

昭和52年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. XI M社製パワーアナライザーと従来の
慣性負荷法との比較検討

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

昭和52年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. XI M社製パワーアナライザーと従来の 慣性負荷法との比較検討

報告者 (財)日本体育協会スポーツ科学研究所

黒田 善雄

北嶋 久雄* 塚越 克己 雨宮 輝也

伊藤 静夫 金子 敬二 松井 美智子

I 緒言

ヒトの身体運動は骨格筋の収縮・弛緩による関節運動であり、化学的エネルギーが機械的エネルギーに変換された結果である。しかし筋組織におけるエネルギー変換を直接調べることは困難であることから、外的仕事率すなわちパワーとして評価されることになる。

人体機能のうち筋力を筋パワーに変換する能力は、体力要因のうちでも重要な役割を占めている。Human Powerの一部である筋パワーを金子¹⁾は次のように定義している。

「最大努力のもとで(筋活動により)爆発的に発揮される機械的パワーないし短時間内に多くの機械的エネルギーを発揮する能力である。」

今日までに多くの研究者たちが筋パワーの測定法を開発し検討を重ねて来た。慣性負荷法による筋パワー測定もそのひとつである。慣性負荷法による最初のもは A. V. Hill²⁾ (1920年)の作製した慣性槓杆 inertia lever である。この慣性槓杆は動物の摘出筋用であるが、A. V. Hill (1922年)はヒトの筋パワー測定に慣性車輪を応用した。その後 H. Lupton⁴⁾ (1922年), T.E. Hansen と J. Lindhard⁵⁾ (1923年), 奥山⁶⁾ (1932年), 猪飼と金子たち⁷⁾ (1963年)も同様の原理の慣性車輪を作製している。

* 佐賀大学

筋パワーの測定には慣性負荷法の他に荷重法も利用されているが、いずれにしろ分析に比較的時間が要求される。永田⁸⁾⁹⁾はこうした従来の測定法を改良し、エレクトロニクス的手法を応用した慣性車輪(以後パワーアナライザーと呼ぶ)を開発した。この装置は測定値がデジタル表示されるよう簡便化されており、慣性力を発生する機械的部分と力・速度・パワーの物理量を検出演算し、出力する電気的部分、それに生体の筋群に結合し、ヒトが操作する駆動部の3つの部分から構成されている。

パワーアナライザーの特徴は、各種の等価質量が錘りの質量、棒の距離、伝達部分のギヤ比、回転円盤の半径の組み合わせによって決まり、回転速度は光電素子方式による光量抵抗変化を利用していることである。力は、受光感度を高めたマークセンサにより速度検出をし、それを微分することによって加速度を算出し、等価質量を乗じて検出する。そして電気回路を通してデジタル表示されるように作製されている。

しかし従来の慣性負荷法より求まる筋パワーは平均パワーであるのに対し、パワーアナライザーは最大パワーを表示している。故に簡便なパワー測定装置としてパワーアナライザーを体力測定に活用するためには、従来の慣性負荷法によって得られた平均パワーとの比較検討を行なう必要がある。

そこで本研究は第一にパワーアナライザーの信頼性を検討し、第二に平均パワーと最大パワーの値を比較検討するためにパワーアナライザーでデジタル表示された最大パワーと同時に平均パワーを測定出来るようにして値を得るとともに、従来の慣性車輪による平均パワーとの比較検討を行なったものである。

II 方法

パワーアナライザーで最大パワーのデジタル表示と同時に平均パワーを記録出来るようにし、5・20・25・50・80・100・200・400・800kgの9種の等価質量についてパワーを求めた。次にパワーアナライザーによる平均パワーと従来の慣性負荷法による平均パワーを比較するため、猪飼・金子式慣性車輪での7.76・29.9・46.7・139.7・283.0・478.3kgの6種の等価質量について平均パワーを算出した。最大パワーはデジタル表示された数値を読んだ。平均パワーの算出にあたっては猪飼・金子の方法にならって行ない、1/2回転(1 π rad.)で1個のパルスが検出出来るように光電管を取り付け、パワー発揮時の力の検出には張力計を用いた。なお記録にはラベット RMS-11型直視式電磁オシログラフ(共和電業)を用いた。

パワーアナライザーと猪飼・金子式慣性車輪における車輪半径 r (cm) と慣性モーメント I ($g \cdot cm^2$), 等価質量 (kg) は表1に示す通りである。

