即ちいわゆる筋力に優れたものが、果して動的な条件下でも相応した力を発揮し、仕事量に於ても良い成績を上げ得るかどうか、これが本研究の主題である。2種の負荷のもとで脚伸展により測定した高

校及び大学生の結果から、仕事量と筋力の関係を大学生の場合に例をとつて図示したものが図5, 6である。この被検者群の場合は牽引距離が30cmと規定され、最初から回転自由な状態におかれ動輪を、全く随意的に最大努力で牽引したものである。表3はこの時の平均牽引速度の平均値である。図から筋力大なる者程仕事量も大きい事が観察されるが、

図5 仕事量と筋力 (大学生男子)

——質量 30.3kg—— (脚)

図6 仕事量と筋力 (大学生男子)

——質量 109.6kg—— (脚)

表 2 仕事量と筋力との相関
(脚伸展) (30cmpull)

等価質量	大 学 (n=50)	高 校 (n=30)
109.6kg	$r=0.699$ $t=6.77^{**}$	$r=0.831$ $t=2.49^{**}$
30.3kg	$r=0.636$ $t=5.71^{**}$	$r=0.724$ $t=2.55^{**}$

表 3 平均牽引速度の平均 (cm/sec)

等価質量	大 学 (n=50)	高 校 (n=30)
109.6kg	58.8cm/sec	55.5cm/sec
30.3kg	90.9cm/sec	89.5cm/sec

その相関係数を求めてみれば表 2 となり、両者間の相関はいずれの場合も 1% 水準で有意である。負荷の大なる場合程力は加え易くなり、力の集積（力積）も増す事を考慮すれば、負荷の大なる場合により相関係数が大となる事も理解出来る。では筋力の相異がどのような比率で仕事量を増減させるのであろうか。それは回帰によつて知る事が出来る。仕事量の筋力に対する回帰方程式を回帰直線と共に示せば図 9, 10 となる。念の為に回帰係数の有意性を検討したところいずれも 1% 水準で有意となり仕事量の筋力に対する回帰の存在することは確かである(表 4)。ここで方法的に若干論

図 7 筋力に対する仕事量の回帰
(高校生男子)

図 8 筋力に対する仕事量の回帰
(大学生男子)

表 4 筋力に対する仕事量の回帰係数

	等価質量	N	回帰係数	t	有意水準
大 学	109.6kg	50	$b = 1.078$	5.76	$P < 0.01$
	30.3kg	50	$b = 0.843$	5.62	$P < 0.01$
高 校	109.6kg	30	$b = 0.709$	5.86	$P < 0.01$
	30.3kg	30	$b = 0.636$	5.68	$P < 0.01$

表 5 仕事量と下腿長の相関

等価質量	大 学 (n=50)	高 校 (n=30)
109.6kg	$r = -0.0314$ ($t = 0.55$)	$r = -0.029$ ($t = 0.20$)
30.3kg	$r = 0.0305$ ($t = 1.69$)	$r = -0.053$ ($t = 0.35$)

表 6 仕事量と筋力の偏相関(下腿長消去)

等価質量	大 学	高 校
109.6kg	$r_{12.3} = 0.638(df = 47)$	$r_{12.3} = 0.858(df = 27)$
30.3kg	$r_{12.3} = 0.700(df = 47)$	$r_{12.3} = 0.743(df = 27)$

議の対象となるものに下腿長によつて条件差がある。すなわち膝関節を伸展するときの角速度が等しい場合でも、下腿の長い者程足頭部に於てより大きい速度を得る事が出来る。そこで先ず下腿長と仕事量との相関を調べると表5となつて、その相関はいずれも有意でない ($P>0.10$)。更に下腿長による条件差をなくする為に、下腿長を消去したときの仕事量と筋力の偏相関を求めてみると、表6となりいずれも1%水準で有意である。

以上は男子高校生及び大学生の結果であるが、同様に陸上競技選手の結果について述べれば次の様である。この被検者群については4種の負荷(質量)で腕屈曲及び脚伸展による場合を測定した。牽引距離は腕屈曲の場合25cm、脚伸展では40cmと規定したものである。尚1962年の資料は、動輪を固定した状態で力一杯牽かせ、突然に動輪の制動を解くという方法⁹⁾によつたもので、その後の資料とその絶対値を比較することには無理がある。

表7 仕事量と筋力の相関及び仕事の筋力に対する回帰(脚伸展) (1962年)

