

# ヒトの二つの投動作様式における負荷量と performance との関係

中京大学体育学部 陳 全 寿  
〃 小 山 哲 央

**The relationship among load, performance, and maximum  
muscle strength of two basic throwing patterns.**

Chen Chuan-Show, Koyama Tetsuo,  
(Chukyo University)

## ABSTRACT

The purpose of this study was to relate the muscle strength and the differentiation of two basic throwing patterns. As we know both in our daily life and sports activities there are commonly seen that putting heavy things and over hand throwing light things for the purpose of getting distance. These phenomenon also found in children's motor development of throwing movement. At the early stage of children's throwing movement putting or putting like movement appeared early than that of throwing, particularly to the over hand throwing.

There are questions what caused this differentiation, and what were the factors or information for us to select throwing patterns while facing a load? May be neuromuscular function from physical aspect, and motor learning in daily activities are factors which caused this differentiation that mentioned above. In this study we thought that the muscle strength could be one of the most powerful limiting factor. For the purpose of this hypothesis we used a loads alternative ball asked subjects to push and over hand throw it in sitting position, stabilized by a belt tightly around the subjects' hip. The load increased gradually by 500 g from 1.0 kg to 6.0 kg. Performances were measured, including five trials for each load. EMGs were recorded by surface electrodes from muscles of shoulder girdle and arm, seven muscles included. A high speed cinecamera used to analyze the change of throwing patterns. Subjects were seven groups of male and female volunteers that were distance runner, shotputtor, javelin thrower, and weight lifter, totally up to 26 subjects included.

Some evidences obtained in this study summarized as follow:

1) Throwing patterns; As load increased there were no significant change of the patterns

of push from series of tracings made from motion picture films, but the over hand throw were quite disguised when the load increased which were lower the elbow joint, and exerted the movement with a mixed pattern of push and throw, especially at the heavier load. (fig. 1. 2. 3.) The quality change following the increasing of loads were; Lengthening the movement time and movement distance, and lowering the angle of incident and initial velocity. (table 1).

- 2) EMGs of two throwing patterns; Electromyographical study of the muscle function reveals what muscle actually does at any moment of these movements. In this study results of EMGs were; At light load the Triceps (caput longum), Deltoideus (medius), and Trapezius (superior) worked quite difference in character for two throwing movements which indicated these muscles had their own functions differ in exerting push and over hand throw, but no these differences found when the load was increased to the maximum or nearly the maximum (the maximum load in this study is 6.0 kg), muscles worked almost the same manner from the beginig to the ending of two of these movements. The amplitude of EMGs increased linearly on line with the increasing of load also found.
- 3) The performances decreased with the increasing of loads could be found in two movements, particularly the over hand throw decreased more sharply than the push in the first half during the load increasing processes. (fig. 7)
- 4) There were an intersection point of the performances of two throwing movements at certain load during the increasing of loads, here we called the point of intersection in term of cross point, and the loads at the cross point was called critical loads. This cross point appeared in all subjects in this study.
- 5) The percent of the loads at cross point to the maximum back strength were differ in groups as follow;  
1.80% (0.28) for shotputter, 2.04% (0.60) for distance runner, 2.12% (0.19) for javelin thrower, 1.53% (0.30) for weight liftor, and 2.29% (0.37) for hand ball player of male subjects. The percent of two groups of female subjects were 2.12% (0.18) for hand ball player, and 1.73% (0.11) for discus thrower and javelin thrower. The range of these percent were centered around 1.53% to 2.29% with a small stander diviation as desriped above. (table 2)
- 6) There were differences largely in back strength which messured as an index of maximum muscle strength, the range of back strength were 156 kg. for male hand ball player, 125 kg. for famel hand ball player, 181.7 kg. for male shoputter, 160 kg. for male javelin thrower, 112.5 kg. for male distance runner, 166.7 kg. for male weight liftor, and 148.3 kg. for female discus and javelin thrower respectly.
- 7) The percent of the cross point were differ in groups which were higher in male and female hand ball player as well as male javelin thrower, lower in weight liftor male shoputter and female discus and javelin thrower, and the long distance runner located in the middle. (table 3, 7 and fig. 8)

## 諸 言

本研究は、一連の投げ運動に関する研究の一つである。本稿の目的は、投げ運動の二つの典型的様式である“over hand throw”および、“push”の負荷漸増に対する動きの量的・質的变化、と performance の変化を見ることであると同時に、投運動の動きの分化・及び performance に影響を与える身体的要因、トレーニング効果、技術の介入の可能性を追求することである。

日常生活やスポーツ活動、又競技などに於いて、物を遠くへ投げるといった要求がしばしばみられる。一般的に云って、軽い物を遠くへ投げる場合は、“over hand throw”を用いる。その動き全体をみると、飛距離を得る為に支点から抵抗までの距離を長くしており、多くの筋および関節が一連の動きのなかに参加できるような動作様式を採用する。このようなトップギヤの power を出すには、負荷が重すぎると動作の遂行が不可能となる。即ち、抵抗に負けると云うことであろう。軽い負荷時では上述した動きの出現を可能にし、over hand throw が上記の要求に対して合目的投げの様式と云える。

重い負荷を遠く投げる場合、上述したことに對して、力点から抵抗までの距離を短かくし、ローギヤの power の出現を可能にし、Push 運動はその代表的投げの様式になる。このような動作様式の選択背景となるものは、負荷の質量という絶対的条件と個人の身体資源、即ち、筋力の強弱が背景となる相対的条件の二つである。

70年代から Developmental Kinesiology という新しい研究分野が開発され、基本となる運動様式の成熟過程を研究対象とする分野が盛んになってきている。もしも、筋力の強弱が、投げ動作の分化に決定的要因の一つとなる仮説が正しければ、投げ運動の分化過程を、負荷の漸増によってその分岐点を追求する事は、可能であると考えられる。

## 方 法

本研究は上述した目的及び仮説に基づいて、下記の方法で昭和54年3月から9月にかけて中京大学体育学部で実験を行なった。被験者はトレーニング効果と投技術の関与をみる為、push を専門とする重量挙げ男子選手3名、砲丸投げ男子選手3名。over hand throw を専門と思われる槍投げ選手男女各3名、ハンドボール選手男女各5名、日頃とくに腕の投げのトレーニングを強調しない長距離走者4名計26名の体育学部健康な成年を被験者とした。

実験方法及び手順はfig 1 から3のように被験者に座位姿勢をとらせ、腰部をしっかりと固定して、重量可変に改造した小学生用ハンドボールを使って、“Over hand throw”及び“Push”の二つの投げ動作を、全力で投げるように指示した。なお実験開始前に各被験者とも十分な練習をさせ、動作規定の説明及び諸注意を与えた。