パワー発揮の対象として腕屈曲と脚伸展、いわゆる人体筋パワーを用いた。腕屈曲は上腕二頭筋・上腕筋・腕撓骨筋を主働筋とするものであり、

表1 車輪半径 r (cm)・慣性モーメント I ($g \cdot cm^2$)・等価質量(kg)一覧表
猪飼・金子式慣性車輪

I ($g \cdot cm^2$)	r (cm)		
	10	5	2.5
5×10^5	5	30	80
25×10^5	25	100	400
50×10^5	50	200	800

パワーアナライザー

I ($g \cdot cm^2$)	r (cm)					
	15.7	8.0	6.4	3.7	2.6	2.0
19.2×10^5	7.76	29.9	46.7	139.7	283.0	478.3

脚伸展は大腿四頭筋を主働筋とするものである。また、人体筋パワーとは別に錘り10・20・35kgにそれぞれに張力計・ワイヤ・錘りをつるす金具、重さ1.1kgを加えたものを落下させる実験を行なった(図1)。

1. 被検者の測定姿勢と錘り落下の方法

腕屈曲では椅座姿勢で車輪に対して正面を向き、上腕を台に対して垂直になるように置き、ワイヤには張力計が取り付けられており先端には握り易いようにハンドルがついている。被検者は肘関節角度140°の位置から全力で腕屈曲を行なった。

脚伸展では足頸部のベルトに張力計を介したワイヤが取り付けられており、被検者は下腿を膝関節角度90°の位置から全力で脚伸展を行なった。

いずれも被検者は4名で、各等価質量について12回以上の試技を行ない平均値を個人値とした。

3種の錘りの落下実験では、図1のようにして各重量・等価質量について5回以上の試技を行ない平均値を採用した。

2. 仕事量・平均パワーの算出方法

電磁オシログラフに記録された力曲線と回転パルスより力の作用時間、慣性車輪の回転角速度を

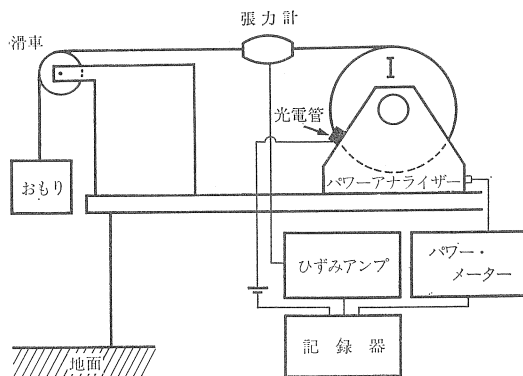


図1 3種の錘り落下実験における慣性力発生装置

実験内容をわかりやすくするために、パワーアナライザーの車輪(I)を猪飼・金子式慣性車輪と同じ縦型に図示してあるが、実際の装置では横型の車輪を採用している。猪飼・金子式慣性車輪においても同様の装置を落下実験を行なった。

求め、次に示す式で平均パワーを算出した。

$$W = \frac{1}{2} I \omega^2 \text{ (joule)}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{t} \text{ (watt)}$$

W : 仕事量 I : 慣性モーメント

ω : 回転角速度 \bar{P} : 平均パワー

t : 力の作用時間

Ⅲ 結 果

パワーアナライザーの各等価質量における平均パワーと最大パワー、猪飼・金子式慣性車輪の各等価質量における平均パワーを表・図2～4に示した。なお図ではパワーアナライザーにおける平均パワーと最大パワーは●印で、猪飼・金子式の慣性車輪における平均パワーは○印で、それぞれ

表わした。

1. 腕屈曲におけるパワー

表2はパワーアナライザーの各等価質量における平均パワーと最大パワー、猪飼・金子式慣性車輪の各等価質量における平均パワーを示したものである。

以上の各等価質量における平均パワーと最大パワーの関係を被検者4名の平均値と標準偏差でみたものが図2である。

パワーアナライザーにおける平均値をみると、平均パワーでは5・400・800kgの各等価質量で30.4～41.6wattを示しており、20・25・50・80・100・200kgの各等価質量での56.5～68.4wattに比べ小さい値が出現した。最大パワーについても5・400・800kgの各等価質量で73.2～104.1

表2 各等価質量における平均パワーと最大パワーの測定結果(腕屈曲)