	等価質量	N	相関係数	回帰係数
腕屈曲	kg			
	685.0	41	$r=0.83$ ($t=7.93$)	$b=1.825(t=9.45)$
	109.6	41	$r=0.82$ ($t=7.47$)	$b=1.386(t=8.25)$
	30.3	41	$r=0.83$ ($t=7.92$)	$b=1.050(t=9.46)$
脚伸展	17.5	41	$r=0.73$ ($t=4.96$)	$b=0.574(t=6.95)$
	685.0	39	$r=0.56$ ($t=2.35$)	$b=1.378(t=3.99)$
	109.6	39	$r=0.42$ ($t=2.86$)	$b=0.736(t=2.89)$
	30.3	39	$r=0.46$ ($t=3.24$)	$b=0.643(t=3.26)$
脚伸展	17.5	39	$r=0.46$ ($t=3.23$)	$b=0.451(t=2.72)$
(1963年)				
	等価質量	N	相関係数とt値	回帰係数とt値
脚伸展	kg			
	685.0	34	$r=0.781$ ($t=5.52$)	$b=1.577(t=7.20)$
	109.6	34	$r=0.729$ ($t=4.51$)	$b=1.083(t=5.98)$
	30.3	34	$r=0.791$ ($t=5.79$)	$b=0.674(t=6.88)$
脚伸展	17.5	34	$r=0.774$ ($t=4.78$)	$b=0.668(t=4.70)$

各負荷のもとでの筋力と仕事の相関、及び筋力に対する仕事の回帰係数を一括して示せば表7となる。また図11, 12は、1962年の結

図9 筋力に対する仕事の回帰
(陸上競技選手・腕屈曲)

図10 筋力に対する仕事の回帰
(陸上競技選手・脚伸展)

図 11 脚伸展による仕事量と筋力の関係
(陸上競技選手 1963)

果について、仕事量の筋力に対する回帰直線を同一グラフ内にまとめて示したものであり、図 13 は 1963 年の脚伸展による結果から 2 種の負荷に於ける実測値を回帰直線と共に示したものである。以上陸上競技選手の場合についても前述の高校及び大学生に於けると同様に、仕事量は筋力の大きさによつて左右されると言う事が出来る。尚もう一つ、仕事量の発達を検討した小学 1 年～高校 3 年(男子)

図 12 筋力と仕事の発達

の資料から、仕事量を筋力との関係でプロットすれば図 14 の様になる。即ち仕事量はかなりの幅をもちながらも、筋力との関係に於て直線的に発達する事が知られる。しかしこれをそのまま筋力と仕事の関係とすることは出来ない。なぜならこの中には諸々の形態的機能的発達が含まれているからであり、従つて見かけの相関と言うべきである。そこで同一学年内での仕事量と筋力の関係如何という考え方をとり、学年差を消去する偏相関を求めることとし、random sampling による抽出標本について偏相関係数を求めた結果 $r_{12.3} = 0.594$ ($df = 57$) となり、これは 1% 水準で有意であつた。即ち、各学年内に限つても、仕事量は筋力と有意な相関関係にあるという事が出来る。

Henry, F.M.⁸⁾ らは筋力と運動速度 (movement time) の関係を検討した結果、両者の間に有意な相関がなかつたと報告している。しかし Chui, E.D.⁹⁾ らはウェイト・トレーニングの結果、筋力の増加と共に各種のパワー成績が良くなつたとし、中西ら¹²⁾ も同様にウェイト・トレーニングの結果運動速度が増加したと報告した。本研究に於ける最小の負荷(等価質量 17.5kg) では平均牽引速度約 140cm/sec (脚伸展) で極めて速いにも拘わらず、筋力との間に有意な相関が認められた。

4. 筋パワー能力の特性

仕事量が筋力との間で密接な関係にある事は既に統計的に明らかにした。しかしながら、実測値を plot した図からも知られるように、仕事量は筋力の大きさによつて全く一義的に決められるものではなく、同一筋力の者でも仕事量は個人によつて異なる。即ち、筋力相応の仕事を行な得る者、またそうでない者がある。この様に同一筋力に対する仕事量の散布する幅を示すのに好都合な指標として、回帰からの標準偏差がある。前述の各被検者群についてその値を算出し、一括して示したものが表 8 である。即ち、負荷小なる程その値は

表 8 回帰からの標準偏差 (脚伸展)

