図・本館

平成 10, 11, 12 年度科学研究費補助金
（基盤研究 B-2：課題番号10480007）
研究成果報告書

児童の投球能力および投球動作における練習の効果

平成13年2月

研究代表者 桜 井 伸 二
名古屋大学総合保健体育科学センター

研究代表者

桜井　伸二:　名古屋大学 総合保健体育科学センター　助教授

研究分担者

池上　康男:　名古屋大学 総合保健体育科学センター　教授

布目　寛幸:　名古屋大学 総合保健体育科学センター　講師

研究協力者

寺島　　徹:　中京大学 運動生理学研究室　研究員

研究経費

平成10年度	7,000千円
平成11年度	500千円
平成12年度	700千円
計	8,200千円

研究発表

(1)国際学会発表

Sakurai,S.: Motion Analysis of Overhand Throwing – Past, Present, and Future – (Keynote Lecture), The 18th International Symposium on Biomechanics in Sports, Hong Kong, 2000

(2)出版物

宮西智久、桜井伸二:スポーツにおける上肢のバイオメカニズム-投・打動作の3次元分析-、バイオメカニズム学会誌、23: 82-90、1999

桜井伸二:投球動作の指導における「知」-体育における「知」を考える-、体育科教育、第47巻第15号: 38-41、1999

Sakurai,S.: Motion Analysis of Overhand Throwing – Past, Present, and Future –, Proceedings of The 18th International Symposium on Biomechanics in Sports, 11-19, The Chinese University of Hong Kong Press, 2000

目次

(1) Biomechanics of Overhand Throwing Motion: Past, Present and Future Research Trend ・・・ 2

(2) 投球動作を科学する ・・・ 11

「投げる」とはどのような動作か
投球能力の危機
良い投球動作とは　ー投球動作に見られる男女差ー
野球のない国では　ータイ国の子どもの投球能力ー
投球練習の効果　ー女子大学生の場合ー
まとめ
文献

(3) 投球動作の発達と指導に関する研究 ・・・ 17

投球動作の発達
（1）投能力の発達過程
（2）投げのフォームに認められる発達
（3）正確投げの発達
投動作の発達に影響をおよぼす様々な要因
（1）双生児の研究から
（2）社会科学的な見地から
（3）遺伝的要因と環境的要因
投げの練習と指導
（1）練習の効果
（2）練習と指導の内容
（3）フォームとパフォーマンス
（4）年齢とイニシャルレベル
（5）トレーニング効果における性差
文献

BIOMECHANICS OF OVERHAND THROWING MOTION: - PAST, PRESENT, AND FUTURE RESEARCH TREND -

Overhand throwing motion is often regarded as one of the basic motions along with walking, running, and jumping. Three-dimensional (3-D) image analysis of the kinematics and kinetics using a rigid body segment model of overhand throwing has been studied widely in recent years. In this paper biomechanical research on throwing is reviewed with a special focus of studies from Japan. Considering that throwing is not an ontogenic but rather a phylogenic motion, more thorough and longitudinal studies on various aspects of skill development and training is expected. The fact that the trunk, shoulder, and hand are difficult to model as a single rigid body has put a limit on research depth. Studies linking advanced 3-D motion analysis and musculo-skeletal modeling are required if a better understanding of the biomechanics of overhand throwing motion is to result.

KEY WORDS: biomechanics, 3-D analysis, kinematics, kinetics, link segment model

Overhand throwing has been extensively studied in Japan and the USA, with many research papers published on baseball pitching. A number of reviews summarizing these studies have been published (Atwater, 1979; Fleisig et al, 1996).
In this paper, the characteristics of the overhand throwing motion will be discussed, followed by a brief review of studies published by Japanese researchers. Future research direction in this area will also be discussed.

WHAT is "overhand throwing"?

"Overhand" does not necessarily mean the position of the throwing arm. In cricket bowling, the arm is swung through an overhead position (Figure 1-1). But this motion is not called overhand throwing. In baseball, there are pitchers with "overhand", "three-quarter", "sidehand", and "underhand" styles. They look initially different from each other. But if close attention is paid to the angles of upper limb joints, all are similar, with differences highlighted in trunk angle (Figure 1-2).

There are several types of throwing motion, such as bilateral or unilateral, and overhand, sidehand, or underhand. Among these unilateral overhand throwing is a

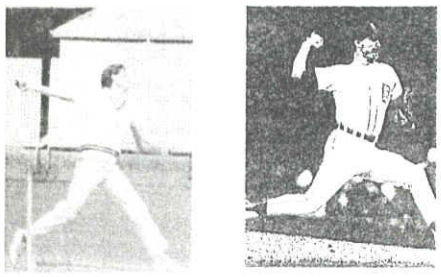

Figure 1-1: Cricket bowling and baseball

Figure 1-2: Overhand, sidehand, and underhand

motion which is acquired last from the developmental view-point (Wickstrom, 1975). In softball and cricket, the pitcher's or bowler's action is strictly regulated. However, fielders who have no restrictions on their motion usually throw a ball with an overhand motion. Overhand throwing is a motion with which we can throw fastest and most accurately.

We could define "overhand throwing" as the motion of thrusting an object into space by the use of one arm with extension of the elbow and internal rotation of the shoulder as major upper limb actions, and with which the upperarm is kept apart from the trunk.

WHY are we enchanted by the motion of "overhand throwing"?

Man cannot: fly, run faster than a cheetah; jump longer than a kangaroo or swim faster than a dolphin. But we can throw farther, stronger, and better than any other animal (Figure 3). Some anthropoids such as chimpanzees and gorillas are known to throw, but their motion is mainly underhand.

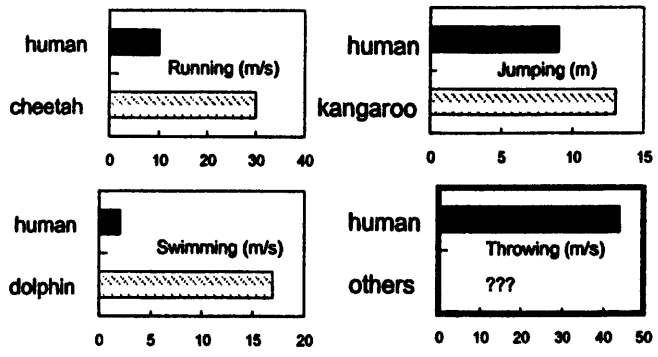

Figure 1-3: Comparison of the human ability with other animals

We are very weak creatures, and our physical ability is very limited. But throwing is one given talent. Only humans can throw. In a more accurate sense, man is the only creature who can throw with an overhand motion.

The most effective method to study how genetic and environmental factors affect development and growth is through the study of twins. In running and jumping movements, techniques of identical twins were generally similar to each other (Goya et al., 1988; Fukashiro et al., 1985), while Toyoshima et al. (1982, 1983) found that the similarity of the throwing motion between two sets of twins were low. Motions such as walking and running are often discussed as ontogenic, while throwing is regarded as a phylogenic motion. These findings suggest that the throwing motion is more highly affected by environmental factors, such as learning and practice.

HOW has throwing motion been studied?

Throwing has attracted much researcher interest, and it has been studied with a variety of methods.

Speed changes of the body parts were reported in many papers, and the contribution of the whip-like body actions and the effect of the stretch-shortening cycle were discussed in relation to the thrown ball velocities. Miyashita et al. (1986) compared the horizontal velocity changes of various body parts and reported the period in which velocity change of body center of mass exceeded that of the throwing hand. They suggested that there was every possibility of the reutilization of the stored elastic energy increasing the ball speed.

Both kinematic and kinetic aspects of throwing have also been studied. Toyoshima and Miyashita (1973) studied the relationship between ball speed and force applied to the

ball during the throwing motion for balls of the same size (diameter=7cm) and nine different weights (100g to 500g). Ishii and Nakade (1974) studied the changes in force applied on the ball during the throwing motion to the speed of male handball players with balls of six different weights ranging from 180g to 900g (diameter=18.5cm). The force and the mechanical work exerted on the ball increased as the ball increased in weight. Almost all of the mechanical energy of the ball at release was supplied in the very short period just before release.

Toyoshima et al. (1974) investigated the contribution of each body segment to ball speed by restricting the motion of body segments involved in the throwing motion. They found that without stepping or trunk rotation the ball was accelerated to only 50% of that attained in a normal throwing motion. They suggested that this demonstrated the importance of muscles on lower limbs and trunk in throwing motion.

However, most of the research works were conducted in two dimensions, due to the restriction of the image analysis procedures available, although the three-dimensional (3-D) nature of the overhand throwing motion was well documented and recognized. Even in the case in which two or more cameras were used, the treatment of the data analysis was not quantitatively in 3-D space. For example, Toyoshima et al. (1976) filmed the throwing motions of various types of balls with two high-speed cameras set above and lateral to the subjects. Film analysis revealed the hip and shoulder rotation in the horizontal plane, however, they reported very little quantitative data on the throwing arm action.

Feltner and Dapena (1986) analyzed the motion of the throwing arm of baseball pitchers using DLT procedures and 3-D cinematography. Their study included both kinematic and kinetic analyses. Their study was, as a turning point, followed by many 3-D studies on the motion of the throwing arm.

WHAT is a "GOOD" throwing motion?

It is well known that there is a remarkable difference in throwing ability between males and females. The gender difference in the throwing ability is much more obvious compared to other motions, such as running and jumping. The tendency that males are superior to females in throwing ability appears at a pre-school age and increases with age until adult status. Sakurai et al. (1995) used 3-D cinematography to compare the joint angle kinematics of the throwing limb in the period up to the ball release for male and female university students throwing a softball for a distance (average distance for male: 47.0 m, female: 22.6 m). This remarkable gender difference is considered to be primarily caused by skill differences.

The throwing arm has seven degrees of freedom of joint motion apart from the fingers; three at the shoulder, one at the elbow, one at the radio-ulnar, and two for the wrist. The following seven joint angle changes corresponding to all these degrees of freedom were obtained throughout the throwing motion.

J1 : horizontal abduction / horizontal adduction angle at the shoulder joint,
J2 : abduction / adduction angle at the shoulder joint,
J3 : internal rotation / external rotation angle at the shoulder joint,
J4 : flexion / extension angle at the elbow joint,
J5 : pronation / supination angle at the radio-ulnar joint (forearm),
J6 : radial flexion / ulnar flexion angle at the wrist joint,

J7 : palmar flexion / dorsi flexion angle at the wrist joint.

Small sticks were fixed to the hand and forearm to allow rotations of the radioulnar and wrist joints to be calculated (Figure 1-4).

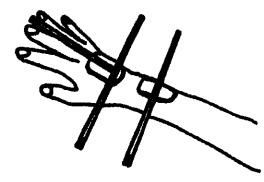

Figure 1-4: Small sticks for analysis of wrist

Major differences in joint angle changes between male and female subjects were found in the shoulder motion (Figure 1-5). Male and female differed remarkably in the horizontal adduction / horizontal abduction angle of the shoulder. In the time period analyzed, the shoulder is more abducted horizontally for male compared to female throwers. Male subjects initially abducted the shoulder horizontally beyond a line connecting both shoulders, then adducted horizontally towards ball release. In contrast to the case of male, the mean value of the horizontal adduction angle for female subjects stayed positive indicating that the elbow was always in front of the shoulder alignment.

Though there was no statistic difference between adduction / abduction angles of shoulder between male and female subjects in the cocking phase, the shoulder was abducted and the upperarm was elevated for females in the acceleration phase, and the abduction angle for females was significantly larger than males at the ball release.

These results show the tendency of the upperarm to be raised in front of the trunk in an unskilled throwing motion. The horizontal abduction followed by horizontal adduction in the horizontal plane is a major motion in a skilled throw.

Though the shoulder joint was rotated more externally for females than males in the cocking phase, the upperarm of the male was externally rotated rapidly and the absolute value of the external rotation of the shoulder was larger than that for females just before ball release. The extreme value of the external rotation angle for the male group was -181.3 degree on average, showing that the upperarm pointed almost directly posterior.