	被検者	等 価 質 量 (kg)									
		5	20	25	50	80	100	200	400	800	
パ ワ ー ・ ア ナ ラ イ ザ ー	平均パワ ー (watt)	HK	58.9	81.7	95.2	96.2	78.8	84.7	75.1	52.6	32.5
		SI	28.6	48.1	62.0	46.8	47.5	46.1	52.3	30.7	22.3
		TA	28.4	47.5	49.9	41.1	45.9	44.9	33.4	27.7	18.2
		KT	29.8	66.9	66.6	60.4	86.4	69.5	65.0	55.5	48.4
	平均値 標準偏差	平均値	36.4	61.1	68.4	61.1	64.7	61.3	56.5	41.6	30.4
		標準偏差	13.0	14.2	16.6	21.4	18.2	16.7	15.6	12.5	11.6
	最大パワ ー (watt)	HK	105.0	201.9	217.5	239.9	189.0	222.6	200.1	137.6	85.7
		SI	57.4	119.4	144.5	123.9	115.4	117.3	127.8	75.6	55.3
		TA	65.3	118.8	121.8	113.5	115.8	110.9	89.8	68.8	44.2
		KT	65.0	159.9	154.9	148.9	200.8	171.8	163.1	134.2	120.2
平均値 標準偏差	平均値	73.2	150.0	159.7	156.6	155.3	155.7	145.2	104.1	76.4	
	標準偏差	18.6	34.3	35.5	49.8	39.9	45.3	40.9	32.0	29.5	
平均パワー 最大パワー(%)			49.7	40.7	42.8	39.0	41.7	39.4	38.9	40.0	39.8
猪 飼 ・ 金 子 式 慣 性 車 輪	被検者		7.76	29.9	46.7	139.7	283.0	478.3			
	平均パワ ー (watt)	HK	35.5	70.9	67.1	56.2	41.1	29.4			
		SI	34.1	46.8	44.1	38.1	43.6	18.8			
		TA	33.9	44.2	39.3	32.3	22.1	13.6			
		KT	54.7	58.0	70.1	60.2	40.8	30.7			
	平均値 標準偏差	平均値	39.6	55.0	55.2	46.7	36.9	23.1			
標準偏差		8.8	10.6	13.6	11.8	8.6	7.2				

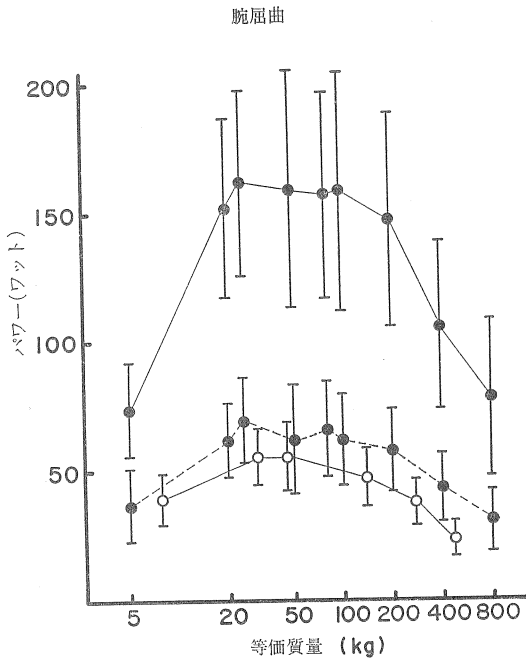


図2 各等価質量における平均パワーと最大パワーの関係（腕屈曲）

各等価質量における●印は上が最大パワー、下が平均パワーを示している。なお○印はパワーアナライザー、○印は猪飼・金子式慣性車輪によるものである。

watt, 20・25・50・80・100・200 kg の各等価質量で 145.2~159.7 watt を示し、平均パワーと同様の傾向であった。

猪飼・金子式慣性車輪における平均パワーの平均値をみると、7.76・283.0・478.3kgの各等価質量で 23.1~39.6 watt を示しており、29.9・46.7・139.7 kg の各等価質量での 46.7~55.2 watt に比べ小さい値が出現した。またパワーアナライザーでの平均パワーに対し、猪飼・金子式慣性車輪での平均パワーの方がわずかに小さかった。

2. 脚伸展におけるパワー

表3、図3は脚伸展パワーについて示したものである。パワーアナライザーにおける4名の被検者の平均値でみると、平均パワーでは5・400・800kgの各等価質量で 141.1~228.4 watt を示し、最大パワーでも5・400・800 kg の各等価質量で 307.7~434.7 watt を示しており、腕屈曲と同様に他の等価質量に比べ、平均パワー、最大パワー