負荷は1.0kgから6.0kgまで計11段階に分けた。二つの投げ動作で各負荷を5回づつ投げ、飛距離を実測して平均を算出した。その際、疲労からの影響を避けるため、各投の間に休息時間を取らせた。

動作分析はミリケン High speed cinecamera を用いて100F/sec の速度で動作開始前から終了後の一定の時間内に連続撮影をした。フィルム分析はNAC sportia (GP2000型)のAnalyzer一式を用いて分析した。

負荷の漸増に対する筋の作用機序の変化、投動作の相違に対する筋作用の相違をみる為、筋電図 (EMG) を誘導・記録した。EMG は日本光電製品、多用途生体現象記録監視装置一式を用いて表面筋電図法で動作手の上肢帯及び自由上肢筋から記録した。誘導部は、動作側上肢の橈側手根屈筋 (M·flexor carpi radialis)、総指伸筋 (M·extensor digitorum)、上腕二頭筋長頭 (M·biceps brachii caput longum)、上腕三頭筋 (M·triceps brachii)、三角筋中部 (M·deltoideus medius)、大胸筋鎖骨部 (M·pectoralis pars sternocostalis)、及び僧巾筋上部 (M·trapezius pars superior) の計7

筋である。なお、EMGの誘導法は標準筋電図誘導記録法を採用した。

(実験方法はfig 1～3を参照)

### 結 果

上記の方法によって得た結果を下記のようにまとめる事が出来る。

1. 負荷の漸増に対する投動作の変容; 負荷を軽いものから重いものへ段階的漸増したとき, fig 1, 2, 3で示しているように, いくつかの動きの変化を起こしている。fig 1はハンドボール男子選手, fig 2は重量挙げ選手, fig 3は長距離男子選手の三つの験例である。それぞれAは軽い負荷時, Bはperformanceの交点時, Cは最大負荷時の連続撮影フィルム上からトレースしたsteack picturesである。肉眼的に観察した場合, 負荷の漸増に対し大きな動きの変容をしていない。三つの験例とも, 両動作patternの特徴を示して投げているように見える。唯一の顕著な相違は, 負荷の漸増と共に, 肘関節の位置及びrelease瞬間ボールの高さが低くなっている事が外見的に顕著な変化である。

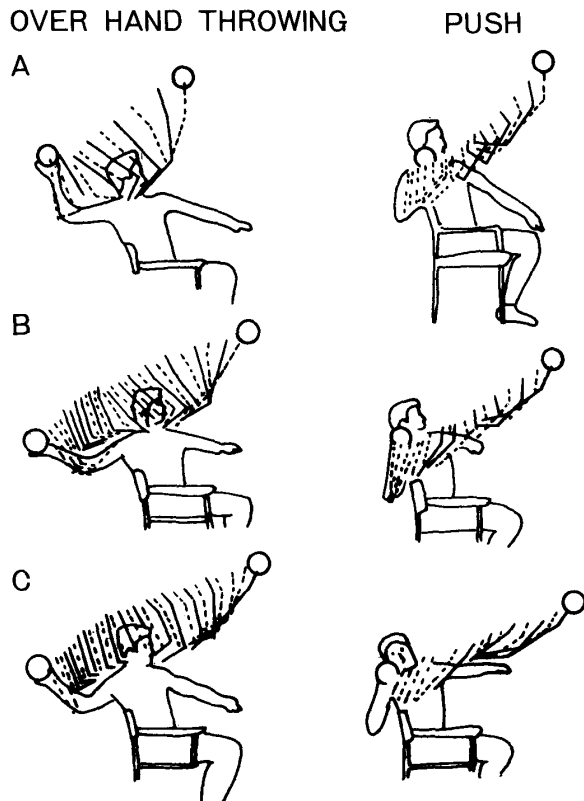


Fig. 1 Series of tracings made from

motion picture film while Push and Over hand throw a ball of (A: 1.5kg, B: 4.5kg, C: 6.0kg) in sitting position. Subj. M. Shida

### OVER HAND THROWING PUSH

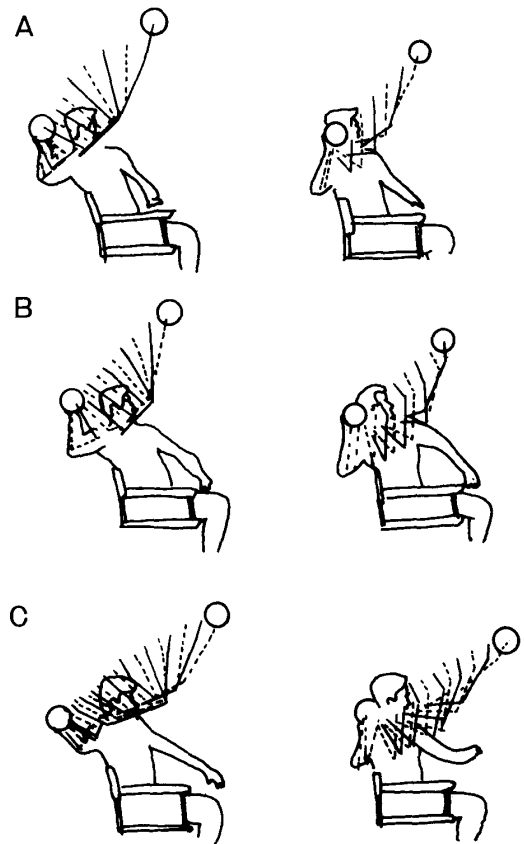


Fig. 2 Series of tracings made from motion picture film while push and Over hand throw a ball of (A: 1.0 kg, B: 3.5kg C: 5.5kg) in sitting position. Subj. H. Iwada

OVER HAND THROWING PUSH

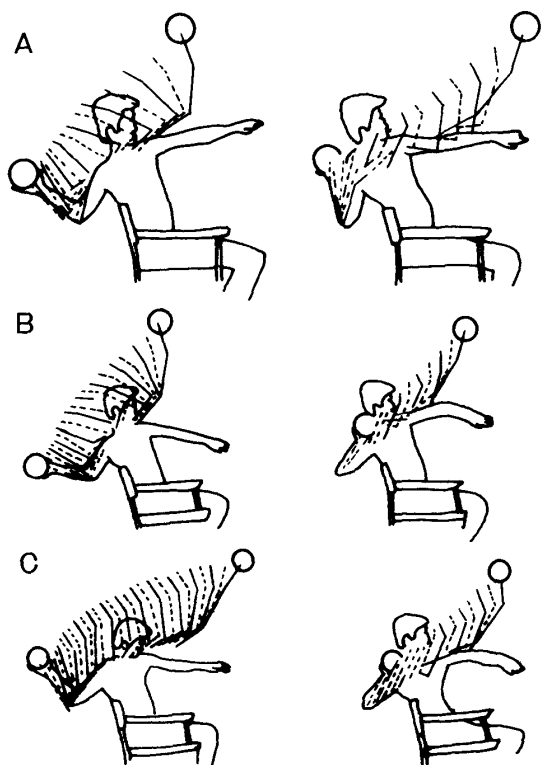


Fig. 3 Series of tracings made from motion picture film while push and Over hand throw a ball of (A: 1.0 kg, B: 2.5kg, C: 4.0kg) in sitting position. Subj. U. Shibasaki