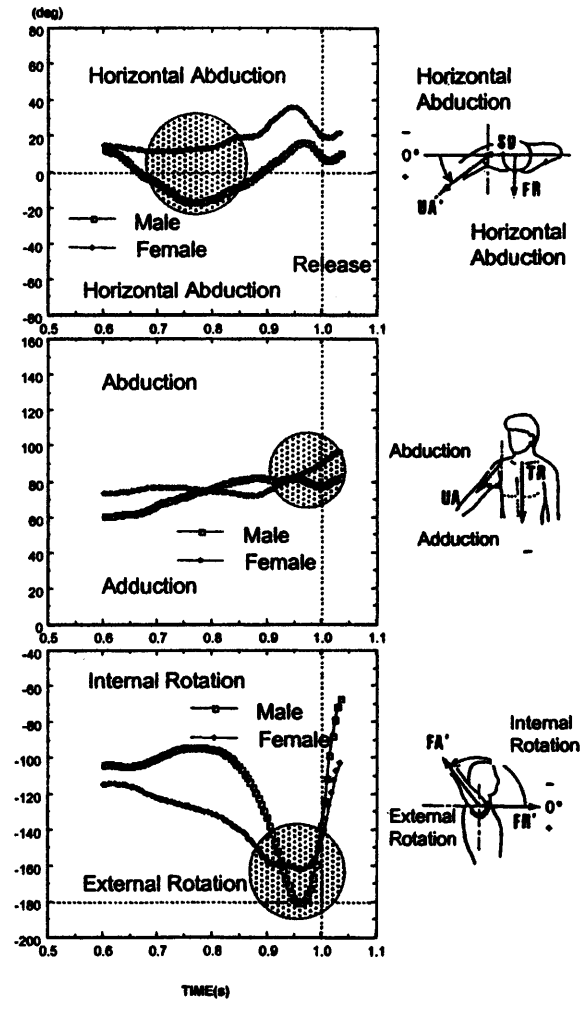

Figure 1-5: Comparison of shoulder joint angle changes between male and female

In four-footed animals, upperarm (and glenoid cavity) faces forward relative to the

trunk, while it tends rather sideward in humans. Moreover human shoulder joint is considerably flexible because we do not need to support our body weight with the fore-limbs (arms). It might be said the skillful throwing motion of male subjects fully utilize the anatomical features of the arms and shoulders of human being.

Sakurai et al. (1998) compared the developmental trend in throwing ability and throwing skills for children from six to eleven years of age in three countries with different social conditions (Australia, Japan, and Thailand). Girls were inferior to boys at all ages and in all countries, recording throwing distances of 51-67 % to those of boys. Throwing skills of girls also compared unfavorably with for boys in all groups. Thai boys and girls had inferior throwing ability and throwing skills when compared with Australian and Japanese children. The results suggested that the development of the throwing motion was highly affected by the direct and indirect involvement in sport events with throwing skills, such as baseball and cricket.

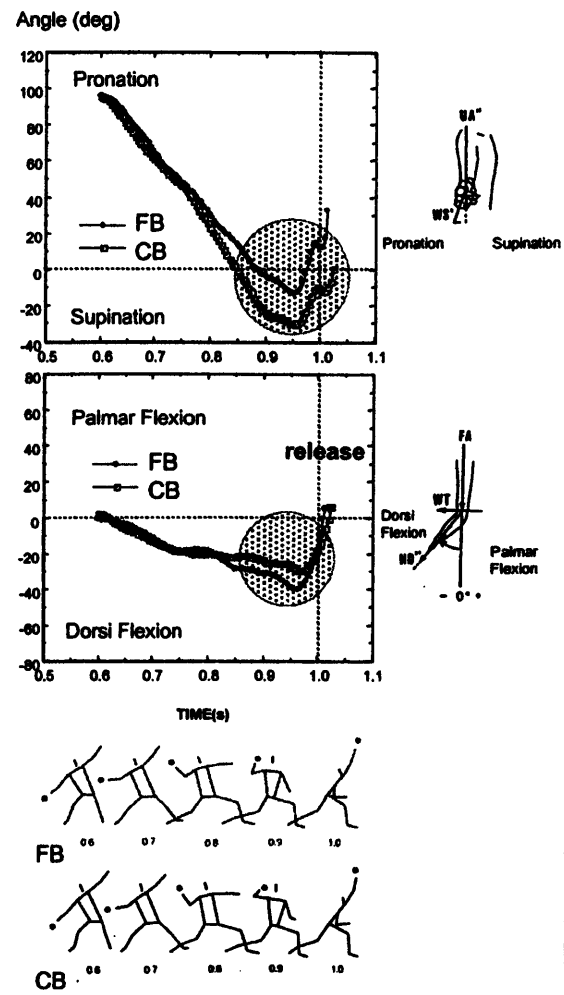

Figure 1-6: Comparison of joint angle changes between fastball (FB) and curveball (CB)

Cambell (1993) pointed out that most of the previous studies that have analyzed pitching mechanics have examined adult athletes, while little data have been presented quantitatively regarding the pitching mechanics of young athletes. Considering that throwing is not an ontogenic but rather a phylogenic motion, more thorough and longitudinal approaches on skill development and training effect is expected with quantitative procedures.

HOW is a Curveball thrown in baseball game? and HOW is it dangerous?

Curveball pitches in baseball have been thought to increase the risk of elbow injury, particularly if the athletes begin this pitch at an early age. Some writers have claimed that overstress of the flexor and pronator muscles attached to the medial epicondyle is caused by the forearm supination required in throwing a curveball (Atwater, 1979). However, Sisto et al. (1987) inferred that the curveball pitch was not as harmful as had been thought because there were no major differences in forearm muscle activity between fastball and curveball pitches. Very little quantitative data concerning the forearm and wrist action during throwing had been reported because a standard method of analysis was not established.

Joint angular kinematics of the throwing limb from the early-cocking phase to ball release were investigated for fastball and curveball baseball pitches using 3-D cinematography (Sakurai et al. 1993).

The actions were very similar for two pitches for one subject and there were no differences in the motions of the shoulder and elbow joints or in the temporal sequences between the two pitches. Though the forearm was more supinated at release in the curveball pitch than in the fastball pitch, both pitches were characterized by pronation of the forearm just before and after release (Figure 1-6). The results therefore did not support the notion that the curveball pitch is more likely than the fastball to cause elbow injuries.

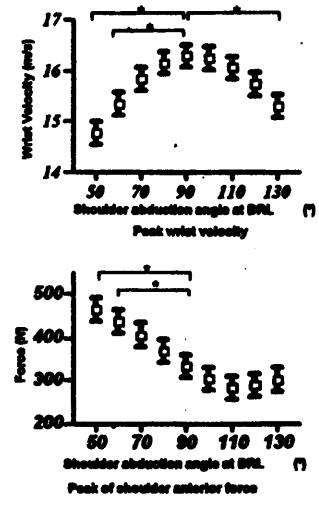

Figure 1-7: influence of shoulder abduction angle in peak wrist velocity and shoulder joint kinetics

WHAT is being done?

Recently many 3-D studies have been executed focused on the motion of the throwing arm from both kinematic and kinetic perspectives. Fleisig and Andrews and their colleagues have been very enthusiastic in research on overhand throwing motion from the points of view of performance enhancement and injury prevention. Here I would like to introduce several recent studies from Japanese researchers.

Matsuo et al. (1999) investigated the relationship between shoulder abduction angle at ball release and wrist speed and injury-related kinetic parameters on baseball pitchers using computer simulation. They modified shoulder abduction angle from the values in actual pitching and were able to obtain the influence on kinematic and kinetic parameters. Though the 90 degree shoulder abduction angle at ball release maximized wrist velocity and decreased the elbow joint kinetics, it did not always minimize the shoulder joint kinetics (Figure 1-7).

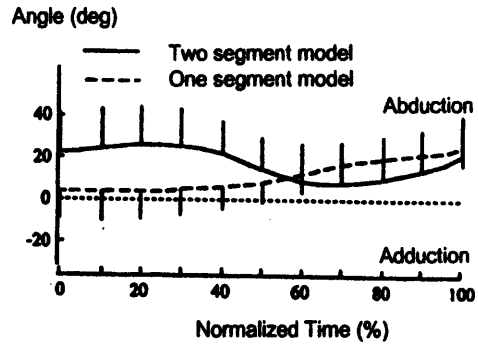

Figure 1-8: Comparison of shoulder abduction angle between two modeling methods of trunk

Miyanishi et al. (1995) questioned modeling the trunk segment as one rigid body, and proposed a new model with two separate parts of a trunk, namely an upper torso and a lower torso. The angle changes of adduction/abduction of shoulder joint during baseball pitching were obtained based on the two modeling methods shown in Figure 1-8. They found a certain difference in angular kinematics between these two methods. Though the shoulder appeared to abduct continuously with the modeling of a trunk as one segment, adduction was found with the two

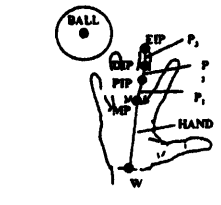

Figure 1-9: Model of hand

segments model of the trunk. This suggested the important role of the shoulder adduction during the throwing motion.

Takahashi et al. (1999) recorded the hand and finger movements (Figure 1-9) during baseball pitch using DLT procedures with high-speed videography (1000fps), and investigated their roles in increasing ball velocity. It was revealed that the subjects who kept their fingers in a more flexed position could accelerate the ball better in the final phase before ball release.

WHAT is necessary in the future?

These researches suggest some of the future directions of biomechanical research on the throwing motion, namely (1) computer simulation studies, (2) improvement or modification of the modeling method especially of the shoulder and trunk region, and (3) investigation into the movement and the role of the hand.

In overhand throwing the trunk and shoulder are both taking an important role as a power generator, while the hand is also playing an important role in transmitting the momentum directly to the object. A complicated anatomical structure and fine movement skills enable us to throw skillfully. Some examples will be shown for a new modeling necessity for the trunk and shoulder region.

Each body segment such as upperarm and forearm is generally modeled as a rigid body in motion analysis studies. Each body part is represented by a stick, and sequence of the motion is drawn in stick figures by joining some certain body landmarks as shown in the upper row of figure 1-10. For example, an upperarm is modeled as a stick joining imaginary centers of elbow and shoulder joint. Sometimes, a skin marker on Acromion Process is used instead of a shoulder joint center.

Usually, articular motion of a segment is defined with regard to the adjacent proximal segment, which is deemed fixed. In the shoulder complex, however, the scapular and clavicle are not fixed with the torso; they displace underneath the skin during the movement.

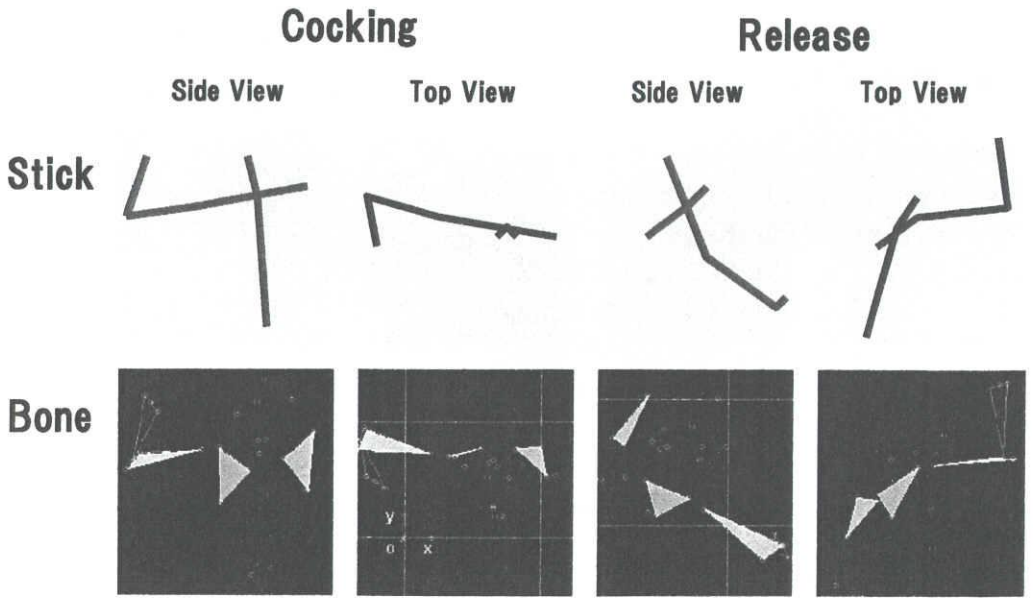

Figure 10: Movement of rigid link segment model (upper) and scapulas (lower) during throwing motion.

The lower row in figure 1-10 shows the scapular movement during throwing motion estimated from general 3-D image analysis procedures with reflective markers which were attached on the skin around the shoulder girdle. Some correction or compensation of the data using X-ray, etc. is recommended for better estimation of the bone movements in dynamic motion. Still, these figures would give us more realistic information about the real articular movement compared to the general stick figures based on a rigid link segment model.