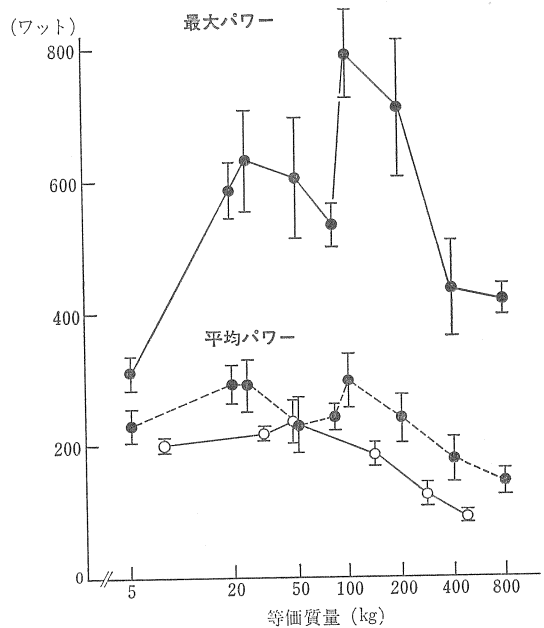


図3 脚伸展時の最大パワーと平均パワー

●はパワーアナライザー、○は猪飼・金子式慣性車輪より得たパワー値と±1S, Dの範囲を示している。

ともに小さい値が出現した。

しかし図2からもわかるように、パワーアナライザーの腕屈曲では各等価質量で平均パワーと最大パワーがともになだらかな山型を示す傾向にあったのに対し、脚伸展ではそれがみられなかった(図3)。殊に80 kgの等価質量での最大パワーは 530.0 ± 33.2 watt で、その前後の50・100kgの等価質量に比べ落ち込みが著しく、個人値でみても被検者S Iを除いた他の3名でその傾向がみられた。

これに対し猪飼・金子式慣性車輪における各等価質量の平均パワーはなだらかな山型を描いた。またパワーアナライザーでの平均パワーと猪飼・金子式慣性車輪での平均パワーの差は腕屈曲の場合より大きくなった。

3. 3種の錘り落下におけるパワー

表4にパワーアナライザーの各等価質量における平均パワーと最大パワーを3種の重量(11.1・

表3 各等価質量における平均パワーと最大パワーの測定結果（脚伸展）

	被検者	等 価 質 量 (kg)									
		5	20	25	50	80	100	200	400	800	
パワー・アナライザー	平均パワー (watt)	KK	218.4	336.9	344.1	256.2	270.3	345.5	273.0	197.2	167.2
		SI	262.6	258.1	247.7	171.6	222.7	266.0	214.9	156.9	134.5
		TA	192.9	272.0	248.3	206.0	224.4	242.3	190.9	133.5	110.0
		KT	239.6	301.3	282.9	279.3	240.4	325.6	271.8	218.0	152.6
	平均値	228.4	292.1	280.8	228.3	239.5	294.9	237.7	176.4	141.1	
	標準偏差	25.8	30.2	39.3	42.1	19.1	42.1	35.8	33.1	21.4	
パワー・アナライザー	最大パワー (watt)	KK	318.7	648.6	739.1	688.0	578.8	870.4	826.6	487.2	430.0
		SI	337.2	525.9	566.9	482.5	493.5	721.6	623.9	386.8	400.7
		TA	267.8	574.3	547.9	545.4	506.1	720.8	589.1	340.3	390.2
		KT	306.9	589.4	665.6	700.3	541.4	843.9	791.5	524.5	448.4
	平均値	307.7	584.6	629.9	604.1	530.0	789.2	707.8	434.7	417.3	
	標準偏差	25.4	43.8	77.3	92.9	33.2	68.6	102.8	74.2	23.1	
平均パワー 最大パワー(%)			74.2	50.0	44.6	37.8	45.2	37.4	33.6	40.6	33.8

猪飼・金子式慣性車輪	被検者	等 価 質 量 (kg)						
		7.76	29.9	46.7	139.7	283.0	478.3	
猪飼・金子式慣性車輪	平均パワー (watt)	KK	189.8	233.2	284.0	200.8	154.6	96.2
		SI	216.9	212.5	214.7	177.6	116.4	93.6
		TA	191.7	208.8	191.7	151.7	113.0	78.9
		KT	202.8	206.4	242.1	192.4	113.6	87.7
	平均値	200.3	215.2	233.1	180.6	124.4	89.1	
	標準偏差	10.8	10.6	34.4	18.7	17.5	6.6	