負荷の漸増につれて、動作時間（投げ開始時からボールrelease 時までの時間）及び動作距離（投げ開始時からボールreleaseまでの距離）が漸次増大している。2), 投射角度 (Angle of incident), 初速度 (Initial speed) 及び飛距離 (performance) が漸次に減少している事がわかった。(Table 1 参照)

2. 筋の作用機序の変化; 負荷の漸増に対する筋の働き方の変化は, fig. 4, 5, 6, に示した。fig. 4は軽い負荷時, fig. 5はperformanceの交点時, fig. 6は最大負荷時のEMGである。それぞれ左側はpush時, 右側はOver hand throw時, 縦の点線は動作開始時(左)及び動作終了時(右)を示したものである。なおcalibration及びpaper speedは各figの右下部に明記してある。軽い負荷時fig. 4及びperformanceの交点時fig. 5のEMGについてみると, 各筋の放電様式・放電時間・電位の高さに顕著な相違をみる事ができ, EMGの上から, はっきりした両投動作様式の特徴を示して働いている事がわかる。push時は, releaseの瞬間と直後に桡側手根屈筋, 総指伸筋, 上腕三頭筋, 三角筋に急激な電位の高まりがみられ, 僧巾筋及び大胸

Table. I DESCRIPTIVE DATA ON THE THROWING MOVEMENTS

Load		1.0kg	1.5kg	2.0kg	2.5kg	3.0kg	3.5kg	4.0kg	4.5kg	5.0kg	5.5kg	6.0kg
PUSHING	MOVEMENT TIME (sec.)	.34 (.08)	.41 (.11)	.29 (.08)	.32 (.08)	.37 (.07)	.45 (.14)	.39 (.06)	.50 (.08)	.47 (.06)	.44 (.05)	.43 (.07)
	MOVEMENT DISTANCE (m.)	.90	.96	.92 (.11)	.95 (.10)	.91 (.13)	.97 (.09)	1.03 (.19)	1.00 (.11)	1.01 (.16)	1.06 (.04)	1.15 (.10)
	ANGLE OF INCIDENT	24.16°	29.52°	32.22° (4.53)	27.32° (8.40)	30.75° (8.80)	29.21° (6.13)	26.59° (7.07)	21.30° (7.42)	30.08° (7.00)	24.10° (1.41)	16.46° (3.39)
	INITIAL VELOCITY (m.)	8.88	6.90	8.27 (1.00)	7.57 (1.81)	6.72 (.57)	5.81 (.86)	6.60 (.72)	5.84 (.95)	5.85 (.20)	5.82 (.30)	5.87 (.44)
	PERFORMANCE (m.)	7.83	5.75	6.02 (.82)	5.78 (1.00)	5.44 (.19)	4.85 (.80)	4.75 (.65)	4.68 (.56)	4.33 (.36)	4.19 (.42)	3.76 (.45)
	OVER HAND THROWING	MOVEMENT TIME (sec.)	.37	.41 (.10)	.47 (.11)	.47 (.24)	.54 (.15)	.55 (.14)	.61 (.14)	.58 (.10)	.55 (.09)	.62 (.16)
MOVEMENT DISTANCE (m.)		.99	1.19	1.21 (.31)	1.22 (.27)	1.24 (.33)	1.28 (.35)	1.28 (.31)	1.30 (.28)	1.26 (.30)	1.34 (.22)	1.46 (.14)
ANGLE OF INCIDENT		30.93°	25.62°	24.98° (3.82)	26.24° (3.27)	22.36° (3.79)	20.59° (9.45)	19.73° (13.6)	13.74° (4.96)	16.76° (7.33)	14.18° (3.95)	10.51° (5.19)
INITIAL VELOCITY (m.)		9.85	9.65	9.47 (1.15)	8.09 (.94)	6.98 (1.00)	6.71 (1.31)	6.35 (1.11)	6.25 (.55)	6.00 (.29)	5.91 (.40)	6.18 (.18)
PERFORMANCE (m.)		9.60	6.34	7.56 (1.21)	6.69 (1.38)	5.63 (1.08)	4.73 (1.19)	4.40 (1.25)	4.45 (.34)	4.11 (.34)	4.15 (.24)	4.03 (.05)

(S.D.)

更に Analyzer を用いて動きの詳細な変化を調べた場合, 下記のような変化が得られた。1),

筋ではその直前に放電している。上腕二頭筋は, 動作開始から終了まで電位の低い持続放電をし

ている。一方over hand throwではrelease時に桡側手根屈筋が働いている。総指伸筋及び上腕二頭筋は、動作期間中に終始、中程度の放電をし、上腕三頭筋はpush時に比べて電位が低く、releaseの瞬間のみ電位の高まりを示している。大胸筋はpush時と同様に、release前に弱い放電をしている事を観察した。

fig. 6は最大負荷のEMGである。軽い負荷時、あるいはperformanceの交点が現われるときの負荷時と比較すると、Over hand throwの特

有な筋の作用様式に大きな変化が現われる。動作開始時に総指伸筋、三角筋中部、僧巾筋上部の放電が見られず、pushに似ているような放電様式を示めしている。特にReleaseの直前、fig. 4, fig. 5と違って上腕三頭筋に急激に電位の高まりを現わしている。筋の作用機序から重負荷時にOver hand throwは上腕の屈伸を主としたpushと同様な働き方に変容していることがわかる。(fig. 4, 5, 6に参照)