The ratio of glenohumeral to scapular rotation is approximately 2:1, namely, for 180 degree of full arm elevation the glenohumeral rotation contributes about 120 degrees and the scapular rotation around 60 degrees (Zatsiorsky, 1998). Therefore, the shoulder joint angle of the throwing arm on a traditional rigid link segment model may not reflect correctly the anatomical gleno-humeral, or scapula-humerus angle. In the future, a better understanding of throwing motion, not only for performance enhancement but also for injury prevention, would require consideration of the movement of muscles and skeletons under the skin in addition to rigid link segment model analysis.

CONCLUSION

PAST: Although throwing motion is often regarded as one of the basic motions along with walking, running, and jumping, the biomechanical studies on overhand throwing are few in number compared to other motions primarily because of the restriction of analytical procedures. **PRESENT:** Due to the progress of the techniques of three-dimensional image analysis and kinematic and kinetic motion analysis on the rigid body segment model, overhand throwing motion has been studied widely in recent years. **FUTURE:** Based on the results obtained in these analyses, research works with computer simulation would be more frequently executed. Considering that the throwing is not an ontogenic but rather a phylogenic motion, more thorough and longitudinal approach on the aspects of skill development and practice effect would be expected. A thorough study of the role of trunk, shoulder, and hand regions are essential, and other techniques based on a musculo-skeletal modeling may also be necessary.

REFFERENCES

Atwater, A.E.: Biomechanics of overhand throwing movements and throwing injuries. Exercise and Sport Science Reviews 7, The Franklin Institute Press, 43-85, 1979.

Cambell, K.R.: Biomechanics of Pitching, Biomechanics in Sport XI (Proceedings of the XIth ISBS Symposium), 23-32, 1993.

Feltner, M. and J. Dapena: Dynamics of the shoulder and elbow joints of the throwing arm during a baseball pitch. Int. J. Sport Biomech. 2 : 235-259, 1986.

Fleisig, G.S. et al: Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. Sports Medicine 21: 421-437, 1996.

Matsuo, T., et al.: Influence of different shoulder abduction angles during baseball pitching on throwing performance and joint kinetics. Biomechanics in Sport XVII (Proceedings of the XVIIth ISBS Symposium), 389-392, 1999.

Sakurai, S. et al.: A three-dimensional cinematographic analysis of upper limb movement during fastball and curveball baseball pitches. J. Appl. Biomech. 9 : 47-65, 1993.

Sakurai, S. et al.: International comparison of the development trend of overhand

throwing ability. Med. Sci. Sports Exercise. 30, 1998.
Takahashi, K., et al.: A biomechanical analysis of the hand and fingers movement during baseball pitching. Abstract of XVIIth Congress of the International Society of Biomechanics (Calgary), 917, 1999
Wickstrom, R.L.: Developmental Kinesiology: Maturation of basic motor patterns. Exercise and Sports Sciences Reviews, 3, Academic Press, 163-192, 1975.
Zatsiorsky, V.M.: Kinematics of Human Motion, Human Kinetics, 1998.

投球動作を科学する

「投げる」とはどのような動作か

投球動作はほとんどヒトに固有の動作である。動物園で猿が糞を投げた、あるいは象が雪球を鼻で投げたという話を聞く。しかし人間のようにオーバーハンドで投げることは他の動物には不可能である。人間にしかできない動作、それが投球動作の一番の特徴である。

また動物とは一般に自分自身を他の場所へと動かす能力を持つものを指す。この能力の獲得によってより良い環境への移動が可能になり、結果的に動物はより広い活躍の場所を得ることができた。このような動物を特徴づけている移動運動とは、自分の身体全体を加速したり減速したりすることに他ならない。それに対してボールという自分の身体以外のものを操作し加速するということが投げの動作の特徴でもある。

さらに投げる動作のもう一つの特徴はひねりを十分に用いるということである。体幹部のひねりや上肢各関節のねじれをうまく使うことによって大きなスピードをボールに与えられる。そのため３次元的に解析することが必要となる。

投球能力の危機

文部省によって毎年実施されている体力・運動能力調査により、小学校の児童および青少年の体格の向上と体力の低下が報告されている。そのなかで特にボール投げの能力が落ちていることが明らかにされている。12 歳から 17 歳のスポーツテストで測定されたハンドボール遠投距離の結果が身長との関係により 1964 年と 1994 年で比較され図 2-1 に示されている。

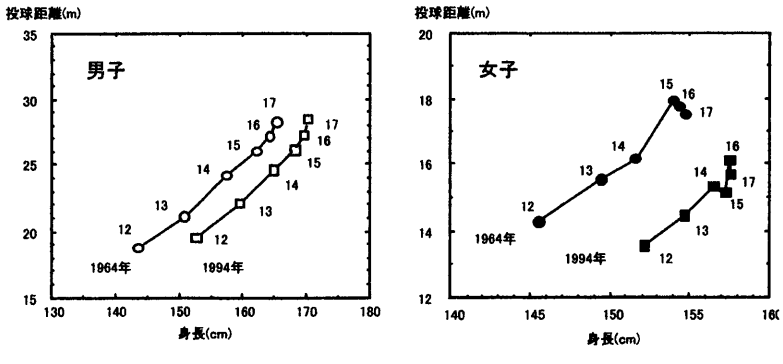

図2-1：ハンドボール遠投距離と年齢および身長との関係
1964年と1994年の比較、図中の12-17は年齢を示す

30 年間で身長は高くなっているが、遠投距離は同年齢でほぼ同じ（男子）、または低下（女子）しており、身長を基準に比較すると明らかに低下していた。また同じ調査によれば、一般の小学生男女児童の投球能力（小学校 1～4 年生のソフトボール遠投距離）もここ 10 年間あまりで下落

の傾向にある。

一般の子どもばかりではない。最高の投球能力をもつと考えられる高校野球の投手の故障が問題になっている。1994 年の大会から肩や肘に重い故障をもつ投手の登板を禁止する方針が日本高校野球連盟により決められた。新聞報道によれば、1993 年夏の全国高校野球選手権大会の直前に初めて実施された関節機能検査の結果、受診した選手の約 7 割が過去に肩や肘に故障歴をもっていたという。

全国大会出場選手と一般の子どもとその能力のレベルが大きく異なるとはいえ、発育発達期にある高校生から小学生の投球能力や投球技能が危殆に瀕していることを以上の事実は示している。

良い投球動作とは　- 投球動作に見られる男女差 -

走や跳といった他の動作に比べ投球能力に認められる男女差は大きい。図 2-2 に示した文部省の体力テストの結果によってもこの傾向は明らかである。小学校入学時の差がそのまま成人まで持ち越されていることがわかる。体格や筋力の差ももちろん無視できないが、投球の技術にも大きな差があると考えられる。優れた投球動作の特徴を知るために、一般大学生男女の投球動作を３次元画像解析法を用いて比較した。ここでは特に上肢関節運動に注目して結果を紹介することにした。

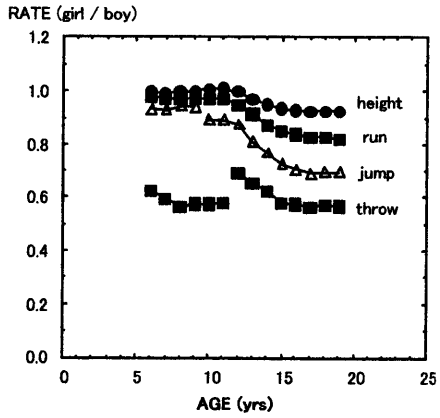

図2-2:子どもの身長、および走、跳、投能力に認められる男女間の差

男女の平均的な投球動作の最も顕著な違いは肩関節の動きである。男性では肘が両肩の延長線を越えて後方に引かれ（水平位外転)、そこから再び前に加速されて（水平位内転）ボールが投げ出される。それに対して女性では肘が肩より後方に引かれることはない（図 2-3 A 参照)。肘は常に胴体の前にある。また女性ではリリースの直前に腕全体が下から上に向かって押し上げられるようにしてボールは投げ出される（同図 B)。男子では腕全体が真後ろを向くほど強く肩の内外旋がおきていることも特徴的である（同図 C)。その他男性は肩と腰との間の胴体の捻りが大きく、肘から手首にかけての前腕部の回内という捻りも有効に使われる傾向が認められた。

このような男女の違いを検討すると、良い投球動作とは人間の解剖学的な特性を十分に生かした動作だと言えるだろう。例えば、四足動物は腕が肩に対して前向きについており肘を後ろに引

くことができない。また前肢でも体重を支えるので、各関節は柔軟性がなく十分に捻ることもできない。ウエストと呼ばれる長い胴体部分もヒトの身体的特徴の一つである。

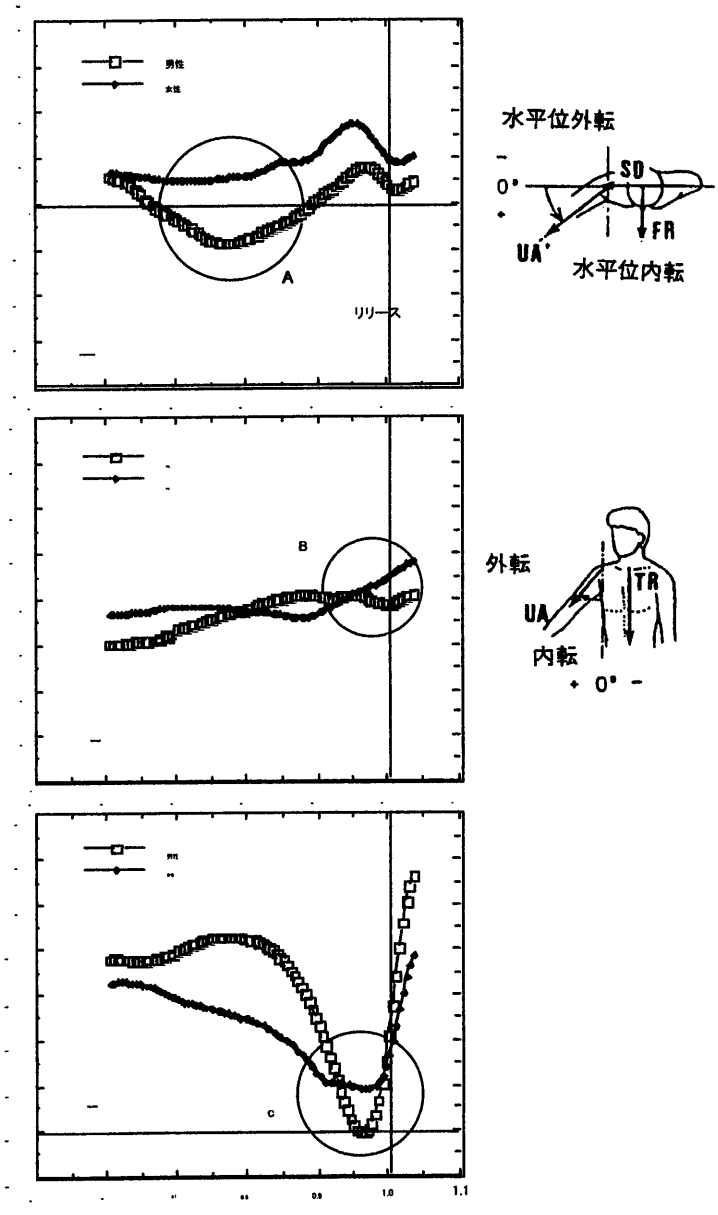

図2-3：男性と女性の平均的な投球フォームの特徴
肩関節の動きを3つの角度に分解してその動きの違いを比較する

野球のない国では　－ タイ国の子どもの投球能力 －

投球能力および投球動作に認められる顕著な男女差の理由として環境的な要因があげられることが多い。つまり日本では野球が人気スポーツであり、幼い頃からテレビ等で野球に親しむ男の子はキャッチボールをすることも多く、結果として男子の投球能力や投球フォームが女子のそれに比べて格段に優れたものになるというのである。それならば、野球のない国では男女の投球能力は走能力や跳能力のように拮抗しているのだろうか。