表4 3種の錘り落下における平均パワーと最大パワーの測定結果

パワー・アナライザー	落下物重量 (kg)	等 価 質 量 (kg)									
		5	20	25	50	80	100	200	400	800	
パワー・アナライザー	平均パワー (watt)	11.1	37.1	41.4	64.8	63.3	28.6	39.8	30.0	17.1	12.3
		21.1	52.3	74.8	123.2	129.7	64.1	88.6	72.9	43.3	31.1
		36.1	63.9	103.2	187.2	230.6	107.2	175.9	151.0	94.2	67.7
パワー・アナライザー	最大パワー (watt)	11.1	120.0	135.0	182.8	176.0	93.0	126.6	104.8	44.2	43.8
		21.1	144.8	163.0	300.7	314.6	162.4	195.2	162.0	106.8	85.4
		36.1	168.4	232.8	432.4	540.5	220.8	426.0	445.8	232.0	156.8
パワー・アナライザー	平均パワー 最大パワー(%)	11.1	30.9	30.7	35.4	36.0	30.8	31.4	28.6	38.7	28.1
		21.1	36.1	45.9	41.0	41.2	39.5	45.4	45.0	40.5	36.4
		36.1	37.9	44.3	43.3	42.7	48.6	41.3	33.9	40.6	43.2

猪飼・金子式慣性車輪	落下物重量 (kg)	等 価 質 量 (kg)						
		7.76	29.9	46.7	139.7	283.0	478.3	
猪飼・金子式慣性車輪	平均パワー (watt)	11.1	57.4	57.4	41.8	23.7	15.9	11.5
		21.1	89.0	101.5	93.2	59.5	39.7	29.8
		36.1	117.0	145.1	163.6	117.4	83.9	69.1

21.1・36.1kg)の錘り落下時について示した。さらに猪飼・金子式慣性車輪の各等価質量における平均パワーを同様に示した。

以上の各等価質量における平均パワーと最大パワーの関係を錘りの重量別にみたものが図4である。

パワーアナライザーでは、80kgの等価質量で平均パワー、最大パワー共、11.1・21.1・36.1kgのいずれにおいても大きな落ち込みをみせた。それに対し他の等価質量では、なだらかな山型を描いた。

猪飼・金子式慣性車輪における各等価質量の平均パワーは、人体筋パワー(腕屈曲・脚伸展)においてみられたものと同様のなだらかな山型を描いた。

4. 最大パワーに対する平均パワーの割合

パワーアナライザーでデジタル表示された最大パワーに対して従来より利用されている平均パワーがどの位の割合であるのかを検討するため、表2・3・4に最大パワーに対する平均パワー割合

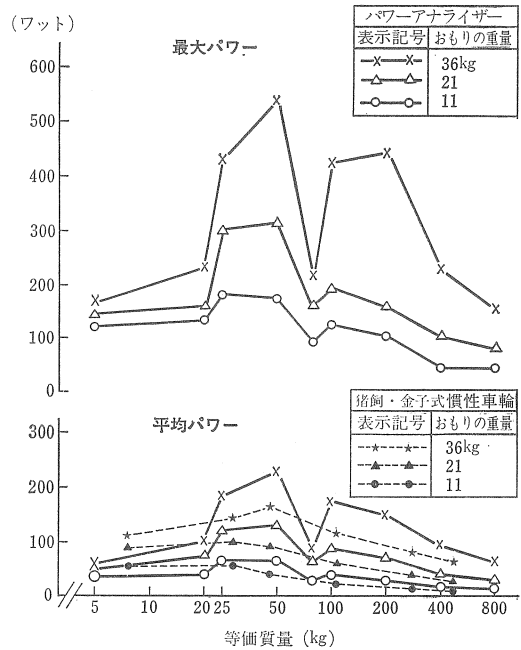


図4 錘り落下時の最大パワーと平均パワーの比較

表5 腕屈曲・脚伸展・3種の錘り落下における力の作用時間 (msec)

