

成人女性における投能力向上の可能性

尾 縣 貢¹⁾ 関岡 康雄¹⁾ 飯田 稔¹⁾

Possibility of progress of throwing ability on adult females

Mitsugi Ogata¹, Yasuo Sekioka¹ and Minoru Iida¹

Abstract

The purposes of this study were to clarify the possibility of progress of throwing ability on adult females, and to examine effective instructional methods of throwing.

Twenty-four female students who had no special experiences of motor learning of throwing were divided into three groups; two training groups (WI group: throwing exercise with verbal instruction and demonstration, and NI group: throwing exercise without instruction) and one control group. Training was carried out three days per week for four weeks. Measuring physical fitness and analyzing throwing motions were performed before and after the training period.

In the WI group, throwing distance increased significantly from 24.38 m to 30.38 m. Actions of arm and legs during preparatory phase of throwing were changed, consequently factors of action at starting of main phase of throwing were also changed. It seemed that these changes led to faster forward rotation of shoulder during main phase of throwing, skillful whip-like action and wrist action.

In the NI group, throwing distance increased from 24.67 m to 27.17 m insignificantly. Remarkable changes of throwing motions were not recognized except for the increase of range of shoulder rotation.

It is concluded that throwing distance and throwing motion are changed remarkably by throwing exercise with proper instructions of technique.

Key words: adult female, throwing for distance, throwing motion, training

(Japan J. Phys. Educ. 41: 11-22, May, 1996)

キーワード：成人女性，遠投，投動作，トレーニング

目 的

豊島ら³³⁾、桜井・宮下²⁶⁾は、幼児・児童を対象として投動作の発達を検討した結果、男子は加齢とともに動作は改善されるが、女子には動作の改善が見られないと報告している。同様に Glas-sow and Kruse⁶⁾も、女子には加齢に伴う投能力の急激な変化がないことを示している。女子の投能力が向上しない原因として、投運動学習の不足

による投動作の未習熟があげられ¹⁹⁾、幼児・児童期の差が成人まで存続すると考えられている。

この女性の低い投能力は、学校体育や社会体育におけるスポーツ活動を展開していくうえでネックとなっているとともに、スポーツを継続すること、すなわち生涯スポーツの実践への障害になっていることは否定できない。なぜなら、低い投能力が投運動を含むスポーツのゲーム成立の制限因子となるうえに、女性の場合、運動能力に自信がないという心理がスポーツへの参加を妨げる原因になるからである^{18,29)}。

1) 筑波大学体育科学系
〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1

1. Institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305

また、オーバーハンドスローは、他の動作との類似性が高いと指摘されている。Miyashita et al.¹⁶⁾は、テニスボール投げとテニスのサーブとの間に極めて類似した動作様式が存在するとし、両運動中の筋電図を記録して比較検討した結果、投運動と打運動の間に転移が生じる可能性を指摘している。同様に西薺²¹⁾は、オーバーハンド型の投動作と打動作の筋電図を比較検討し、各筋の放電パターンに類似性が高いことを明らかにしており、それらの運動の技術トレーニングにおいて類似動作をどのように位置づけるかを検討する必要があると報告している。これらの報告からオーバーハンドスロー動作の習熟は、単に投能力の向上に結び付くだけでなく、オーバーハンド型の打動作の習熟に何らかの影響を及ぼすことが予測される。

これらのことから女性の投能力を高めることの重要性は理解でき、投能力を高めるためには幼児・児童期における女子の投運動学習経験を増やすことが根本的な課題となるということは認識できる。その一方で低い投能力を有する成人女性の投能力を高めるためのトレーニングの重要性も認識できる。

そこで、これまでの投運動のトレーニングに関する研究を検索してみると、幼児から中学生の成長過程にある男女を対象にしたものが多く^{3-5,14,15,25,34)}、その効果については有無両論ある。一方、発育発達の終了した年齢段階の男女を対象にその効果を検証した研究は少ない。平野・浅見⁸⁾は、特別な投指導を受けたことのない男子大学生9名に週2回、1回30分、1年間にわたり指導者の指導のもと投球練習を続けたところ、ボールの初速度には有意な伸びが見られなかったと報告している。しかし、上肢・下肢のタイミングには随所に改善が認められたことを示している。成人女性を対象としたものは、水野ら¹⁷⁾の報告のみであり、成人女性の投能力を高めるためのトレーニングに関する十分な知見は得られていない。また、水野らの報告の中では、成人女性にはトレーニングによる投動作と投能力の改善は認められなかったと示されているが、そこでは技術的