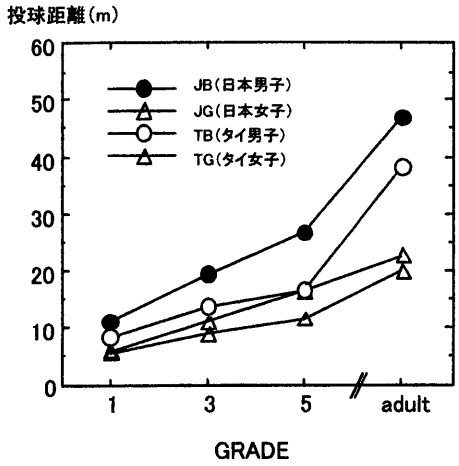

図2-4:タイおよび日本の小学生、
大学生の投球能力の比較

タイ国の小学校１、３、５年生、および大学生の男女を対象に投球能力の測定を行った。小学生については硬式テニスボール、大学生についてはソフトボールを用いた。タイでは野球やソフトボールはなじみのないスポーツであり、握ることができるボールをオーバーハンドで投げるような遊びもあまり見かけない。なお同年代の被検者を対象として日本でも同様の測定を行った。

日本とタイで、各年代別、男女別に平均投球距離が図 2-4 に示されている。たしかに男女ともタイ国の青少年の投球能力は日本の同年代に比べ劣っていた。しかしながら大学生を例にとると、タイにおいても男子は女子の約２倍の投球能力を示した。野球というようなスポーツの中で投球動作に親しむことがなくとも、石を投げたり棒を振り回したりという遊びの中で物体を加速するような経験が投球動作の発達に良い影響を与えていると考えられる。

同時に行った投球動作の映像分析や動作の発達に関する環境的要因に関するアンケート調査の分析については現在進行中である。

投球練習の効果 － 女子大学生の場合 －

一般大学生女子 11 名を対象として投球動作の練習効果について検討した。１週間に２回、５週間で計 10 回の投球練習を行なわせ、投球能力および投球フォームに認められる変化を検討した。投球能力（ソフトボールの遠投距離）は練習前の 19.2m から練習後で 23.5m へと平均 22.4%増加した（図 2-5)。肩の水平位外転角の最大値が男子の値に近づくなど、投球フォームにも若干の向上が認められた。どちらかといえば練習前の投球能力が高い者ほど練習効果が大きいという傾向が認められた。これまで成人後の女性では投球能力や投球フォームに練習効果が認められないとされてきたが、その様なことはないことが明らかになった。しかしながら練習後においても、その投球能力と投球フォームはソフトボールなどのスポーツを楽しむのに十分なものではなかった。

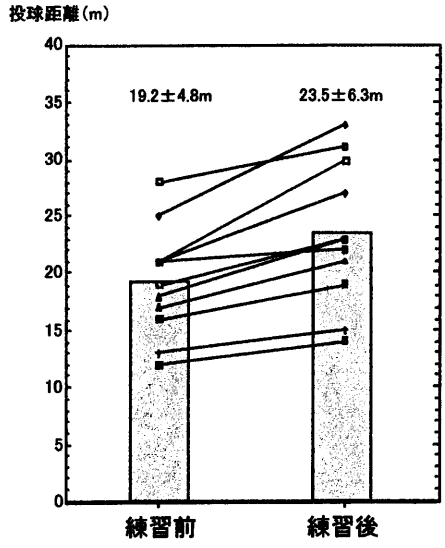

図2-5:女子大学生に認められた投球練習の効果

まとめ

「歩く」「走る」「跳ぶ」という動作なら、脚をもつ動物はほとんど全てのものが可能である。しかしながら、前肢を備えた他のいかなる動物も人間のようにオーバーハンドで物を投げることはできない。確かに解剖学的観点からヒトには「投げる」という動作の準備が整えられている。とはいえ、適切な時期にある程度の学習を積まなければ、人間もまた上手にそして力強く物を投げることはできない。「歩く」「走る」「跳ぶ」という自己の身体を動かす動作はすでに決定され変更することができないプログラムに、そしてまた「投げる」という動作はプログラムを作る手引きのみが与えられている開かれたプログラムに例えられるかもしれない。ヒトは生まれつき投げることができる動物なのではなく、投げる可能性を与えられた動物なのである。

適切な時期に適切な指導や練習がないと、投球能力を十分に発達させることができないまま成人してしまう。成人した後では練習効果はきわめて限られている。投球動作がうまくない人はテニスやゴルフの打動作、サッカーなどの蹴動作でもより多くの練習が必要である。

良い投球フォームと十分な投球能力を獲得するためには、遅くとも小学校低学年期に投球の練習を開始するのがよいと考えられる。早い時期に基本的な運動スキルが獲得されていないと、その後そのスキルを含むスポーツを最後まで楽しむことができず、結局様々なスポーツ活動から遠ざかってしまう傾向が認められるからである。将来の多様な学習を可能にする最低限の技能を確保させるよう指導すべきだと考える。たとえば、小学校時代に、男子なら野球の、そして女子ならソフトボールのダイアモンドの対角線の長さを投げられるような目標を立て指導することが必要だろう。

主な参考文献

文部省体育局：平成６年度体力・運動能力調査報告書、1995.、昭和 39 年度体力・運動能力調査

報告書、1965.

桜井伸二、宮下充正：子どもにみられるオーバーハンド投げの発達、Jap. J. Sports Sci. 1:152-156, 1982.

桜井伸二（編著）：投げる科学、大修館書店、1982.

投球動作の発達と指導に関する研究

投球動作の発達

（1）投能力の発達過程

投げられたボールがどのくらい遠くまで飛ぶのか、あるいはどのくらいの初速で投げ出されるのかといった、投げにおけるパフォーマンス（運動成果）は各方面で測定されてきた。日本では「ボール投げ」は上肢のパワー発揮能力（瞬発力）の一指標として、体力テストでソフトボール投げやハンドボール投げが行なわれてきた。

諸外国ではどうだろうか。世界各国の状況にあまり詳しくはないが、例えばアメリカ合衆国では1958年にAAHPERが作成した青少年体力テストにシャトル走や上体起こし、50ヤード走などとともに、ソフトボール投げが含まれていた。ところが1980年にAAHPERDが作成し現在行なわれている健康体力テストは、持久走、皮下脂肪厚、上体起こし、座位体前屈の４種目であり、投げの能力のテストは含まれていない。ソビエト社会主義共和国連邦のGTO（労働と防衛の準備）という名の体力検定では最近はソフトボール投げが項目に含まれており、12～13歳の金章のノルマは男子40m、女子26mとされている。しかし1934年の制定当初は棒のぼりや走り幅跳び、25m水泳などとならんで500グラムの手榴弾投げが体力テスト項目に含まれていた。また統合前の東ドイツの体力テストの項目を見ると、射撃や走速度に混じって砲丸投げが含まれている。このように、それぞれの国の体力テストの項目やその評価法に、国情や文化が散見できる。

東京オリンピックの際の国際スポーツ科学会議の開催を機に、体力テスト標準化国際委員会（Internstionsl Committee for the Standardization of Physical Fitness Tests, ICSPFT）が設立され、日本の研究者が中心になって、体力テストの国際基準が作られた。テスト項目の選定には活発な議論が交わされたようであるが、運動能力テストは、50m走、走り幅跳び、握力、懸垂、往復層、持久走、上体起こし回数、立位体前屈の８項目となった。こうした国際比較を目的とした体力テスト項目に採用されていないことからもわかるように、諸外国ではオーバーハンド投げによる遠投能力が体力テストの一項目に含まれているということが、それほど一般的なことではないのかもしれない。

そこで日本で調べられた結果に限り、これまでに報告された乳児、幼児、児童の投距離、および投球初速についてまとめることにする。

これらの遠投距離や投球初速の測定に用いられてきた投擲物としては、ソフトボール、ハンドボール、硬式テニスボールが多く、他にお手玉などが用いられてきた。ソフトボール投げは幼児および小学生を対象に多く測定され、文部省指定の小学校スポーツテストの一項目となっている。中学生以上の青少年や成人を対象としたテストでは、多くの場合ハンドボール投げがこれに変わって採用されている。発育発達の観点からボール投げの能力を調べた研究において最も広く用いられているのは、硬式テニスボール投げである。硬式テニスボールでも幼児が握って投げるボー

ルとしてはやや大きすぎるとの意見もあるが（深代、1983)、小林（1990）は6歳児男女116名の投能力を測定しテニスボールの遠投距離と他のボールの遠投距離の間に強い相関関係が認められたことから、テニスボールを遠くまで投げられるということは、様々なボールを遠くまで投げることができる、つまり投動作に関して本質的な技術や筋力が備わっていることだと述べている。また幼児から成人まで広くその結果が報告されていることでもあるので、ここでは硬式テニスボール投げの成績をまとめることにしよう。

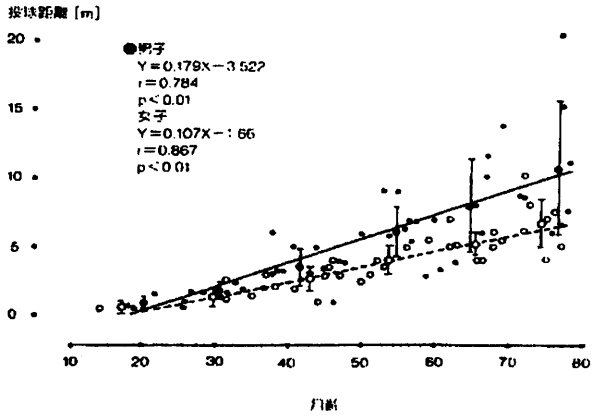

図3-1：幼児のテニスボール投げにおける投球距離と月齢との関係

幼稚園就園以前の者を対象とした報告は数少なく、わずかに宮丸ら（1980, 1982）による報告があるのみである。それによれば1歳から6歳までの幼児90名（男子49名、女子41名）に硬式テニスボールを用いた片手のオーバーハンド投げを実験的に行なわせ、投距離の測定と、映画撮影を行なった。投距離（Y）は、男女とも月齢（X）の増加に伴って増大し（図 3-1)、両者の関係はそれぞれ次のようであった。

男児： $Y=0.179X-3.52$　$r=0.784 (p<0.01)$

女児： $Y=0.107X-1.16$　$r=0.867 (p<0.01)$

どの年齢でも男児の方が優れており、その性差は加齢とともに増加していた。特に4歳以後でその男女差は著しくなり、6歳の女子の平均値は男子の約63%であったという。

幼稚園や小学校に通う年では数多くの報告がなされてきた。角田ら（1976）は幼稚園児、小学生男女を対象とした硬式テニスボール投げについて、投距離は男子で5歳の約 10m から1２歳の約35m まで、また女子で約6m から約21m まで増加し、特に男子の7、8、9歳で増加が著しいことを報告している。ボールの初速度については、5歳の約 10m/s から1２歳の約 30m/s まで増加したという。

成人以後に同じテニスボールを用いて投能力について調査された研究としては、水野ら（1976）の報告がある。18歳女子、および20歳代から50歳代前半までの成人女性の硬式テニスボール投げの距離が測定された。それによれば、18歳から30歳代前半までは、18～22m 程度であり、その後次第に低下し、50歳代前半では約15m であったという。

これらの結果はあくまでも横断的な資料に基づく結果である。Roberton(1979)は、6歳（幼稚園年長児）から8歳（小学校2年生）にかけて、54名の子どものボール投げの初速を報告している。6歳と7歳、7歳と8歳、6歳と8歳という年齢間で、初速の値同士の相関係数を求めてみたところ 0.65 から 0.78 であった。幼児期の投能力における個人差は、その後にある程度維持さ

れると考えられた。発育発達あるいは加齢に関する研究が、一人の人間の一生涯にわたる変化をとらえるものとすれば、少なくとも幼児から成年に至るまでの追跡的な調査がさらに行なわれることが望まれるが、同一の被検者を長期にわたって追跡したいわゆる縦断的な研究は、我が国では特に少ないようである。

（2）投げのフォームに認められる発達

運動能力の発達は前節で述べたように量的な成果として評価されるのが直接的でありわかりやすい。しかしながらこうした量的な評価は技能それ自身はもとより、体格やパワー発揮能力にも強く影響される。そこで、動作様式として全体像をとらえパターン分類することにより、定性的ではあるが動作そのものを直接評価しようという試みが多く行なわれてきた。

Wickstrom(1975)は「身体運動の発達に関する研究においてキネシオロジー的手法を適用する」分野を指すものとして「developmental kinesiology」という言葉を使用している。それによれば発達による変化は一生涯にわたるものであり、その変化は単に数字として現われたものの変化だけではなく、その数字を生み出す実際の動作の変化としてとらえなければならないというわけである。こうした試みは、主として心理学や体育学の分野で行なわれ、発達キネシオロジー、発達バイオメカニクスなどという名称も生まれている。