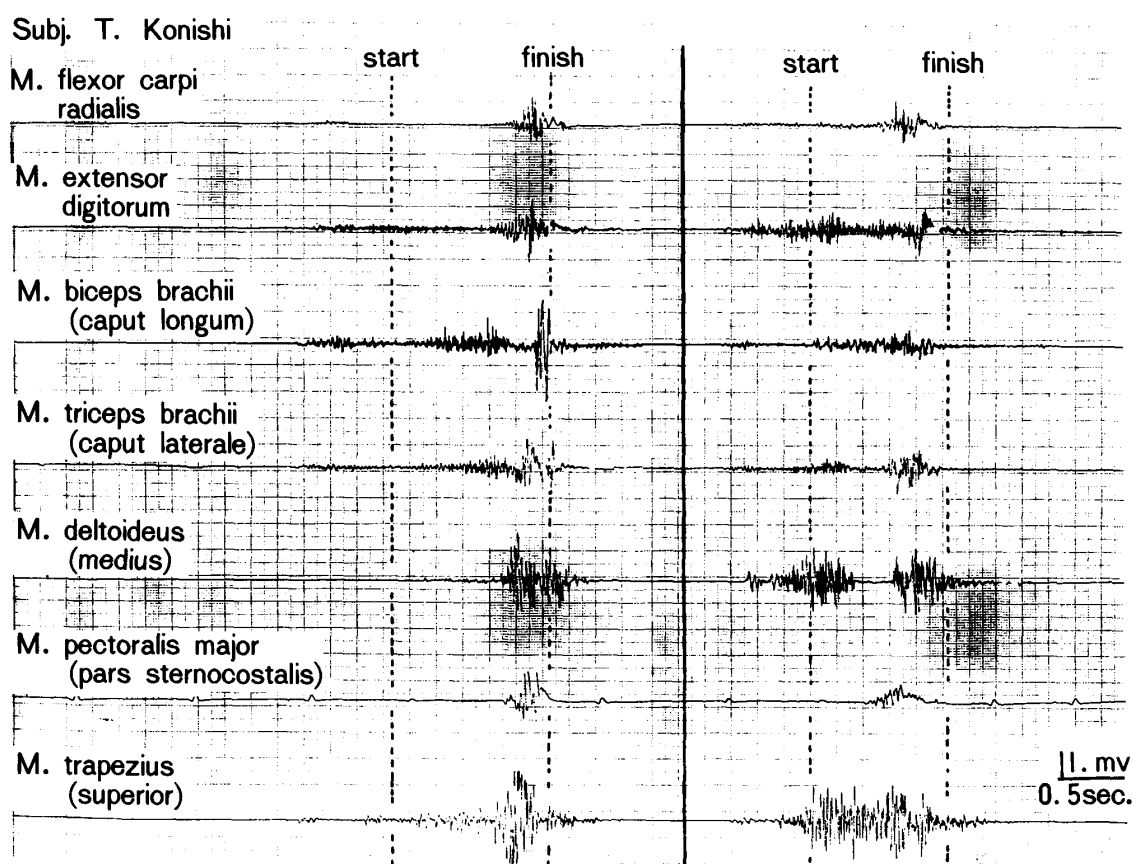


Fig. 4 EMGs of Membri Superioris while Push (left) and Over hand throw (right) a ball weight of 1.5kg in sitting position.

3. 両動作様式における負荷及びPerformanceとの関係; 5群の違ったスポーツ種目の被験者について、負荷を段階的に増加し、両投動作のPerformanceの変化はfig. 7に示している。全被験者に共通して見えることは、負荷の漸増に伴って飛距離が低下し、軽い負荷時まではOver hand throwがpushよりも飛距離が長く、その後、負荷の漸増に伴って低下し、ある負荷強度になった時点、両投動作の飛距離が接近し、

更に負荷を加えるとPerformanceの逆転が見られる。pushの方がOver hand throwよりも飛距離が長くなる。陸上投擲選手、A群、C群の被験者が他の3群の被験者よりもはっきりした上記のような傾向を示している。重量挙げ選手及びハンドボール選手の2群の被験者は、交点時以後、ほぼ接近したまま、負荷の漸増に伴って飛距離が漸次に低下している。(fig. 7に参照)

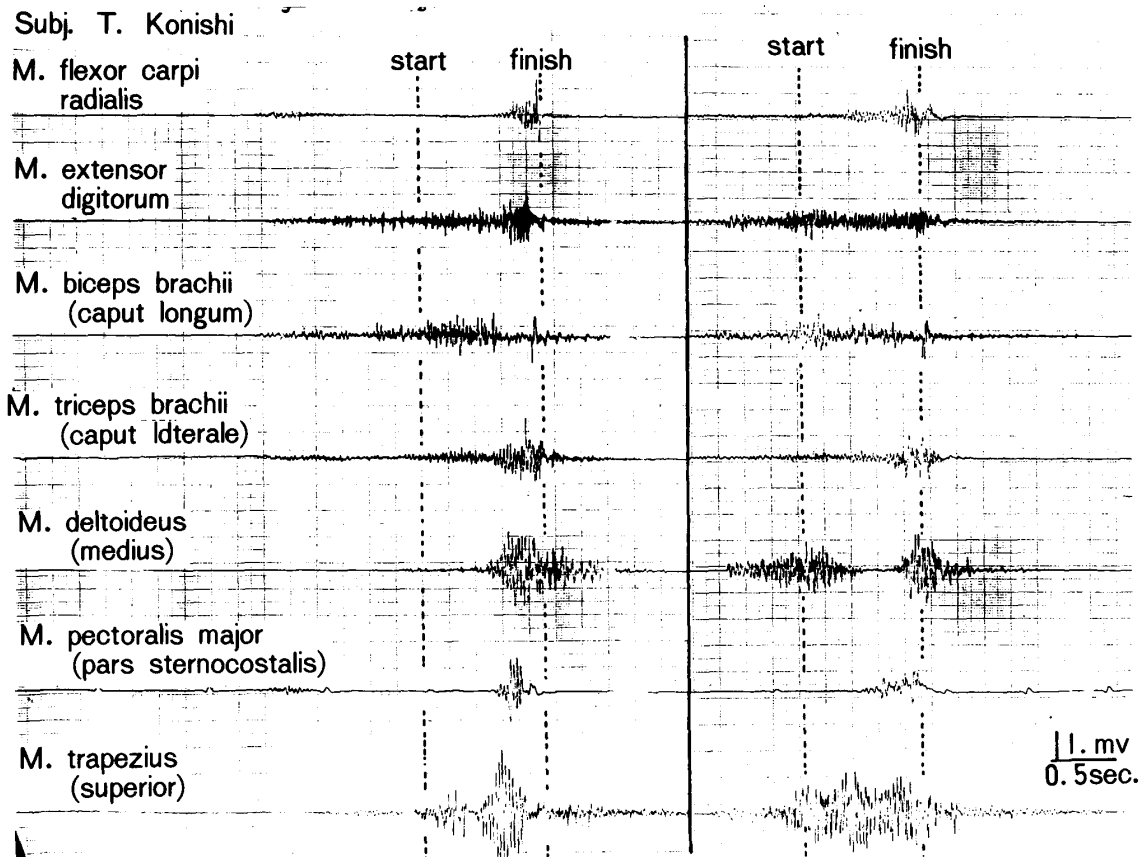


Fig. 5 EMGs of Membri Superioris while push (left) and Over hand throw (right) a ball of 2.5kg in sitting position.