な指導が行われておらず、この結果から成人女性にはオーバーハンドスローの改善の可能性がないと決めつけるのには問題がある。発育発達の終了した年齢段階の対象に対しても、練習内容や指導法について吟味したうえで、投能力向上の可能性を検討する必要がある。

尾縣・関岡²³⁾は、投運動学習経験の少ない成人女性は、主動作（投動作）に移行する前の腕や脚の準備動作が未習熟であり、準備動作は動作のスピードが低いため比較的意識がもちやすく制御がしやすいことから、指導は準備動作から始めることが有効であると指摘している。また、尾縣・市村²⁴⁾は、準備動作中の腕と脚の動作は、主動作（投動作）の多くの動作要因に影響を及ぼすことで投射初速度を直接的、間接的に規定していると報告している。これらの報告から、投運動学習経験の少ない成人女性には準備動作を重点的に指導することで、投能力向上の可能性があると考える。

そこで、本研究では特別な投運動学習経験のない女子大学生を対象として、準備動作に重点を置いた言語教示や示範による技術指導を受けながら投球練習を行った群、指導を受けずに投球練習を行った群を設定し、それぞれの群のトレーニング効果を明らかにすることにより、成人女性の投能力向上の可能性を検討した。それとともに、効果的なオーバーハンドスローのトレーニングについての基礎的資料を得ることを目的とした。

方 法

本研究では投げる側の手を投げ手、反対側の手を自由手、原則として主動作をボールリリース（以後リリースとする）前に両足が完全に接地した時点からリリースまでの動作、主動作前に行われた動作を準備動作、2-3歩前進するうちに両足が空中に浮いている期間が存在する準備動作をステップと定義した。

女性の場合、18才以前に既に運動技能はピークに達しているという松浦の指摘¹²⁾により、本研究では18, 19歳を含む女子大学生を成人女性とした。本研究の被検者の年齢は、18-23歳の範囲

であり、平均値±標準偏差は、 20.5 ± 1.2 歳であった。

1. グループ分け

これまでに特別な投運動学習の経験を持たない女子大学生24名を遠投距離に大きな差が生じないように8名ずつ3群に分けた。表1は、被検者の年齢、形態および遠投距離をグループ毎に示している。3群間にはトレーニング前に遠投距離に有意差がないことから、トレーニング前の投能力は、ほぼ均等であったと言える。

2. トレーニング

各グループのトレーニング内容は次のとおりであった。

1) 指導あり投球練習群

尾縣・市村²⁴⁾により明らかにされた成人女性のオーバーハンスロー中の動作要因間の因果関係をもとにトレーニング内容を作成した。尾縣・市村²⁴⁾の準備動作中の腕と脚の動作は、主動作開始時の多くの動作要因に影響を与えることで、投射初速度を間接的に規定しているという指摘。尾縣・関岡²³⁾の、特別な投運動学習経験を持たない女性は、特別な投運動学習経験のない男性、特別な投運動学習経験のある男性・女性と比較して準備動作が劣っており、その結果として、主動作開始時の動作要因に差異が生じ、これが低い投能力につながっているという指摘から、トレーニングでは準備動作から主動作開始時までの局面を重視した。毎回のトレーニングでは20球ずつ全力でソフトボール（検定3号球）を遠くまで投げる投球を行ったが、その前にはウォーミングア

ップ（ストレッチング、肩慣らしのための軽いキャッチボールを5分間程度）と、習熟度の高い技術を有していると判断した熟練者の投動作のビデオ画像を実速とスローで5回ずつ見せながら、その日のトレーニングで強調すべきポイントを説明した。投球練習中には言語教示と示範により、被検者の投動作の矯正に努めた。

12回のトレーニング内容は、次のように構成した。なお、表2にトレーニングの流れとトレーニング内容の詳細を示している。

① 1-4回：準備動作中の脚動作を指導した。

ここでは、後述の準備動作の脚動作評価のうちの評価4に相当する水準の動作を習得させることを目標とした。具体的には、空中で後足（右脚）を前足の方に十分引き付けること（十分引き付けられている者は、後足を前足の後方で交差させるステップを指導した）、ステップ中に身体前面が投射方向に向いてしまわないように横向きの姿勢を保ちながら前進すること、足の運びを滑らかに行い準備動作と主動作の結合がスムーズにいくことを指導の要点とした。