		等 価 質 量 (kg)										
		5	20	25	50	80	100	200	400	800		
パ ワ ー ・ ア ナ ライ ザ ー	腕 屈 曲 N = 4	平均値	252	367	384	539	427	679	913	869	1235	
		標準偏差	41	39	30	55	39	76	99	72	119	
	脚 伸 展 N = 4	平均値	173	249	293	409	315	442	588	572	755	
		標準偏差	5	5	19	35	6	19	13	32	31	
	3種の錘り 落下	11.1kg	492	491	703	874	570	844	1148	1135	1576	
		21.1kg	430	412	557	693	433	650	894	828	1154	
		36.1kg	407	364	496	577	372	532	687	651	896	
			等 価 質 量 (kg)									
			7.76	29.9	46.7	139.7	283.6	478.3				
	猪 飼 ・ 金 子 式 慣 性 車 輪	腕 屈 曲 N = 4	平均値	289	339	521	722	751	965			
標準偏差			19	20	47	53	165	102				
脚 伸 展 N = 4		平均値	212	286	413	494	569	633				
		標準偏差	15	7	18	19	25	9				
3種の錘り 落下		11.1kg	664	682	761	866	1021	1131				
		21.1kg	578	567	585	624	764	824				
		36.1kg	535	505	467	503	599	619				

(%) を示した。

5 kgの等価質量での腕屈曲パワーでは49.7%、脚伸展パワーでは74.2%と脚伸展時の方が高い%を示しているが、5 kgを除いた他の等価質量における割合の平均では、腕屈曲パワー、脚伸展パワー、それぞれ 40.3、40.4% で類似した値であった。錘り落下における最大パワーに対する平均パワーの比をみると、全部の等価質量の平均では11.1 kgで32.3%、21.1 kgで41.2%、36.1 kgで41.8%であり、21.1 kgと36.1 kgでは人体筋パワーと類似した値を得た。また人体筋パワーでみられたような5 kgの等価質量で比率が異なる傾向はみられなかった。

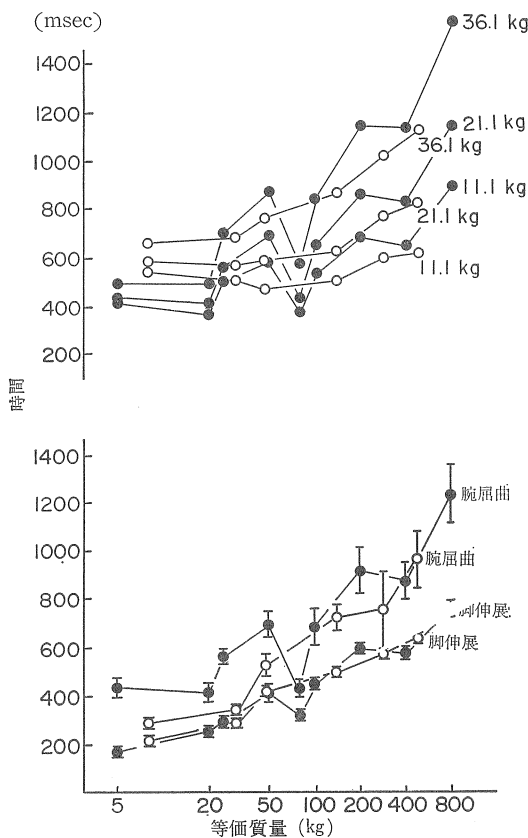


図5 各等価質量における力の作用時間
上：3種の錘り落下 下：腕屈曲・脚伸展
いずれも平均パワーでの力の作用時間を表わしている。なお●印はパワーアナライザー、○印は猪飼・金子式慣性車輪によるものである。

5. 力の作用時間

慣性負荷に抗して規定距離だけ一定の力を作用させる条件のもとでは、慣性負荷の増大につれ力の作用時間も増加するはずである。この両者の関係を検討するため腕屈曲・脚伸展・3種の錘り落下における力の作用時間 (msec) を表5に示した。

また、各等価質量と腕屈曲・脚伸展での力の作用時間の関係を平均値と標準偏差でみたものが図5 (下) であり、3種の錘り落下時の各等価質量と力の作用時間の関係をみたものが図5 (上) である。

パワーアナライザーによる腕屈曲・脚伸展・3種の錘り落下では、慣性負荷の増大とともに力の作用時間が増加する傾向から、80・400 kgの等価質量で大きく落ち込み、力の作用時間が短縮された。それに対し猪飼・金子式慣性車輪では慣性負荷の増大とともに力の作用時間も増加傾向にあり、こうした傾向はみられなかった。