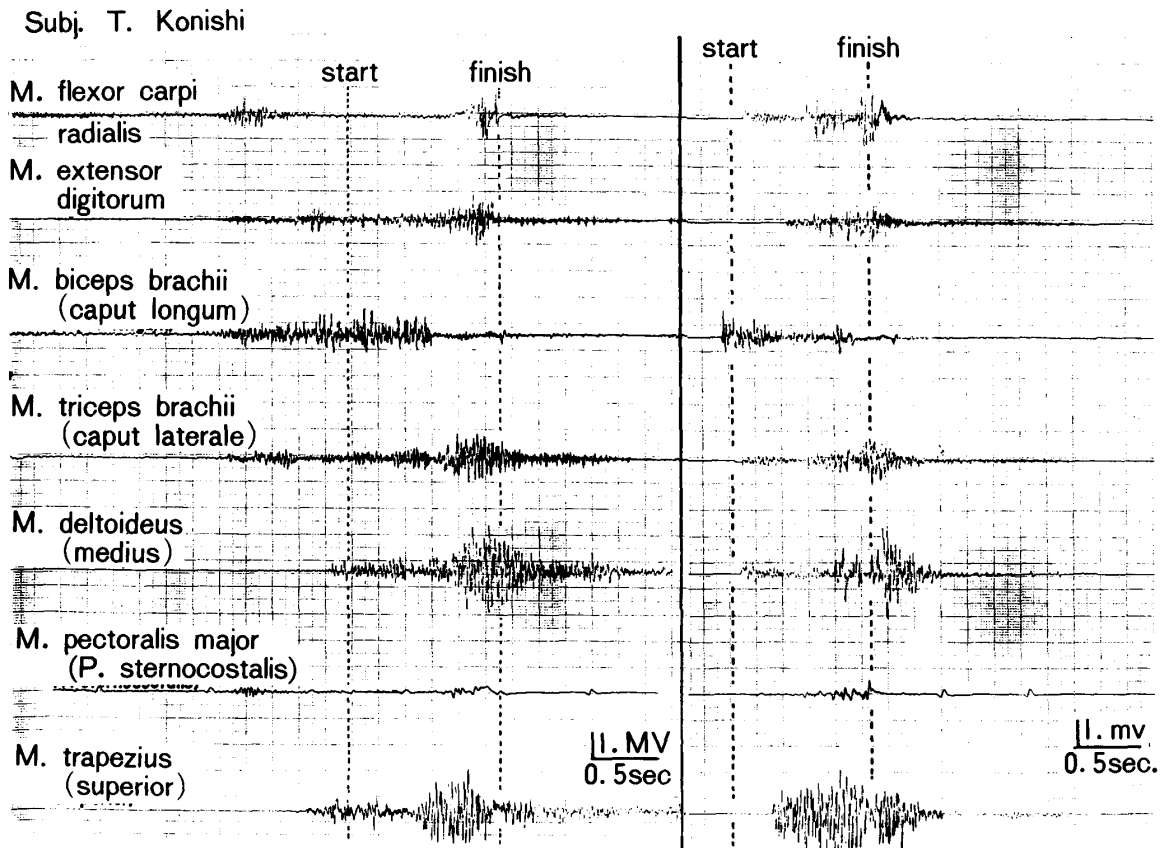


Fig. 6 EMGs of Membri Superioris while push (left) and Over hand throw (right) a ball of 6.0kg in sitting position.

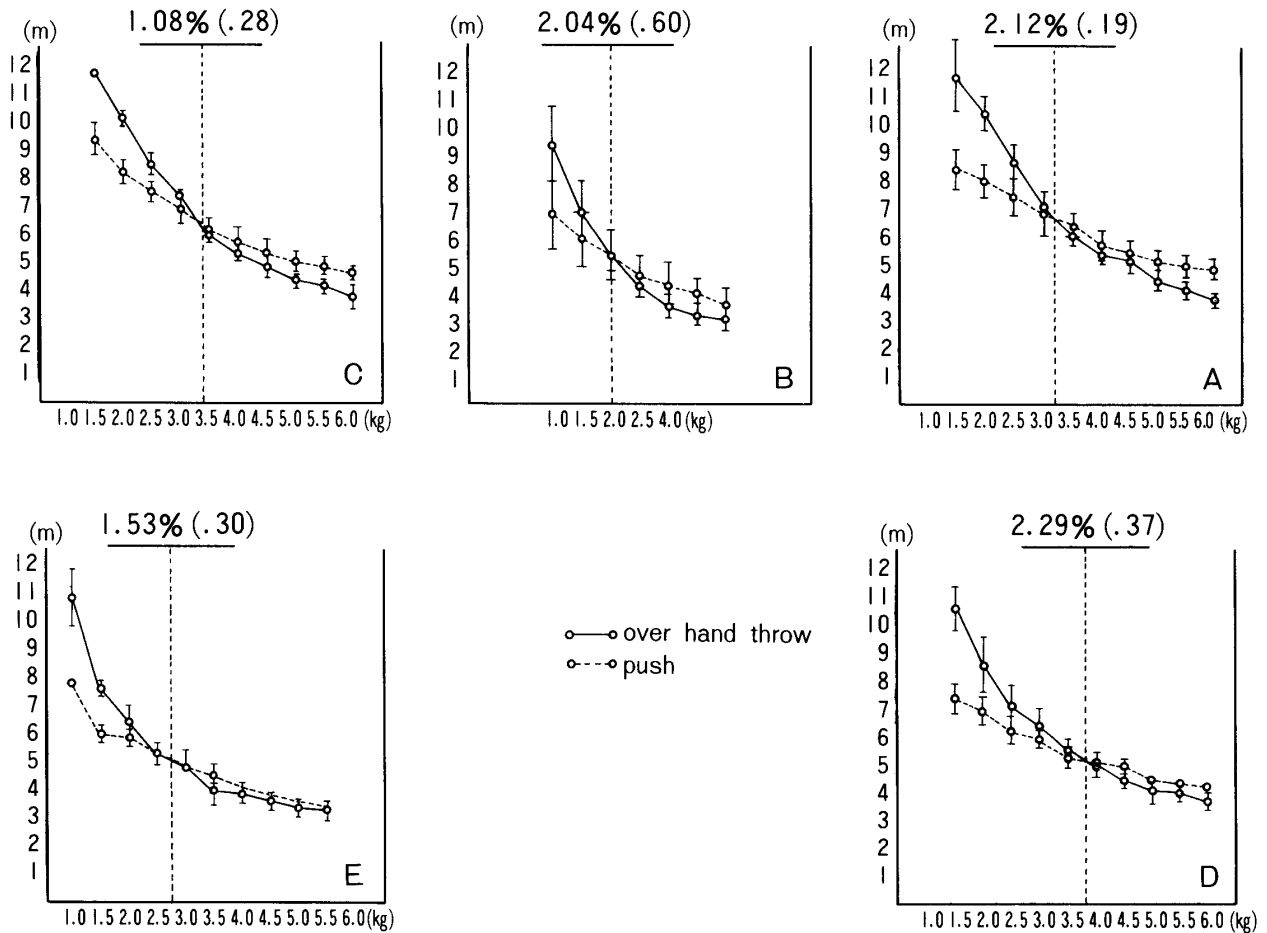


Fig. 7 Relationship between load and performance of two throwing movements during the increasing of load, and percent of the load at two performances intersection point (cross point) to the maximum muscle strength from five groups of subjects (A. javelin Thrower, B. Distance Runner, C. Shotputter, D. Handball Player, E. Weight Lifter).