Wild (1938) は子供の投げ動作を観察し、投げ動作の発達段階を次のような４段階に分類した。

（1）上体の前後方向の動きと手と肘の伸展だけでボールを投げる。

（2）１の段階に肘と肩を後方に引く動作と体幹部の回転を加えて投げる。

（3）１、２の段階に、投げ手側の脚の投方向へのステップが加わり、体重を移動して投げる。

（4）投げ手と反対側の脚の投方向へのステップがあり、体重移動をしながら体幹部を回転させて投げる。

１の段階は２～４歳で、２の段階は3.5～５歳で、３の段階は５～６歳で、４の段階は6.5歳でそれぞれ認められると報告している。

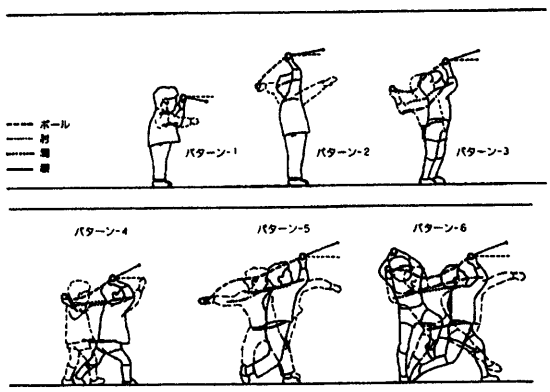

図3-2：幼児の投球動作に見られる典型的なパターン

桜井（1982）は３歳から９歳の子供を対象に、オーバーハンド投げの発達について報告した中

で、投げのパターンを Wild の結果に当てはめ、男子については５歳で４段階に到達しているが、女子については２あるいは３の段階であったと述べている。

宮丸（1980, 1982）は１歳から６歳の子供の投動作を映画撮影し、子供の投げ動作を６つのパターンに分類した（図 3-2)。これらの６パターンとは、Wild の４つの発達段階に、パターン２と野球のピッチングのワインドアップモーションを加えたパターン６が追加されたものと考えてよい。Wild の示した年齢段階に比べて投動作発達の時期がやや早くなっているようであるが、大筋では同様なものである。

こうしたパターン分類により明らかにされた動作の発達課程を一言でまとめるならば、幼児期の投げ動作は、上肢の動きだけによる動作範囲の小さな段階から、年齢の増加につれて脚や体幹部といった大きな体節の投動作への参加が見られるような方向で発達するということであろう。

Roberton(1977、1978)はこうした動作のパターン（stage と呼んでいる）による分類と評価法に疑問を抱いた。こうした方法においては、暗黙の内に人間の動作は必ずこの連続したパターン通りの道筋で発達すると考えられているからだという。腕の動きについてと体幹部の動きについて、発達過程についの仮定を別々に設定し、動作がいかに安定したものであるか、順序が変わったり飛んだりしていないか、等が調べられた。その結果、腕の動きについては設定された仮定通りの道筋で動作が発達していくように思われたが、胴体の動きについては必ずしも発達の道筋が決まっているわけではなかった。

そこで、動作パターンではなく身体各部についての点数によって動作を評価しようという試み、すなわち動作自体をなんとか数量化しようという試みも行なわれてきた。

角田ら（1976）は身体各部の中から、上体、脚、腰の３点の動きを選び、それぞれについて以下のように段階分けして評価した。

A）上体を反らせて使っているか

段階１：使っていない

段階２：使っている

B）脚の構えと動きについて

段階１：両脚を揃えている、または逆足である

段階２：脚を前後に開いている

段階３：脚を前後に開き、投げ終わった時完全に軸足に体重が乗っている

C）腰の回転があるか

段階１：腰の回転がない

段階２：腰をためて、回転している

この段階をそのまま点数と考えると、それぞれの子どもの投動作は３点から７点の点数（フォーム得点）によって評価されたことになる。このフォーム得点は年齢にしたがい漸増傾向が認められた。しかしながら、投げの距離は男子で７歳から９歳の間で顕著な伸びを示しているのに、それを裏付けるようなフォーム得点の変化は認められなかった。またトレーニングをした群では逆にフォーム得点が低下したり、フォーム得点と投距離との間に女子では統計的に有意な相関関係が認められないなど、この評価のしかたにも再考の余地があると考えられた。

深代（1983）は、このことの原因は各動作項目が投距離に及ぼす影響の重みを考慮していない

ことと、観察項目が少ないことだと考えた。そこでもっと多くの観点から動作を観察者が評価し、各動作がパフォーマンス（投距離）に及ぼす重みを考慮して動作を数量化した。つまり重回帰分析法を用いて投距離を推定する評価法ということになる。評価の項目と判断基準は以下の９項目であった。

A）逆手（ボールを持たない手）を前から後ろに引いているか

１＝引いていない、２＝引いている

B）腰の回転

１＝ない、２＝ある

C）上体のそりの利用

１＝利用していない、２＝利用している

D）足の踏み出しがあるか

１＝ない、２＝ある

E）投げ手側の足の位置

１＝前、２＝後

F）前足の方向

１＝横、２＝前

G）リリースの位置

１＝耳より前あるいは後、２＝耳の上

H）肘の伸び

１＝悪い（曲）、２＝良い（伸）

I）フォロースルーをしているか

１＝上体がそる、２＝体重が前にかかる

各項目の重みは、図 3-3 に示すようなものとなった。この図の重みの数値に各項目の粗点を乗じて合計したものをフォーム得点とすると、これはフォームから推定した投距離となる。フォーム得点と実際の投距離との間の重相関係数は R=0.63(R2=0.40, n=279)と、有意性の高い関係が認められた。

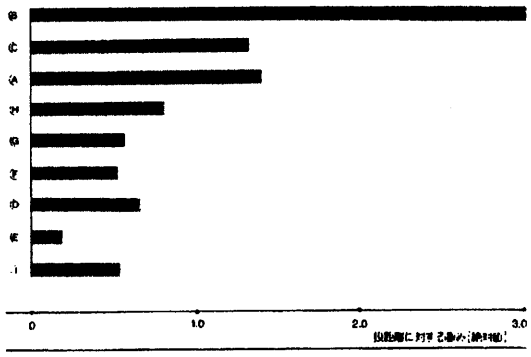

図3-3：投球距離に対する各評価項目の重み

この図から、B，C，Aの項目、つまり腰の回転、上体の利用、逆手の利用が大きく投距離に影響していると考えることができる。この結果は、腰の回転の重要性を指摘している

Toyoshima, etal. (1974)の報告と合致するものであった。

ただし、このうちFとIの項目では重みが負の値となった。つまり一般に優れていると考えられている投げ方よりも、前足を横に踏み出したり、上体がそったフォロースルーをした子供の方が投距離が大きいという結果になった。これは幼児の特徴かもしれないと深代らは述べている。

こうしたパターン分類やフォームの数量化の他に、幼児児童の加齢にともなうフォーム自体の変化や性差を検討した研究はそれほど多くない。特に映画撮影法を用いた体肢の速度変動や圧力盤によるキック力の変化、筋電図法による筋活動などの報告は少ない。

桜井と宮下（1982）は、3歳から9歳の幼児児童男女計 180 名についてテニスボールの遠投動作を高速度映画撮影し、ボールと上肢各部の速度変化を求めた。ボールの初速とリリース時の手首の速さの比を「スナップ比」と呼ぶとき、スナップ比は女子では全年齢を通じて 1.5 前後の値でほぼ一定であったが、男子では7歳頃からこの値が大きくなり、9歳では約 2.0 となっていた（図 3-4）。

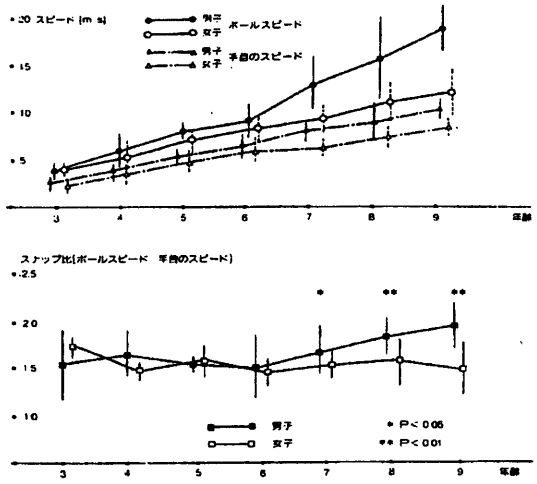

図3-4：リリース時の手首のスピード、ボールスピード、および両者の比（スナップ比）の年齢にともなう変化

またリリース時を一致させて、年齢別および性別の群内におけるボール、手首、肘の平均速度変化曲線を求めた（図 3-5）。3歳児は男女ともよく類似した速度変動のようすを示した。つまり肘はほとんど速度を持たず、手首とボールのみがリリースに向けて加速されており、肘関節の伸展による前腕部の運動が主となった投動作であることがわかる。4歳児では男女とも肘の速度の極大値がやや大きくなり、投動作に上腕部の運動が参加したことが示された。5歳児の女子では4歳児の男女に似た速度変動曲線であったのに対して、男子ではまずリリース前 0.04 秒に速度が手首およびボールの速度より明らかに大きなピークを持ち、その後に肘の減速と、手首・ボールの増速が起こっていることが明らかとなった。この傾向は男子では9歳まで年齢が加わる毎により一層明らかとなっていた。それに対して女子では、リリース前に肘の速度が、同時点での手首やボールの速度より明らかに大きなピークを示すのは、ようやく9歳になってからであった。女子の9歳児の速度変動図は男子の5歳児および6歳児のそれとよく似ていた。

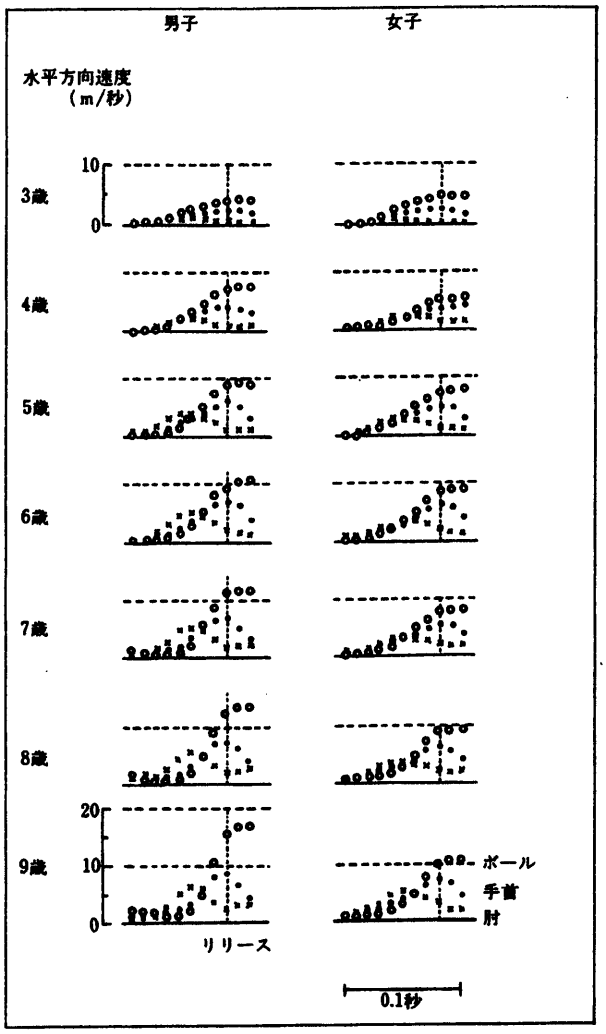

図 3-5：幼児児童の平均的な投球動作
ボール、手首、肘の水平方向速度変化

体幹部に近い部位から順序良く加速され、またリリース時に身体に大きなエネルギーが残っていない投げ方は、成熟した良い投げ方であることを先に述べた。こうした身体の使用パターンは、質量の大きな体節の持つ運動量の一部が小さな体節へ転移するという効果的な投法、あるいは筋の反射活動や筋弾性エネルギーを利用した投法に良く合致している。

これらのことを女子では投動作で主役となる上肢の使い方に向上が見られず、女子のパフォーマンスの伸びは体格やパワー発揮能力の増加が主要因となっていると考えられる。一方男子では、投球フォームの向上が上乗せされ、より顕著なパフォーマンスの男子優位となって現われてくるのであろう。

（3）正確投げの発達

的を狙って正確にボールを投げる能力の発達過程は学校教育の場においてはおそらくよく調べられていることと思われる。しかしその結果はあまり多くは報告されていない。角田ら（1976）