IV 考察

1. パワーアナライザーの概要

パワーアナライザーの開発者である永田⁸⁾⁹⁾は、従来から利用されている慣性車輪によるパワー測定に疑問を抱いた。その背景には全仕事量や仕事率について検討するのであれば、荷重法よりも慣性負荷法が適当であり、全仕事時の時々刻々のパワー値を求め、経時的に解析すべきだという見解に立っている。

既存の慣性負荷法の問題点として次の事を列記している。

- 1) 縦型車輪のため高速回転で不安定となる。
- 2) 軽い等価質量から重い等価質量までの幅広いレンジが作れない。
- 3) ハンディな装置でない。そのため移動が難しい。
- 4) 力・速度・パワーの波形が同時記録されない。そのため三要素の経時変化が観察できない。
- 5) 特に速度値・パワー値算出が手計算で、煩雑である。
- 6) 実験室的なパワー測定には適しているが、フ

ールドテストとしては不向きである。

- 7) 正確性からみて、パルス発生による速度測定法やストレインゲージ法による力測定法に改善する余地がある。

永田は以上に述べた問題点を中心に検討し、パワーアナライザーを開発した。この装置は先述したように機械的部分・電気的部分・駆動部分から構成されている。

機械的部分の特徴は

- 1) 平型のハンディタイプで軽量小型、総重量25 kgである。
- 2) 摩擦力の発生を極力少なくし、400 g以上の駆動力で車輪が回転する。
- 3) 錘りの質量、棒の径（距離）、伝達部分のギヤ比、回転円盤の半径等の組み合わせによって等価質量が決定される。市販されているのは等価質量5・20・25・50・80・100・200・400・800 kgの9種である。

電気的部分の特徴は

- 1) 力・速度・パワーの三要素が電氣的に検出演算され、力とパワーのうち任意に一要素がデジタル表示され、速度はメーターにアナログ表示される。
- 2) 最大パワーのみならず、全仕事上の三要素の経時的な変化曲線が観察可能である。
- 3) 力の測定にストレインゲージ方式をやめ、マークセンサによる受光感度を高めた速度検出によって、それを微分し加速度を求め、それに等価質量を乗じて力を検出する。

以上の特徴から力・速度・パワーの三要素の相互関係の動的様相に関する資料が得られ筋パワーの解析に供されたとしている。

しかし以下の点には問題が残ったとしている。

- 1) 負荷量設定にギヤを用いたため遊びが生じている。
- 2) 軸受けの摩擦の減少は未解決のままである。しかし乾式のボールベアリングを用いて、現在のところ最低の値（50 g）になっている。
- 3) 本装置で可能な等価質量以外の値を用いる時には使用出来ない。
- 4) 平型の回転円盤のため、ヒトの身体駆動部分との結合に若干の難しさがある。

2. パワーアナライザーの問題点

パワーアナライザーでは80kgの等価質量での最大パワーは 530.0 ± 33.2 wattで、その前後の50・100kgの等価質量に比べ落ち込みが著しく、個人値でみても被検者S Iを除いた他の3名が同様の傾向にあり、3種の錘り落下でも顕著なパワー値の低下がみられる。このように人体筋パワーと錘り落下の両方において同様の問題点が生じている。

力の作用時間から検討しても同様のことがいえる。図5で示すように猪飼・金子式慣性車輪では等価質量の増大とともに力の作用時間は増加傾向にあるのに対し、パワーアナライザーではその傾向から逸脱する等価質量がある。すなわち80・400 kgの等価質量では人体パワーと質量落下の両方において、力の作用時間に著しい減少がみられる。

力の作用時間が短縮するとパワーは増加するはずであるが、逆に減少している。すなわち力の作用時間の短縮以上に仕事量が減少したことになる。

しかしこの現象は恐らくパワーアナライザーの慣性モーメント（I）と等価質量を決定した時の誤差によるものと思われる。

一定の慣性モーメントの車輪に対し、回転軸より半径rの部分で接線方向に作用した場合、力のモーメントは角運動量の時間微分となるから、 $F = \frac{I}{r^2} r d\omega/dt$ となる。 $\frac{I}{r^2}$ は等価質量となり $r d\omega/dt$ は力の作用点における接線方向への加速度となる。永田⁸⁾はこの計算式により直径200mmの回転円盤を牽引した場合の等価質量の計算値が4.254kgであるとした。次に錘り落下実験による慣性力発生の際正実験で計算値を確かめた。すなわち同様の直径200mmの回転円盤で錘り1.072kgを高さ100cmの所から落下させる実験を行ない、等価質量が 4.639 ± 0.55 kgとなった。計算値と実測値の差は385gであり、約0.08%の誤差であったが、抵抗や摩擦といった理論的に計算出来ない量があるため計算値より実測値を妥当値としている。