等価質量	大 学 (n=50)	高 校 (n=30)	陸上選手 (n=39) (1962年)	陸上選手 (n=34) (1963年)
685.0kg	—	—	25.1	22.8
109.6 kg	8.69	7.48	25.2	20.6
30.3 kg	8.21	6.96	19.4	10.5
17.5 kg	—	—	16.4	10.0
(註) 30cm 牽引			40cm 牽引	

(単位: joule/kg)

小さく、より回帰直線に添って仕事量の値が散布している事がわかる。特に 40cm 牽引で行った陸上競技選手に於ける値は大きく、この筋力に対する仕事量の変動の幅を無視して、筋力と仕事量の関係を論ずる事は出来ない。では何故に筋力相応の仕事がなし得る者、なし得ない者があるのであろうか。この問題について以下に述べる様な 2 つの実験により若干の検討を試みた。

その 1 つは筋力のほぼ等しい被検者について、脚伸展による仕事量を筋電図及び張力図と共に検討したものである。図 15 に示した 2 被検者の脚伸展筋力は、Sub. T.A. が 68.0kg、Sub. M.M. が 70.0kg である。筋電図は大腿直筋の皮膚表面から導出したものであり、Force curve は牽引ワイヤーの張力変化 (張力図) を記録したものである。両被検者は筋力がほぼ等しいにも拘らず、発揮されている力は Sub. T.A. の方がいずれの負荷の場合もより大である。また筋電図の pattern を見ると、運動開始直後に Sub. T.A. ではより高い電位の筋放電が現われており、これと対応して張力の発生も Sub. T.A. に於てより鋭く、特に負荷小なる場合鋭い楔形を呈している。張力図の下段に記録された動輪の角速度から両被検者の仕事量を算出してみれば表 9 となる。即ち Sub. M.M. は Sub. T.A. の約 70~80% の仕事しかなし得ていない。動輪から得られる負荷は慣性質量に相当するもので

図 13

表 9

SUB	EQ.MASS				筋力 kg
	17.5kg	30.3kg	109.6 kg	685.0 kg	
T. A.	63.9	84.3	104.4	132.5	68
M. M.	43.4	58.1	73.7	119.2	70

(単位: Joule)

あつて、加えられた力に比例した加速度を得て、容赦なく運動を続けるのであつて、より速い運動によつて加速度を加える事が出来なければ、力は使用されずに終つてしまう訳である。この事柄を考える時、Sub. M.M. が特に小さな慣性質量に対して十分に力を発揮し得ていない事と、仕事量の少ない事は、彼が Sub. T.A. に比べて運動速度に劣るのであろうと考察される。

他の一つの実験は腕屈曲によるもので、同一被検者に all-out 作業を課し、その影響が筋力、仕事量、筋電図にどの程度、どの様な形で現われかをみようとしたものである。即ち作業能力の低下した状態と一般に定義さ

れる疲労状態に於て、仕事量の減少が単に筋力の減少だけで片づけられるかどうかという事である。all-out 作業は腕エルゴメーターにより最大筋力の 1/3 の負荷、1 秒 1 回のテンポで腕屈曲を反復し、屈曲不能になるまで行わせた。図 16 は 2 人の被検者に夫々別の負荷のもとで、all-out 作業前後に仕事量を測定した際の筋電図、及び張力図である。図をみるに特に all-out 直後に於て筋電図の pattern が変り、両被検者とも all-out 前及び回復 7' 後にみられる様な集中的な筋放電が消失している。この時張力図は鈍い立ち上りから低い山形を呈している。この傾向は先に述べた、筋力が等しくしかも仕事量に劣る Sub. M.M.

図 14 筋疲労による影響

図 15 筋疲労による影響

にみられる様相に似ている。しかしこの場合すぐ運動速度の減少が原因であるとする事は出来ない。なぜなら筋力も又低下しているからである。そこで日を改め同一 all-out 作業を課して筋力の低下する度合を調べた。図 17 は筋力、仕事量及び張力図の力の最高値の減少する度合(%)を、時間を追って示したものである(筋力及び仕事量の減少する度合は他に 3 名の被検者についても同傾向を示すことを認めた)。この図から言える事は、静的な筋力が all-out 直後 80% となつたのに対し、慣性動輪に対して発揮し得た力の最高値は all-out 前の 45~60% になつている。即ち、筋力には尚余裕を残しながら、それが動的には発揮し得ていないのである。先に示した回帰直線に照合し、筋力の減少に対応する仕事量をみても、それは筋力相応以下の値を示している。この様に考えて来ると、疲労による仕事量の減少した要因は、筋力の低下によると共に、運動速度の減退によるものであると言う事が出来よう。