Table 2 から 6 は各被験者群 (男子のみ) の負荷強度と performance との相関を統計的に処理したものである。両投動作様式とも負荷の漸増に対して飛距離が漸次に低下し、互いに 1% 水準で高い有意な逆相関関係を示している。係数の順序について見ると下記のように砲丸投選手の over hand throw は -0.95, 重量挙げ選手の push は -0.95, ハンドボール選手の push は -0.94,

砲丸投げ選手の push は -0.94, 槍投げ選手の over hand throw は -0.92, ハンドボール選手の over hand throw は -0.91, 長距離走者の over hand throw は -0.88, 重量挙げ選手の over hand throw は -0.87, 長距離走者の push は -0.78 の順である。長距離走者及び重量挙げ選手の over hand throw の値が顕著に低く、投投技術の関与が原因であると推測される。

Table 2 Handball player (male)

● Over hand throw

$$Y = -1.3867 X + 11.1318$$

Regression table

Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Refression	198.3280	1	198.3280	228.0932



Residual	41.7362	48	0.8695
Total	240.0642	49	
Coef. of Determination	= 0.8261	Mean x = 3.75	
Coef. of Correlation	= -0.9089	y = 5.9314	
Standard error of estimate	= 0.9324		

● Push

$$Y = -0.7255 X + 8.1822$$

Regression table				
Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Regression	54.2875	1	54.2875	370.5308
Residual	7.0326	48	0.1465	
Total	61.3202	49		
Coef. of Determination	= 0.8853	Mean x = 3.75		
Coef. of Correlation	= -0.9409	y = 5.4614		
Standard error of estimate	= 0.3827			

Table 3 Long distance

● Over hand throw

$$Y = -1.9496 X + 9.8062$$

Regression table				
Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Regression	106.4310	1	106.4310	93.7461
Residual	29.5180	26	1.1353	
Total	135.9490	27		
Coef. of Determination	= 0.7828	Mean x = 2.500		
Coef. of Correlation	= -0.8848	y = 4.9321		
Standard error of estimate	= 1.0655			

● Push

$$Y = -1.0139 X + 7.3401$$

Regression table				
Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Regression	28.7854	1	28.7854	39.7380
Residual	18.8338	26	0.7243	
Total	47.6192	27		
Coef. of determination	= 0.6044	Mean x	= 2.5	
Coef of Correlation	= -0.7774	y	= 4.8053	
Standard error of estimate	= 0.8511			

Table 4 Shot putter

● Over hand throw

$$Y = -1.6974 X + 12.9434$$

Regression table				
Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Regression	178.2836	1	178.2836	264.4537
Residual	18.8764	28	0.6741	
Total	197.1600	29		
Coef. of Determination	= 0.9402	Mean x	= 3.7500	
Coef. of Correlation	= -0.9500	y	= 6.5780	
Standard error of estimate	= 0.8210			

● Push

$$Y = -1.0044 X + 10.1235$$

Regression table				
Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Regression	62.4212	1	62.4212	204.4100
Residual	8.5504	28	0.3053	
Total	70.9716	29		
Coef. of Determination	= 0.8795	Mean x	= 3.7500	
Coef. of Correlation	= -0.9378	y	= 6.3570	
Standard error of estimate	= 0.5526			

Table 5 Javelin Throw

● over hand throw

Javelin thrower

$$Y = -1.6854 X + 12.9036$$

Regression table				
Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq	F0
Regression	175.7634	1	175.7634	163.8904
Rsidual	30.0284	28	1.0724	
Total	205.7918	29		

Coef. of Determination = 0.8540      Mean x = 3.7500  
 Coef. of Correlation = -0.9241      y = 6.5833  
 Standard error of estimate = 1.0355

● Push

$$Y = -0.8181 X + 9.2852$$

Regression table				
Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Regression	41.4122	1	41.4122	115.1013
Residual	10.0741	28	0.3597	
Total	51.4863	29		

Coef. of Determination = 0.8043      Mean x = 3.7500  
 Coef. of Correlation = -0.8968      y = 6.2173  
 Standard error of estimate = 0.5998

Table 6 Weight liftor

● Over hand throw

$$Y = -1.3818 X + 9.8369$$

Regression table				
Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Regression	118.1454	1	118.1454	85.1896
Residual	38.8318	28	1.3868	
Total	156.9773	29		

Coef. of Determination = 0.7527      Mean x = 3.25  
 Coef. of Correlation = -0.8675      y = 5.3460  
 Standerd error of estimate = 1.0776

● Push

$$Y = -0.8386 X + 7.6966$$

Regression table

Source	Sum of Sq.	D.F	Mean Sq.	F0
Regression	43.5205	1	43.5205	247.5690
Residual	4.9221	28	0.1757	
Total	48.4426	29		

Coef. of Determination = 0.8983      Mean x = 3.25  
 Coef. of Correlation = -0.9478      y = 4.971  
 Standerd error of estimate = 0.4192

\* X: Load, Y: Performance.

4. 交点時の負荷量と最大筋力との相関; fig 8 及びtable 7は7群の被験者について、交点時の負荷量と最大筋力との関係を見たものである。最大筋力は背筋力をその指標としたもので、7群の被験者の平均値を見ると大きなばらつきが見られる。その分布はfig. 8 縦の実線で示しているように男子長距離走者の112.5kg(±12.5)から男子砲丸投選手の181.7kg(±22.48)の範囲内にある。なお各群被験者の平均最大筋力を100としたとき、交点時負荷の最大筋力に対する割合は男子重量挙げ選手の1.53%(±0.30)から男子ハンドボール選手の2.29%(±0.37)の範囲に現われる。fig. 8 に示しているように男子長距離走者の割合がほぼpushを専門とする重量挙げ及び砲丸投げ被験者とover hand throwを専門とする男女ハンド・ボール選手及び男子槍

投げ選手の中間に位置している。このように筋力の強弱にもかかわらず、performanceの交点時の負荷量と最大筋力との割合が狭い範囲内に分布し、女子投擲選手(なか円盤投げ1名、槍投げ2名が含まれている)3人を除けば、傾向としては、over hand throwを専門とした被験者の交点時の割合が右の方に位置し、割合が高い。対してpushを専門とした被験者群では左の方に位置し、割合が低くなっている。両群の中間に位置しているものは、日頃、とくに腕のトレーニングを強調したい長距離走者である。

GROUP OF SUBJ.	MAXIMUM MUSCLE STRENGTH (kg)	LOAD AT CROSS POINT (kg)	PERCENT OF C.P. TO MAXIMUM MUSCLE STRENGTH (%)
HAND BALL PLAYER	156(21.54)	3.6(.77)	2.29(.37)
#HAND BALL PLAYER	125(4.08)	2.63(.21)	2.12(.18)
DISTANCE RUNNER	112.5(12.5)	2.22(.42)	2.04(.59)
SHOT PUTTOR	181.7(22.48)	3.21(.16)	1.80(.27)
JAVELIN THROWER	160(8.16)	3.25(.39)	2.12(.19)
WEIGHT LIFTOR	166.7(22.48)	2.54(.60)	1.53(.30)
#JAVELIN THRWER	148.3(8.5)	2.57(.21)	1.73(.11)

N=26

Table. 7 Percentage of the load at the Cross Point of two throwing performances to the maximum muscle strength (Back strength). #:female.