は小学生の遠投距離を測定すると同時にその時の投球方向を記録し、学年が高くなるのに伴い投げる方向のばらつきが減少することを明らかにした。また長谷川（1971, 1977）は３歳から６歳までの幼児に１～５ｍの距離でボールの的当てを行なわせ、男子の方が的当ての成績が良いこと、年齢の増加にともない的当ての成績も高まることを報告した。

投動作の発達に影響をおよぼす様々な要因

（１）双生児の研究から

人間が動作を獲得していく際には、特別な教育を行なわなくともほとんど全ての者が変わりなくできるようになる歩行のような動作がある。一方、テニスなどのスポーツに認められるように、熟練度に相当な開きが感じられる動作もある。人間に限っていえば、移動運動の中でも、特別な練習を行なわない限り泳ぐことはできない。このように、歩行や走行のように先天的に獲得されている動作は系統発生的な動作、打運動や水泳など後天的に獲得される動作は個体発生的な動作などと呼ばれる。言うまでもなく、この両者は明確に区別できるわけでなく、全ての運動は先天的（遺伝的）及び後天的（環境的）な要因が複雑に絡み合って成り立っているに違いない。

さて、こうした人間の様々な形質や機能に及ぼされる遺伝的および環境的な影響を知るためには、双生児を対象とした研究がしばしば行なわれてきた。つまり、遺伝的には全く同一である一卵性双生児（MZ）と、通常の兄弟姉妹と同程度には類似している二卵性双生児（DZ）を比較するわけである。

豊島ら（1982）は小学校期（７～12 歳）の一卵性双生児 10 組と二卵性双生児７組の投動作を、上方および側方から映画撮影して、体格の影響を除外した偏相関係数と対差百分率を指標に、双生児間の投動作の差異を検討した。投げ出されたボール（少年用軟式野球ボール：重量 125g）の初速についてみると、双生児の対間における偏相関係数は 0.92(MZ)および 0.82(DZ)で、それぞれ統計的に有意な水準であった。ところが、投げの動作については対間で類似があまり認められず、また卵性間でも特に顕著な傾向は認められなかった。すなわち、ストライドの距離、腰、肩、肘の水平速度のピーク値、上方から見た場合の腰や肩のひねりなど、ほとんど全ての動作解析項目において、対間での偏相関係数は有意な水準に達しておらず、また対差百分率は卵性間に統計的な有意差が認められなかった。このことから、投運動におけるフォームの双生児間での類似度は卵性にかかわらず低く、個々の学習経験の量によって投フォームは特徴的であり、遺伝による内的要因より外的要因の影響がより大であることが推察された。

合屋ら（1989）は、上記の双生児の内の一卵性および二卵性の双生児それぞれ数組を対象として、４～７年継続する縦断的研究を行なった。このうち投運動に関する結果としては、女子の一卵性双生児（8～12 歳）および女子の二卵性双生児（12～16 歳）の各１組について、オーバーハンドスロー時のスティック図が示されている。これらの例ではＭＺ，ＤＺとともに未熟なパターンのレベルにとどまっており、ボールの初速度もほとんど増加する傾向は認められなかった。

ただしこれらの双生児研究の結果から、動作の発達に及ぼされる遺伝的、環境的要因が直接論じられるわけではない。一卵性双生児においても二卵性双生児においても誕生以後の環境的要因が同一と見なせる場合に、こうした論議が可能なわけである。

（2）社会科学的な見地から

投動作の発達を考える上で、男女差は避けては通れない問題である。前節でも記したように、投動作に認められる性差は他の動作に比べて大きいようである。なにより投距離という数字で表わしてみるとそのことは明白である。筋力などにも確かに差が認められるが、投距離に認められるこの男女差はそうした体格や体力に起因するばかりではなさそうである。Nelson, et al(1986)は5歳児100名を対象として、投距離に認められる性差を検討した。その結果、男子(平均8.4m/s)に比べ女子の投距離（4.8m/s）は約57%であった。共分散分析法を用いて生物学的な要因として体格の影響を消去したとしても、女子の投距離（5.4m/s）は男子（7.8m/s）の69%でしかなかったという。

このような投能力に認められる男女差は、多くの研究者によって社会・文化的な影響のためであると考えられてきた。例えば、子どもが独り歩きできる頃にはおもちゃのスポーツ用品を操作し始め、まもなく親が見ているテレビのスポーツ番組に注意を向けるようになる。社会学的な言い方をすれば、相当に小さい時分から子どもはスポーツに「参与」していることになる。こうした参与のしかたが、周囲の状況によって、個人によって、あるいは男女によって異なることが考えられるわけである。明治から昭和前期と昭和後期について、それぞれ人気の高い子どもの遊びを調査した結果によれば（半沢、1980)、男子では昔も今も野球が上位にランクされているのに比べ、女子では投動作が含まれる遊びとしてドッジボールが最近登場した程度のようで、遊びの種類にも大きな男女差が認められるようである。

こうしたことから、投動作をはじめとするさまざまな身体活動の技術発達を分析・検討する時には、バイオメカニクス的な見地だけではなく、社会学や文化人類学といった社会科学の見地も含めた学際的な取り組みが必要となるのである（海老原ら、1983)。

まずSchanabl-Dickey(1977)は、58名の幼稚園児（3～5歳）について、その投動作、跳動作と両親の養育態度の間の関係を調べた。投動作はオーバーハンドでテニスボールを全力投球する際の身体各部の動きをパターン分類することにより評価され、また親の養育態度については、質問紙法により、厳格(D:disciplinarian)、寛容(I:indulgent)、保護的(P:protective)、拒絶的(R:rejective)、という4つの態度についてそれぞれ得点化された。その結果、跳動作においては母親の態度が厳格なほど子どもの動作パターンが優れている傾向にあったのに対して、投動作パターンの優劣と母親の厳格さ(D)の間には負の相関関係が、また寛容さ(I)および保護的(P)な態度との間には正の相関関係が認められたという。つまり両動作において全く逆の傾向が認められたことになる。外部の物体に対する働きかけである投動作と自分自身の身体を移動させる跳動作という、動作の特質の違いに基づく結果かもしれない。

海老原ら（1983）はパス解析という手法を用いて、幼児の投動作に対してスポーツ社会学的な要因が及ぼす影響を明らかにしようとした。パス解析とは変数相互の間の因果関係を仮定して、

ついでそれらを逐次的な回帰方程式体系としてあらわし、それぞれの偏相関係数を推定するという方法である。ここでは子どもの身体活動度、スポーツに関する認知度、Wild(1938)のパターン分類による投球フォーム得点、投距離という四変数間の関係がこのパス解析法を用いて検討された。これらの４つの測定項目においては男女差が認められなかった。しかし図 3-6 のパス・ダイアグラムに示されている通り、投運動に及ぼされる要因相互の間の因果関係には男女差が認められる。

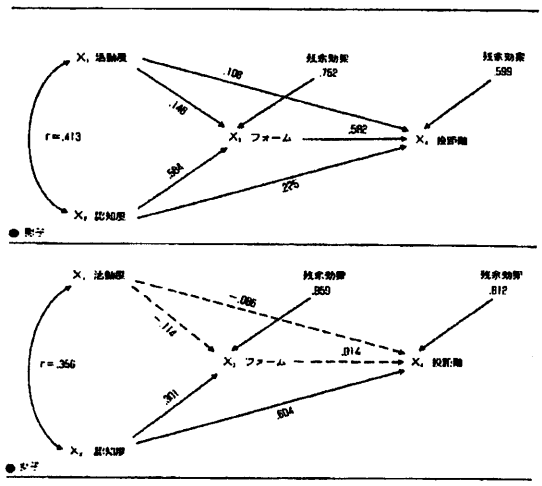

図3-6：投運動に関連した要因相互間のパスダイアグラム

まず男子の場合には、認知度がフォームに強く影響を及ぼしており、活動度もフォームに関係している。この２変数によってフォームの分散の 43.5%が説明されることになる。また投距離は主としてフォームの成熟度によって規定されている。より活発に運動やスポーツに参与し、同時にスポーツ番組やスポーツ選手をよく知っているほどフォームは成熟型に向かい、その結果投距離も伸びるというわけである。

一方女子の場合には、活動度やフォームといった身体的な要因は投距離の増加には積極的な影響をもたらさず、さらに活動的であるほどフォームがむしろ未成熟になるという関係さえ認められる。女子ではスポーツ情報や実際の活動は投動作に結び付いていないわけで、その日常の運動やスポーツの中には投動作を含んだ動作様式が少ないのではないかと推測される。

つまり、男子では投動作に結び付くスポーツ情報をその活動に直接取り入れるという相互連関作用を有することがフォームの成熟につながり、その結果投距離が増加するという過程が構築されているのに対して、女子では活動度と認知度が結び付いてフォームの向上を計るといった効果が認められないのである。

このように男女両方において、投動作や投距離を規定する重要な要因であるところの認知度は、家庭内の間接的スポーツ消費によって決定されるという。つまり、家族が新聞やテレビといったメディアによってスポーツに親しむほど、子供がそれに関与していくわけである。

また身体的な活動度を規定している要因を考えるために、「社会化の担い手（socializing agents)」を調べてみると、男子では、父親、遊び集団における同性の友人、地域社会の大人、保育園の同性の友人、保母の５者があげられたのに対して、女子では父親、遊び集団における同性の友人の２者にすぎなかった。したがって、男子がより多様な人間関係を形成して運動・スポー

ツに参与しているのに比較して、女子は特定の者との交流にとどまっているといえる。男子がその活動において開放的で外向的であるのに対して、女子は限定的であるとも言い換えることができよう。このことは、親の養育態度が寛容であるほど子どもの投動作パターンが優れているという先の報告と関連して興味深い。

また同じく海老原と宮下（1989）は投動作と跳動作の発達に関して、身体活動とスポーツへの認知度の影響を、子どもの社会的環境を構成する家庭と幼稚園のそれぞれで調査し、同様な方法を用いて比較した。その結果、環境要因としては、家庭に比べて明らかに幼稚園での身体活動が投動作や跳動作の発達に結びつくことが明らかになった。また男女差に関しては、長い距離を走るといった積極的な活動や、ボールを投げたり蹴ったりする、バットで打つ、木に登るといった操作対象物を伴う活動への参与が、性差を生み出す要因ではないかと推論している

（3）遺伝的要因と環境的要因

一般の大学生にソフトボールの遠投をさせて見たところ、その距離は平均で男子で約 50m、女子では約 20mであった。これまでの報告の通りその投能力には男女間で２倍以上もの大きな男女差がやはり認められた。こうした投球能力、あるいは投球フォームに認められる大きな男女差は、その多くが幼児期における環境的な要因、すなわち遊び相手や、野球の影響、等々によっていると考えられている。確かに毎日テレビで中継されるプロ野球の選手は全て男であり、男の子は女の子に比べて父親とキャッチボールをして過ごす時間は多いに違いない。上肢の骨格の成り立ち、あるいは体格や体力を比較しても、幼児期あるい児童期にはそれほど男女差はないし、また成人に達しても投能力の男女差を説明するほどの差ではないように思われる。それゆえ環境的な要因が大きな影響力を持っていることは確かであろう。しかし果してそれだけであろうか。

タイ国の首都バンコックに滞在したおりに、日本の大学生たちと同年齢の大学生および専門学校の学生男女各 20 名、計 40 名にソフトボールの遠投テストを実施してもらった。その結果、遠投距離は男子で平均約 40m、女子では平均約 20mであった。タイで最も人気があるスポーツはサッカーであり、女子では水泳などもよく行なわれる。彼らは野球は見たこともなく、またソフトボールも体育大学の一部で行なわれているにすぎない。ボールを投げることに関係するスポーツといえばバスケットボールであるが、学生のうち男女それぞれ数名ずつが中学校や高校でバスケットボールをやったことがあるという程度であった。すなわち、彼らにとってソフトボールのようなボールを力いっぱい遠くまで投げるということは、男女ともに大変珍しい経験であったことになる。

日本では男子 50m、女子で 20m、タイでは男子 40m、女子で 20m。この結果のとらえかたはいかようにもなろう。投能力は女子では日本とタイでほぼ同一であるが、男子では日本の方がタイの青年より優れていたと考えることもできる。主観的に投球フォームを評価したとすると、日本とタイで女子の投球フォームには大差なく、またタイの男子学生の投球フォームは日本男子学生に比べ数段劣り、どちらかといえば女子のそれに近かったといえるだろう。しかしながら、それでもタイの男子学生は 40m、つまり女子の２倍の距離を投げられたのである。結局、野球などのスポーツに親しんだことのないタイにおいても、男子は女子に比べて約２倍の投能力を示した