永田⁸⁾は特定の等価質量については検定を行なっているが、パワーアナライザーの等価質量は錘

りの質量, 棒の径(距離), 伝達部分のギヤ比, 回転円盤の半径等の組み合わせによって変わってくることから, 著者らの考察した問題点に答えるためには, これらの組み合わせをそれぞれ検討しなければならないように思われる。

しかし最大パワーに対する平均パワーの比では, 人体筋パワー(腕屈曲・脚伸展)での5kgの等価質量と重量11.1kgの錘り落下を除いた等価質量の平均では40.3~41.8%の値を示し, 一定した傾向が出現している。

以上の著者らの考察にみられるように, データを出力するにあたっていくつかの問題点が生じた。そうはいうもののパワーアナライザーの持つ意味は大きい。筋パワーのひとつの測定法について半世紀にわたって基本的には類似した方法が用いられ, 最近になってようやく体力測定項目に加えられよう簡易の方法が開発されたのである。スポーツ科学・スポーツに関係した現場にとって筋パワーの測定は不可欠のものであることに疑いはない。畢竟著者らの示した問題点の再検討が望まれるように思われる。

V まとめ

1. 永田がエレクトロニクスの手法を応用して開発したパワーアナライザーは最大パワーを表示するもので, その信頼性を検討するとともに, 従来から利用されている慣性車輪から得られる平均パワーと比較検討するため, パワーアナライザーから平均パワーが同時に記録出来るようにした。さらに, 猪飼・金子式慣性車輪によって平均パワーを得た。

2. パワーアナライザーでの5・20・25・50・80・100・200・400・800kgの9種の等価質量について最大パワーと平均パワー求め, 猪飼・金子式慣性車輪での7.76・29.9・46.7・139.7・283.0・478.3kgの6種の等価質量について平均パワーを算出した。

3. パワー発揮の対象として腕屈曲と脚伸展のいわゆる人体筋パワー(4名), 及び3種の錘り落下(11.1・21.1・36.1kg)を用いた。

4. 脚伸展・3種の錘り落下における80kgの等価質量において, その前後の等価質量に比べ最大パワーと平均パワーの両方が著しく低下した。猪飼・金子式慣性車輪ではそうした傾向は認められなかった。

5. 最大パワーに対する平均パワーの比では人体筋パワーでの5kg等価質量と重量11.1kgの落下を除いた等価質量での平均は40.3~41.8%の範囲にあった。

6. しかもパワーアナライザーにおける力の作用時間では, 80kgの等価質量が著しく短縮されていることから, 仕事量がそれ以上に減少を示したことになる。

7. 以上よりパワーアナライザーにはいくつかの問題点が生じており, 今後これらの再検討が望まれるように思われる。

引用文献

- 1) 金子公宥: 瞬発的パワーからみた人体筋のダイナミクス. 杏林書院, 1974.
- 2) Hill, A. V.: An instrument for recording the maximum work in a muscular contraction. *J. Physiol.* 31: lxxxxviii-xc, 1920.
- 3) Hill, A.V.: The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed. *J. Physiol.* 56: 19~41, 1922.
- 4) Lupton, H.: The relation between the external work produced and the time occupied in a single muscular contraction in man. *J. Physiol.* 57: 68~75, 1922.
- 5) Hansen, T.E. and J. Lindhard: On the maximum work of human muscles especially the flexors of the elbow. *J. Physiol.* 57: 287-300, 1923.
- 6) 奥山美佐雄: 生体筋肉の最大仕事に付て. 労働科報, 9(5): 501~524, 1932.
- 7) 猪飼道夫, 金子公宥: パワーの測定. *Olympia*, 4(2): 3~11, 1963.
- 8) 永田晟: 慣性負荷法による筋パワー・メータの開発. 人間工学, 12(1): 15~20, 1976.
- 9) 永田晟: 筋パワーの測定. 体育の科学, 26(1): 69-74, 1976.