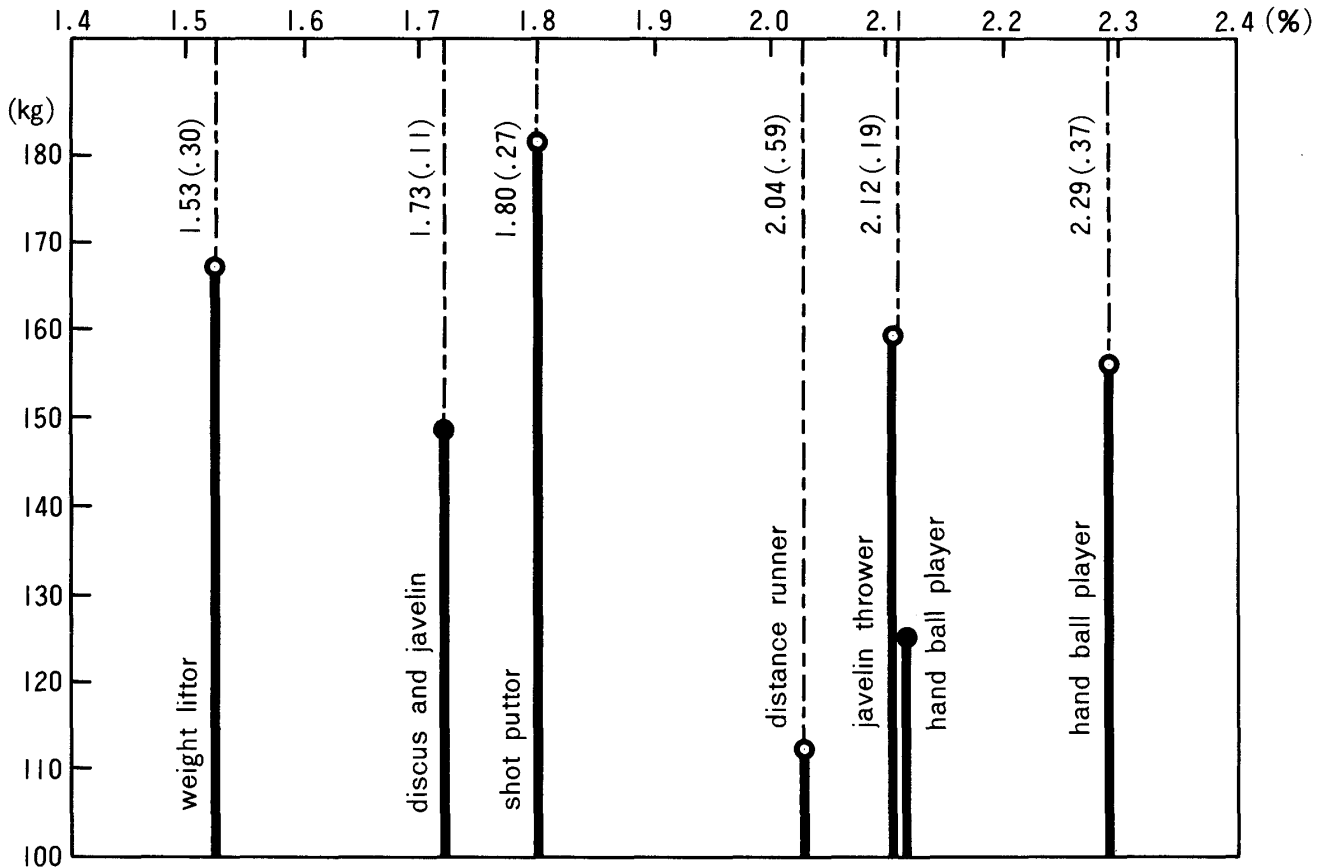


Fig. 8 Percent of load at the point of two performances' intersection (cross point) to the maximum back strength. (O = male, ● = female)

## 論 議

ものを投げる事は、ヒトの生得的本能である。走、跳の二つの基礎運動様式と比較すると、投運動が最も高度に分化し発達したもので、人間らしい動作様式と言える。同時に他の動物より遥かに優れている唯一の自満出来る運動技能になる。この投運動の発達をもたらせる原因は多々あると考えられる。とくに重要と思われるものは、身体的側面からみると、直立姿勢 (erect posture) で生活を営んでいる為、上肢が無選択重力の負荷から解放され、形態的に投げの動作に有利な条件を与えたものと、機能的、とくに、上肢の運動器系の発達は、機械学的にも物を遠く投げる要素をもっていると言える。更に上述した形態及び機能の諸条件の他に、物体を正確、かつ遠くへ投げる概念の発達がより重要な原因と言える。この様な概念の発達の起因は、立体空間

即ち三次元的世界で生活している為、空間と時間の二つの概念の発達がその背景であろうと考える。進化という面から、ヒトの長い戦いの歴史をみると、口又手を武器とした肉迫戦から物を投げることによって襲来から逃れ又はこれを退治し、逃げてゆくえものを獲得する。この様なことを価値の面から判断すると timing 及び spacing の二つの dimension の確立でなければ合目的に物を投げる動作は出現しないと断言出来る。一部の人類学者又生理学者は、手を使う (manipulation) ことによって、大脳皮質の発達を促進させると考えているが、ヒトはさる・チンパンジーほど両手を頻繁に使っていない。更におさるさんの手の器用さを考えるとおそらく、スイスの時計の名匠よりも数段すぐれていると云える。しかし、《何故おさるさんは時計を作らなかったか?》この疑問に対する的確な答えは“彼達は時間を知らない”と云う事になるで