のである。

さらに日本の中学生たちの投球フォームを男女間で比較してみよう。かつて陸上競技の日本選手権には、槍投げに代わる中学生のための「ソフトボール投げ」という種目があった。その決勝出場選手男女各５名（男子Ａ群平均初速 34.3m/s、女子Ｂ群 25.9m/s)、さらに一般生徒男女各６０名の中からソフトボール投げのパフォーマンスが優れていた者男女各５名（男子Ｃ群初速 27.5m/s 以上、女子Ｄ群 19.0m/s 以上)、及び劣っていた者男女各５名（男子Ｅ群初速 18.0m/s 以下、女子Ｆ群 11.5m/s 以下）を選び、それらの群間で動作を比較してみた。側方より撮影された映画フィルムから、リリース前の 0.4、0.3、0.2、0.1、0.05、およびリリース時におけるボール、手首、肘の動きを肩を固定点として図 3-7 に示した。これらの位置は各群内（各被検者数５名）でのｘ座標とｙ座標のそれぞれの平均値として求められたものである。

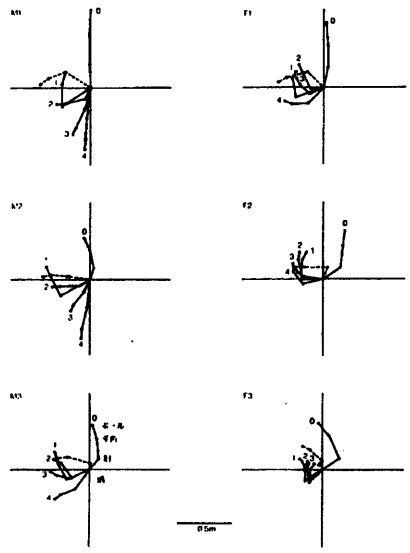

図3-7：肩を固定点とした場合の肘、手首、ボールの位置変化
0,1,2,3,4はそれぞれリリースの瞬間、0.1,0.2,0.3,0.
破線はリリースの0.05秒前を示す。
各群５名の平均的な位置変化。
ボールは右上方へ投げ出された。

男子選手（Ａ群）および一般男子の内パフォーマンスの優れた者（Ｃ群）では、リリースの 0.4～0.3 秒前の時点で右腕（投球腕）が下方に向けられている。男子のパフォーマンスの劣る者（Ｅ群）および女子選手（Ｂ群）が同程度でこれに続き、一般女子生徒ではパフォーマンスの優劣に関わらず（Ｄ、Ｆ群）肘関節は屈曲し、ボールや手首は常に肩よりも高い位置に保たれている。つまりボールが加速されうる肩を中心とした移動距離は小さくなっていることがわかる。投球初速を見てわかる通り、男子のＣ群の方が女子選手のＢ群よりパフォーマンスも優れている。

日本で最も優れた投球能をもつ女子選手が一般の男子生徒とほとんど変わらないレベルであることから、投能力における男女差は本当に環境的な要因にばかり支配されているのだろうかと疑問に感じてしまう。

投動作が人類の歴史の中でどのような役割を持っていたかを振り返って考えると、その主役は男であったに違いない。男女間の差を環境的要因の差としてひっくるめてしまうのではなく、社

会心理学的な特性までをも生物学的な要因として考え、男女間の差のある部分については生まれながらの生物学的に本質的なものと認めることも必要なことだろう。投能力が女子に比べて男子で顕著に優れているという事実は、例えば寒冷などのストレスに対して男性に比べ女性が格段に強いといった事実と同一のレベルのことに思えてくるのである。

投げの練習と指導

（1）練習の効果

「歩く」あるいは「走る」といった動作に比べて、「投げ」は後天的に獲得される動作であるといわれている。上手に投げるためには練習することが必要であり、また効果的な指導が行なわれることが必要である。

表には、投げの練習効果についてこれまで行なわれてきた研究結果をまとめた。ここにあげられた研究の対象者は、スポーツ選手ではなく、全て一般の成人および子供である。3歳から51歳までと広い年齢範囲の人々が含まれている。いくつかの観点からこれらの研究をまとめ直してみよう。

（2）練習と指導の内容

同じ「練習」といっても、週2回の練習を3週間行なっただけの研究（Dusenberry, 1952）から、半年の間に合計87回（深代ら, 1982）、あるいは1年間に約100回（平野ら, 1988）の練習を行なった研究まで含まれている。練習の内容も様々であり、得られた効果もまた様々である。また、ただボールを与えて練習を促しただけのものもあれば、体育の授業の中で投げに特に関係する教材を取り上げたもの、特別に練習時間を設けて指導や助言を与えたものもある。

深代（1988）は、遠くまでボールを投げるための動作の要点は、1）脚の貢献、2）腰の回転、3）腕のムチ動作、4）手首のスナップ、5）個々の動作のまとまり、などであるとして、これを考慮していくつかの練習法を考案して、小学生に実施させた。

握れるボールと握れないボールではそもそも投球フォームが異なるという（豊島, 1976）が、体重の移動をして体幹部や脚部の大筋群を充分に利用した投げ方の感覚を実感するためには大きくて重いボールを投げた方が良いと思われる。握れるボール（テニスボール）の他に、バスケットボールやメディシンボールも練習に取り入れたところ、女子大学生のソフトボールの遠投距離を伸ばすことができた（桜井, 第2章参照）。

このような具体的な指導の方法、あるいは指導技術と、それに伴う効果の関係はあまり明らかにされてきていない。遠くまでボールを投げるのに必要な力学的な要因が明らかになり、それに必要な効率的な投動作が解明されれば、それぞれの指導者によって効果的でしかも独創的な指導

表　[投げ]の練習効果に関する従来の研究成果

著　者	subjects	練習内容、投てき物
Dusenberry, L. (1952)	3～7歳 56名（男女28名ずつ） 半分ずつに分けて練習群(P)とコントロール群(C)	テニスボール 3週×2回/週の練習 遠投
Dohrmann, P. (1964)	8歳　200名 (男女100名ずつ) 2群に分けてP_1群、P_2群	36週の最初と最後の9週ずつで、それぞれP_1、P_2群に投と蹴の練習 投：毎日20球＋指導 3号のソフトボールの遠投練習以外に体育および課外の身体活動
角田ら (1976)	5～12歳　男女 計700名をP群、C群に	テニスボールの遠投 練習群にはボールを与え、3ケ月間体育の授業等に投球練習
Railey (1976)	22名の一般大学生	左手(非利き手)で野球ボールを投げる9週間の練習。 練習と指導ーIP群、 練習のみーP群 練習なしーC群
水野ら (1976)	①21～53歳　一般成人 女子　55名 ②18歳女子　31名 (3群に分ける)	テニス講習会期間中にキャッチボールの練習　6週 テニスボール、遠投 メディシンボール投げ、なわとび、テニスボールでキャッチボールの三種目を3群で順序をかえて実施 1回/週×15分、それぞれ6週
宮下ら (1977)	5歳　(男子18、女子13)	投：10日間　毎日10分 自由にボール投げ（テニスボール） 捕：1日おき10球ずつ上に投げ上げて自分でキャッチ
Halverson, L.E. et.al.(1977)	45名(J)の幼稚園児＋24名(C) ①投の指導＋運動P_1 ②運動　P_2　45名 ③運動なし　C－24名	8週×2回/週 16回のうち12回　計約120分 投の練習と指導
宮丸ら (1982)	5～6歳の幼児 P群49(男子24、女子25)名 C群25(男子13、女子12)名	テニスボール 6週×3回/週 激励
深代ら (1982)	5～6歳児　93名 P群、C群に分ける	6ケ月間(計87日間) 1日　10球 テニスボール遠投、指導あり
平野ら (1988)	男子大学生9名 これまで野球の投動作の指導を特に受けたことのない者	週2回、30分/1回 1年間(≒100回) 指導を行う。野球ボール
奥野ら (1989)	男子：小1～中2(85名) 女子：小1～小6(56名)	4回/週×4週 テニスボール投げ、30球/1回
桜井ら (1991)	女子大学生　11名	週2回　30分×5週 1回約50球 テニスボール、バレー、バスケットボール投げ、 (テストはソフトボール遠投)

効　果	備　考
男子：P：10.6→13.3m(+25.5%) [C：10.4→11.7m(+12.5%)] 女子：P：7.2→8.1m(+12.5%) [C：6.9→7.1m(+2.9%)]	●特に男子で、投能力の優れた者ほど、伸びが大きい傾向 ●跳能力にはほとんど性差なし ●動作についてはスタンスに向上が認められたが、腕の動きや指の使い方を向上させることは困難
男子：17.1→20.4m(+19.8%) 女子：8.8→11.2m(+26.7%)	●通常の身体活動以上の効果は練習効果としては得られなかった
男子：練習の有無にかかわらず効果あり(7～9歳) 女子：練習群にのみ効果あり(8、10歳)	●練習群の男子7～11歳でフォーム得点が低下 ●フォーム得点と投距離の間に男子で有意な相関、女子でなし (女子ではフォームパフォーマンスに結びつかない)
IP：15.3m/s→20.3m/s P：17.0→19.4 C：15.0→15.7	パフォーマンスに見られる伸びは向上の途中であった
20代(n=11)　ns 30代(n=18)　P<0.01　1.41m↑(+7.1%) 40代(n=23)　ns 50代(n=脩3)　ns キャッチボール　1.67m(+7.6%)P<0.01 メディシンボール　1.41m(+6.7%)P<0.01 なわとび　−0.26m(−　)n.s. 全体としては効果なし	●遠投距離と筋力の間には相関なし ●フォームの向上も認められない
投　男子8.5→11.2m(+31.8%) 女子5.5→5.6m(+ 1.8%) 捕　男子2.4→4.0回(+66.7%) 女子2.8→4.3回(+53.6%)	●捕：能力およびその練習効果で男子≒女子 投：能力およびその練習効果で男子＞女子 ●5歳児においてレディネスがすでに形成されており、大きい練習効果が期待できる
P_1群の投距離の伸びはP_2群、C群と差なし	
(初速) 男子P：11.25→13.08m/s(+16.3%) C：10.74→11.39(+6.1%)ns 女子P：7.72→9.54(+23.6%) C：7.54→8.19(+8.6%)	フォーム得点は 男女ともP群で向上、C群で変化なし P群の女子のフォームはC群の男子のレベルに達した
P群の伸びはC群と差なし	フォーム得点は向上、パフォーマンスに見られる練習の至適時期より、フォームにおける練習至適時期は早い(5歳以前) (C群ではフォーム得点は6歳になってはじめて向上)
26.8→27.8m/s(n.s.) +3.7%	
男子：7～8些で効果大きく(+20%) 年齢とともに効果小さくなり、14歳では効果なし 女子：8～10歳で最も大きい　効果あり(+30%)	●投距離、動作パターンからみた練習効果の著しい年齢は、加齢による投距離の伸びの著しい時期と対応。ただし13歳以降の時期では練習効果認められず
19.2m→23.5m　(+22.4%)	●最初に投能力が大きかった者ほど、練習の効果が大きい傾向あり

方法が考案されていくことだろう。深代はこうした指導のアイディアについて、「データベース」として蓄積していくことが重要であると指摘している。

（3）フォームとパフォーマンス

こうした練習による効果を検討する際には、ともすれば投距離や初速といった数字に現われる結果ばかりに目が向けられがちだが、投球フォームの改善も練習の重要な狙いである。

角田ら（1976）はテニスボールの遠投によるトレーニングで投距離は伸びたが、7歳から9歳の男児の投フォーム得点が低下したことを報告している。また水野ら（1976）は成人女性では投距離にも投球フォームにも向上が認められなかったと報告している。

こうした否定的な報告がある一方、宮丸ら（1982）は5歳から6歳の男女児ともに、投距離と投フォームの両者にトレーニングによる向上が認められ、トレーニング後の女子の投球フォームはトレーニング前の男子の投球フォームとほぼ等しくなったと報告している。また深代ら（1982）は同じく5歳から6歳の幼児に6ヶ月間のテニスボールの遠投のトレーニングを課したところ、トレーニングをしてもしなくても投距離の伸びは変わりなかったが、投球フォームはトレーニング群でより向上したことを報告している。このことから、パフォーマンスにおけるトレーニングの至適時期に比べ、フォームあるいは技術のトレーニングの至適時期は5歳あるいはそれ以前と、もっと早いのではないかと推測された。また、このことから、幼児にこうした練習をさせる場合に、投距離の伸びに気をとられて目先の効果ばかりにこだわることの危険も指摘できるかもしれない。