要約及び結論

静的な状態で発揮する筋力(最大筋力)と、動的に力を発揮してなし得る仕事量(最大仕事量)との関係を検討した。仕事量は慣性エ

ルゴメーター~~全作製~~これを使用して測定し、一方筋力は仕事量測定の対象とした筋群とはほぼ同一筋群の等尺性収縮による筋力を、dynamometer によつて測定した。主として高校、大学、陸上競技選手を被検者とする測定結果及び 2 つの実験結果から次の事を知つた。即ち、1) 慣性質量に対して瞬発的に力を発揮してなし得る仕事量は、筋力との間に高い相関関係をもち、大なる仕事をするには筋力に優れている事が有利な条件となる。2) しかし筋力を十分に動的な場面で生かす為には、~~速い運動~~速い運動を起し得なければならないが、そこには神経衝撃の集中性如何が関係すると考えられる。

本研究は猪飼道夫教授の懇切なる御指導と東大体育学研究室諸兄の御助力のもとで行われたものである。ここに記して深謝の意を表します。

文 献

- 1) Chui, E. (1950): Effect of systematic weight training on athletic power. Res. Quart. 21, (3) p. 188~194.
- 2) Englehardt, J.L. (1924): A test of physical efficiency. J. Educational Psychol. 15, p. 573~576.
- 3) Fenn, W.O. (1935): Muscular force at

- different speed of shortening. *J. physiol.* 85, p.277~297.
- 4) **Gray, R.K.** 他 (1962): A test of leg power. *Res. Quart.* 33, (1), p.44~50
  - 5) **Gray, R.K.** 他 (1962): A useful modification of vertical power jump. *Res. Quart.* 33, (2) p.230~235
  - 6) **Hill, A.V.** (1922): Maximum work and mechanical efficiency of human muscles and their most economical speed. *J. physiol.* 56, p.19~41.
  - 7) **Hansen, T.E. & Lindhard, J.** (1923): On the muscular work of human muscles especially the flexors of the elbow. *J. physiol.* 57, p.287~300
  - 8) **Henry, F.M.** (1960): Factorial structure of speed and static strength in a lateral arm movement. *Res. Quart.* 31 (3), p.440~447.
  - 9) **猪飼道夫, 金子公寄** (1963): パワーの測定, *OLYMPIA*, 4(2) p.68~75
  - 10) **Lupton, H.** (1923): The relation between the external work produced and the time occupied in a single muscular contraction. *J. Physiol.* 57, p.68~75
  - 11) **McCloy, C.H.** (1932): Recent studies in the Sargent Jump. *Res. Quart.* 3(2), p.235~242
  - 12) **中西, 寄金, 伊藤** (1963): 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) p.10~17
  - 13) **奥山美佐雄** (1932): 生体筋の最大仕事に付て, *労働科学*, 9(5), p.501~523
  - 14) **Wilkie, D.R.** (1950): The relation between force and velocity in human muscle, *J. physiol.* 110, p.249~280.

A Study on the Human Muscle Power with Inertia Ergometer

By

M. Kaneko; University of Tokyo

The relation between the strength and the power was investigated in the arm flexor and knee extensor muscles respectively. In order to measure the muscle power, a modified Inertia Ergometer and the muscle strength was ordinarily measured with spring dynamometer.

It was found that the muscle power measure in four kinds of loads was significantly related to the strength of individuals, while some individual differences were observed. Based on the electromyograms and the force curves it was revealed that the power ability was determined by how to concentrate their nerve impulses to the acting muscles in addition to the strength.

Pletysmographic Measurement of the Blood Flow through the Forearm in Muscular Exercise

By

A. Nakamura; University of Tokyo

The water pletysmograph for the forearm, with electric recording apparatus, including an ergometer, was devised and presented. The collecting pressure applied to the arm was ascertained and the pressure lower than the diastolic pressure by 5~10 mmHg, applied for 5~10 seconds, was found to be adequate to record the blood inflow to the tissue. By means of this method, it was demonstrated that the forearm blood flow was increased after exercise of maximum efforts exerted every two seconds, and the increase of blood flow was related to the number of maximum contractions, but it seemed to reach a plateau after certain contractions. Remarkable increase of blood flow was also found after exercise with the load of one-third of maximum strength to exhaustion. Among subjects, a large difference of blood flow was found after both kinds of exercise.