しょう。従って、物を投げることは人間の手の延長、ロケットやミサイルの発明も手の延長の一部と考えられる。上記のように、投げ運動を色々の角度からみると、研究の余地がまだ多く残されている。比較解剖学的・文化人類学的・生物学的等の見地からのアプローチは、価値のある成果を期待し得るのではないかと考えている。近年来、身体運動学的着眼点から投げに関する研究が多くなされている。代表的なものを二・三あげると、ゲゼルの一才児から六才児の投運動の構えの発達は初期の代表的研究である。同報告によると投げの初期段階は、つかんでいるものを放す動作から経年的に一連の発達過程を経て、over hand throwの様な成熟した throwing pattern によって来ると言われている。宮丸等は、上記のような発達過程を、動きの特徴によって、六つの投げのputternに分類し、類型化した。Herversonは、投げ運動の発達の初期は、前腕の屈伸のみでつかんでいるものを押し出す動作から年令と共に腰・脊柱・肩の回転運動の参加、更に手首のスナップの動作の出現が発達の傾向であると述べている。その他、RobertsonはHerversonの考察に基づいて、投げ動作の発達を三つのカテゴリーからみようとしました。即ち前腕の動き、上腕の動き、脊柱骨盤の動き等各変化の発達段階を縦断的に調べた。上述した研究の共通した見解は、投運動の発達は年令と共に変化し、一定した変化の過程を示している。前述した研究の大半は動作分析の域を逸していない。発達をもたらせる背景となるもの、即ちmechanismに関する研究は少ないと言える。本研究は上記のように幼児・子供を対象とした発育・発達についての研究ではないが、幼児あるいは成人共に動きの発達・分化はある共通な制限因子からの影響を受けているという仮説を前提にして行なわれたものである。その因子は、neuromuscular function であり、筋力 (muscle strength) はその具体的指標であると考えている。物体を遠くへ投げる場合、多くの筋群の参加、多くの関節の活動参加が要求され、pushからover hand throwの動きの変化は、遠くへ投げる為の合目的現象である。

身体的側面からneuro-muscular functionをベースにして、その絶対的条件は各個人の筋力の強さであり、相対的条件は対象物体の重さである。投げの動きの選択及び分化は、上述した背景のもとに、投げの価値観が発達してから、経験及び学習によってもたらされたものであると考えられる。動きの変化、とくに筋の作用機序から見たとき、常に負荷との間に密接な関係をもっている。負荷が最大筋力に対して一定値になったとき両投運動様式のperformanceが接近し、更に負荷を漸増してゆくと、両投動作様式からのperformanceがほぼ接近したまま下降してゆくことがみえる。筋の働きについてみると、上記現象の出現期間中、over hand throwの特徴を失って、上肢の屈伸運動を主とした変化を示している。

本稿の特に強調している両動作様式による投運動の飛距離のintersection point、即ち、交点時の負荷と最大筋力との関係をみると、被験者各個人の筋力の強弱からの影響は少なく狭い範囲に現われている。このことから、筋力が動作様式の分化の一つの手懸かりとして、重要な位置を占めていると考えられる。交点の僅かな左右方向への移動は筋力の強弱よりもむしろ、投技術及び日頃の投げに関するトレーニングによる筋系の適応が原因であろう。

本研究の残されている課題は、発育、発達の観点を前提にして、幼児・児童から成人まで、実験を重ねてゆく必要があると同時に、筋力測定についてもより精度の高い測定機械を用いる必要がある。なお、性差についても上記と同様に験例及び実験の回数を増していかなければ明確な結果を得ることが困難であると考えられる。本研究は、これらの一連の実験の一つの有力な手がかりにすぎない。

## 総 括

本研究で用いた実験項目、実験方法及び手順の限られた中で、結果のまとめを以下のように考える事ができる。

1. 遠投を目的とした場合、負荷を漸増すると飛距離が漸次に低下し、両者の間に有意な逆

相関がみられた。pushはover hand throw よりも重負荷に耐える投運動様式であると推測される。

2. over hand throw の投動作様式は、負荷がある一定値になった時、動きの変化が見られる。肉眼的に見たとき、肘が漸次に低くなり、Release pointも負荷の漸増にしたがって低くなっていることを示した。EMGの上からでは、筋の作用様式がpushの方へshiftし、屈伸運動を主とした運動局面の少ない作用patternの変容を見ることが出来る。

3. 全被験者とも負荷が最大筋力に対して、1.53%から2.29%の狭い範囲内に、両動作様式 performanceの交点が見られる。交点の僅かな左右方向への移動は被験者各個人の最大筋力の強弱からの影響よりも、投技術及び日頃投げの専門的トレーニング、即ち、筋系の適応変化が原因であると考えられる。(fig.7)

4. 長距離runnerの交点時負荷の最大筋力に対する割合を成年男子の一般値とした仮説が成立すれば、最大筋力100kgをもつものは、1.8kg(±0.27)の負荷に直面し、遠投を目的としたとき、push及びover hand throwの何れを用いてもほぼ同じ飛距離を得る。より重たくなった時pushを用いた方が有利で、逆に軽いものであればover hand throwが合目的な投げ方である。上記の値は、特に投げの練習あるいはトレーニングを強調していない一般の成人男子がある重負荷に対して投動作の選択に客観的の手がかりとして、有用な資料になると考えられる。更に投げに関する身体運動学研究の一つの指標にもなると考えられる。

5. 動作様式の変化、又は動作の分化は、経験及び学習以前に筋系の発達状態が重要な条件になると言えよう。

本研究を追究する上において、より精密な機械を用いる必要のある事は前にも述べた事であるが、同時に年齢差及び性差についても更に広範囲に実験を重ねて分析をなされるべきであろう。

最後に宮丸先生の御助言、院生齊藤君、三宅君の多大な御協力に深く感銘し、感謝の意を表

する。

#### 引用文献

- 1) 猪飼道夫; 生理学大系Ⅲ, 初版, 動作学。医学書院, 東京, 1966.
- 2) 三浦望慶, 陳全寿他; 投能力の向上に関する研究。NOIV第2報, 日本体育協会スポーツ科学委員会, 1979.
- 3) 宮丸凱史; 豊田直平, 鯛谷隆; 幼児の基礎的運動技能におけるmotor patternの発達—4—幼児のボール投げにおけるthrowing patternの発育過程。日本体育学会第27回大会号; 285, 1971.
- 4) 角田俊幸, 稲葉勝弘, 宮下充正; 投能力の発達。日本体育協会スポーツ科学研究報告
- 5) 松田岩男; 幼児の運動能力の発達に関する研究。東京教育大学体育学部紀要, 1968.
- 6) 金原 勇; 陸上競技のコーチング。大修館, 1976.
- 7) 猪飼道夫; 陸上競技—科学的練習法—体育の科学社, 1976.
- 8) Kunz, H; Effects of ball mass and movement pattern on release velocity in throwing. Biomechanics 4; 163—168, 1974.
- 9) A・ゲゼル著, 山下俊郎訳; 乳幼児の心理学。家政教育社, 1978.
- 10) Mary A, Robertson; Longitudinal Evidence for developmental stages in the forceful overarm throw. Journal of Human movement studies, 1978.