ただ投フォームが練習によって向上したとしても、Dusenberry(1952)が述べているように、スタンス（構え方）あるいは体幹部の使い方に比べ、腕の動かし方や指の使い方をうまくさせることはかなり難しいようである。細かい指先の動き、すなわちファインモータースキルの向上のためには、さらに早期の練習が必要なのかもしれない。

（4）年齢とイニシャルレベル

ここまでの研究結果を、年齢とトレーニング効果すなわち投距離の伸び率との関係という観点からまとめると図3-8のようになる（奥野ら、1989）。練習内容などを考慮していないために、この図から統一された傾向を読み取ることはなかなか難しい。しかしながら成人の男女について行なわれた研究ではほとんどその効果が認められなかったこと（水野 1976、平野 1988）、あるいは成人で練習効果が認められたとしても、最初の投能力が小さい者ほどその効果は小さい傾向にあったこと（桜井, 未発表資料）などから、年齢が高くなってからの飛躍的な練習効果はあまり望めないことがうかがわれる。また投球フォームについてもこのことは一層はっきりしている。深代ら（1982）の報告では、5から6歳の幼児では練習によって投距離は伸びなかったが投球フォームは改善されたという。ところが、水野ら（1976）によれば、20歳以上の成人女性では練習しても投距離にも投球フォームにも改善が認められなかったのである。いかに早い時期における練習

が重要であるかがわかる。

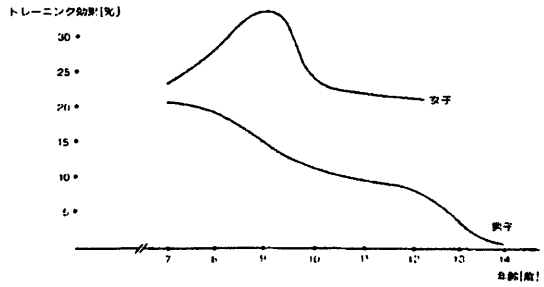

図3-8：練習による投球距離の伸び率と年齢との関係の模式図

奥野ら（1989）は投距離および投球フォームから見て練習効果が著しい年齢は、加齢により投距離が著しく伸びる年齢とほぼ一致していると述べている。これは、筋力トレーニングなど体力に関するトレーニングとそのトレーニング効果に関する知見と同様なものである。しかしながら、筋力や持久力のトレーニングにおける効果についての知見とは異なる傾向ももちろん認められる。こうした種類の体力トレーニングにおいては、最初のトレーニングレベルが低い者ほど大きなトレーニング効果が得られると一般的には考えられている。ところが、先に述べたように、大学生女子に５週間の投げの練習を行なわせたところ、最初の投能力が小さい者ほどその効果は小さい傾向にあった。また Dussenberry(1952) も、３歳から７歳の子どもで最初の投能力が優れている者ほど練習による伸びが大きかったことを報告している。

（５）トレーニング効果における性差

先に投能力においては男子が女子に比べて明らかに優れていることを述べ、さらにその理由についても考察した。投球の練習あるいはトレーニングを行なった時に、その効果においても男女間でなにか特別の傾向が見られるのだろうか。

同じ年齢層の男女の子どもに同じ練習をさせても、男子の方がトレーニング効果が大きかったとする研究(Dussenberry1952:3～7歳を対象として男子で+25.5%の遠投能力の向上,女子で+12.5%、宮下ら,1977:5歳、男子+31.8%,女子+1.8%）と女子の方が大きかったとする研究（Dohrmann,1964：8歳、男子+19.8%,女子+26.7%、宮丸ら,1982：５～６歳、男子+16.3%,女子+23.6%）の両方が存在するようである。その差は年齢や練習内容などに基づいているのかもしれない。こうした点については、練習内容を良くコントロールした研究の実施が今後も必要であろう。

こうした研究のなかで、角田ら（1976）は５歳から12歳の幼児児童700名を対象とした３ヶ月間に及ぶ大規模な研究を行なっている。トレーニング群にはテニスボールを与え体育の授業時に投球練習を行なわせる一方、コントロール群には特にこのような練習を行なわせなかった。その結果、７歳から９歳児では、男子でトレーニングの有無に関わらずその投能力に向上が認められたのに対し、女子ではトレーニングをした者のみに向上が認められたという。こうしたことから、男子については７歳から９歳にかけての時期が遠投能力が著しく伸びる時期であるのに対し、女子ではそのような時期がなんらかの要因で普通は出現しないままに終わってしまうのではないか

と推測している。

豊島(1990)は成人や子どもの投動作を分析検討して、「(男子に比べて女子では) 発達が遅れているのではなく、中途で発達が止まってしまったように考えられる」と述べている。言い替えると、人間が本来あるべき姿においては成長の過程においてどんどん向上が認められてもいいものを、正しい働きかけが正しい時期に行なわれないことにより発達が阻害される場合が多いということだろうか。豊島のこの言葉は、ちょうど角田ら(1976)の研究結果を反映しているようで興味深い。

大学で一般体育実技の授業を担当すると、はじめてテニスやバドミントンというラケットスポーツに接する学生が案外多いことに驚かされる。これらの学生に同じように指導しても、女子学生の場合は男子学生に比べて明らかに上達が遅いのを感じる。この理由としてはもちろん体格や筋力等の要因もあげられるだろう。しかしながらそれ以上に、これまでたびたび指摘してきた、投げの動作と打つ動作の間の類似点に基づくように感じられてならない。両動作には筋肉の使い方や、上肢の動かし方に共通点が多い。幼児期から直接的、間接的に野球というスポーツに親しんできた日本の男子に比べて、投げ動作に習熟していない女子は、こうしたスポーツの習得においては大きなハンディを背負っているといえるだろう。

先に紹介したように、奥野ら (1989) は投距離および投球フォームから見て練習効果が著しい年齢は、加齢により投距離が著しく伸びる年齢とほぼ一致していることを報告している。しかしながら、彼らが女子の練習時期として効果が大きいとしている8歳から10歳には既に投能力は男女間で大きく差ができてしまっており、いくら練習効果が顕著に現われるとしても、男女間に既にできてしまったその差を埋めることは容易なことではないのである。学校体育において投げるあるいは打つ動作に女子で十分な成果をあげるためには、男子に比べかなりの時間や手間を必要とするのではないだろうか。

投げ動作は、打具を用いる動作とからだの使い方や腕の振り方が似ている。また、サッカーなどの蹴動作とも身体の捻転のしかたで似通っている。ソフトボールや野球における投げ動作を洗練された力強いものにすることは、そのスポーツばかりではなく、テニス、卓球、バドミントン、ゴルフといった一生続けていくのにもってこいのスポーツにおける打動作、あるいはサッカーやラグビーといった全世界で広く楽しまれているスポーツにおける蹴動作を優れたものにしていくことに通じている。自分の身体以外の物をうまく操作したりそれに大きなエネルギーを与えたりということは、走ったり跳んだりして自分の身体自体の身のこなしをうまく行なうこととは、どうやら別の能力のようである。

もし男女間の投能力の差をいくらかでも小さくするべく、女子の投能力の向上をはかる働きかけをするならば、小学校入学を待たず、その働きかけは乳幼児期に始めるのが効果的なのかもしれない。

文献

Dohrmann, P. : Throwing and kicking ability of 8-year-old boys and girls. Res. Quart. 35 : 464 - 471, 1964.

Dusenberry, L. : A Study of the effect of training in ball throwing by children ages three to seven. Res. Quart. 23 : 9 - 14. 1952.

海老原修. 桜井伸二, 宮下充正 : 就学前児童のスポーツ参与が投動作に及ぼす影響について, Jap. J. Sports Sci. 2 : 72 - 78. 1983.

海老原修, 宮下充正 : 異なる社会的環境下におけるスポーツ参与が基本的運動動作の発達に及ぼす影響について, 第9回日本バイオメカニクス学会大会論集'88, 杏林書院, 155 - 162, 1989.

深代千之, 稲葉勝弘, 小林規, 宮下充正 : 幼児にみられる投能力の発達, Jap. J. Sports Sci. 1 : 231 - 236, 1982.

深代千之 : 幼児の投球技能, 体育の科学. 33 : 103 - 109, 1983.

深代千之 : 幼少年期の投げ動作と指導, 体育の科学. 38 : 86 - 92, 1988.

合屋十四秋, 天野義裕, 星川保, 松井秀治 : 双生児を対象としたスポーツパフォーマンスの発達に関する縦断的研究, 第9回日本バイオメカニクス学会大会論集'88, 杏林書院, 149 - 154. 1989.

半澤敏郎 :「童遊文化史」, 東京書籍, 1980.

長谷川久子 : 幼児のボール投げの研究 (2), 姫路短期大学研究報告 16 : 153 - 165, 1971.

長谷川久子 : 子どもの発達からみた投運動, 体育科教育 25 (5) : 25 - 28, 1977.

平野裕一, 浅見俊雄 : 野球の役球動作とその指導, 体育の科学 38 : 93 - 100, 1988.

小林寛道, 脇田裕久, 八木規夫 :「幼児の発連運動学」, 第 9 章投力, ミネルヴァ書房, 91 - 98. 1990.

宮丸凱史 : 投げの動作の発達, 体育の科学, 30 : 464 - 471, 1980.

宮丸凱史, 平木場浩二 : 幼児のボールハンドリング技能における協応性の発達 (3) 一投動作様式の発達とトレーニング効果一, 体育の科学, 10 : 111 - 124, 1982.

水野忠和, 角田俊幸, 辻博明, 宮下充正 : 成人女子及び 18 歳女子の投能力, 昭和 51 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No. 1投能力の向上に関する研究, 24 - 28, 1976.

Nelson, J.K., J.R.Thomas, K.R.Nelson, and P.C.Abraham : Gender differences in children's throwing performance. - Biology and environment. -, Res. Quart. Exerc. Sports, 57 : 280 - 287. 1986.

奥野暢通, 後藤幸弘, 辻野昭 : 小中学生のオーバーハンドスローの練習効果について, 第9回日本バイオメカニクス学会大会論集'88, 杏林書院, 119 - 125, 1989.

Roberton, M.A. : Stability of stage categorizations across trials : Implications for the' stage theory' of overarm throw development. J. Human Movement Studies, 3 : 49 - 59. 1977.

Roberton, M.A. : Longitudinal evidence for developmental stages in the forceful overarm throw. J. Human Movement Studies, 4 : 167 - 175, 1978

Roberton, M.A., L.E.Halverson, S.Langendorfer, K. Williams : Longitudinal changes in children's overarm throw ball velocities. Res.Quart., 50 : 256 - 264. 1979.

桜井伸二，宮下充正：子どもにみられるオーバーハンド投げの発達，Jap. J. Sports Sci. 1：152 - 156，1982.

Schnabel-Dickey, E. A. : Relationships between parents' child-rearing attitudes - and the jumping and throwing performance of their preschool children. Res. Quart., 48 : 382 - 390, 1977.

Toyoshima, S. T. Hoshikawa, M. Miyashita, T. Oguri : Contribution of the body parts to throwing performance. Biomechanics IV, University Park Press, Baltimore. 169 - 174, 1974.

豊島進太郎，三浦望慶，池上康男：種々の投てき物を投げたときの投動作の分析，昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告、No. 2 投能力の向上に関する研究，34-47，1976.

豊島進太郎，合屋十四秋，星川保，松井秀治：双生児における投運動の運動学的分析，東海保健体育科学，4：45 - 54，1982.

豊島進太郎：幼児の投動作の発達一投げる一，体育の科学，40：859 - 864，1990.

角田俊幸，稲葉勝弘，宮下充正：投能力の発達，昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告，No. 1 投能力の向上に関する研究，13 - 23，1976.

角田俊幸：投げる動作の発達，体育の科学，28：320 - 324，1978.

Wickstrom, R. L. : Developmental kinesiology : Maturation of basic motor patterns. Exercise and Sport Sciences Reviews, 3. Academic Press, 3 : 163 - 192, 1975.

Wild, M. R. : The behavior pattern of throwing and some observations concerning its course of development in children. Res. Quart.、9 (3) : 20 - 24, 1938.

平成 10, 11, 12 年度科学研究費補助金
基盤研究（B）（2）：課題番号10480007
研究成果報告書

児童の投球能力および投球動作における練習の効果

平成13(2001)年2月20日

研究代表者 桜 井 伸 二
名古屋大学総合保健体育科学センター