② 5-8回：準備動作中の投げ手側の腕動作を指導した。

ここでは、後述の準備動作の腕動作評価のうちの評価3に相当する水準の動作を習得させることを目標とした。具体的には、肩を中心として手首を反時計回り（投げ手側から見た場合）に回しながら後方に引くこと、しかも肘を伸展させながら引くことを指導した。脚動作とのタイミングを合わせることに重点を置いた。

③ 9-10回：準備動作から主動作にかけての

表1 各群に所属する被検者の特性

	指導あり投球練習群 (n=8)	指導なし投球練習群 (n=8)	コントロール群 (n=8)	分散分析	多重比較
年齢 (yrs)	20.5 ± 1.0	20.5 ± 1.2	20.4 ± 1.5	—	
身長 (m)	1.613 ± 0.030	1.565 ± 0.035	1.578 ± 0.040	*	指導あり>指導なし
体重 (kg)	51.6 ± 5.8	51.7 ± 6.0	51.8 ± 3.5	—	
投距離 (m)	24.38 ± 4.92	24.67 ± 6.39	24.25 ± 8.73	—	

* : $p < 0.05$ > : $p < 0.05$ — : 有意差なし

表2 指導あり投球練習群における指導内容と指導ポイント

回	指導内容	指導ポイント
1 2 3 4	準備動作中の脚動作	<ul style="list-style-type: none"> • ステップ中の両足が地面から離れている局面で後足（右投げの場合は右足）を前足の方に十分引き付ける。進んだ段階では、後足を前足の後方で交差させる。 • ステップ中に身体前面が投射方向に向いてしまわないように横向きの姿勢を保ちながら前進する。 • 滑らか足の運びで準備動作から主動作への移行をスムーズに行う。
↓		
5 6 7 8	準備動作中の投げ手側の腕動作	<ul style="list-style-type: none"> • バックスウィングで肩を中心として手首を反時計回り（投げ手側から見た場合）に回しながら、しかも肘を伸展させながら後方に引く。 • 脚動作とのタイミングを合わせる。
↓		
9 10	準備動作から主動作にかけての自由手側の腕動作	<ul style="list-style-type: none"> • 準備動作で自由手側腕（肘）を脚動作や投げ手側腕の動作にタイミングを合わせながら投射方向に引き上げる。 • 準備動作終末から主動作にかけて、投げ手の前方への振り出しや肩の前方への回転にタイミングを合わせながら上げた自由手側腕を力強く後方に引く。
↓		
11 12	主動作開始時の姿勢	<ul style="list-style-type: none"> • ここまでの指導ポイントを反復しながら、適切な主動作開始時の姿勢（深い上体の後傾、大きなスタンスの幅、投げ手側肩の十分な後方への引き）が取れるように指導する。

自由手側の腕動作を指導した。具体的には、まず準備動作で投射方向に腕（肘）を引き上げることを指導した。次に準備動作終末から主動作にかけて、肩の前方への回転を助長するように上げた腕を力強く後方に引くことを指導した。引き上げるタイミングを脚動作や投げ手側腕の動作に合わせること、後方に引くタイミングを投げ手の前方への振り出しや肩の回転に合わせることにも重点を置いた。

- ④ 11-12回：①-③までの指導ポイントを反復しながら適切な主動作開始時の姿勢^{23,24)}（深い上体の後傾、大きなスタンスの幅、投げ手側肩の十分な後方への引き）が取れるように指導した。

2) 指導なし投球練習群

毎回のトレーニングではウォーミングアップ（ストレッチング、肩慣らしのための軽いキャッチボールを5分間程度）後、20球全力で遠くまで投げる投球を行った。

3) コントロール群

日常定期的なトレーニングを行っておらず、しかも体育の授業等でオーバーハンスローを含むスポーツ種目を選択していない者を選んだ。

トレーニング期間は4週間、月・水・金曜日の週3回行った。投球練習を行う2群のトレーニングは屋外グラウンドを使用した。雨天時には体育館を使用した。

3. 測定

トレーニング開始2日前および終了2日後に、下記の要領で遠投距離と体力の測定および遠投動作のビデオ撮影を実施した。

1) 体力測定

体力測定として次の9項目を選んだ^{注1)}。手掌屈力、上肢牽引力、肩関節伸展力については投げ手側を、膝関節伸展力については投げ手と同じ側の脚を測定した。測定は、2回ずつ行い、良いほうの測定値を採用した。

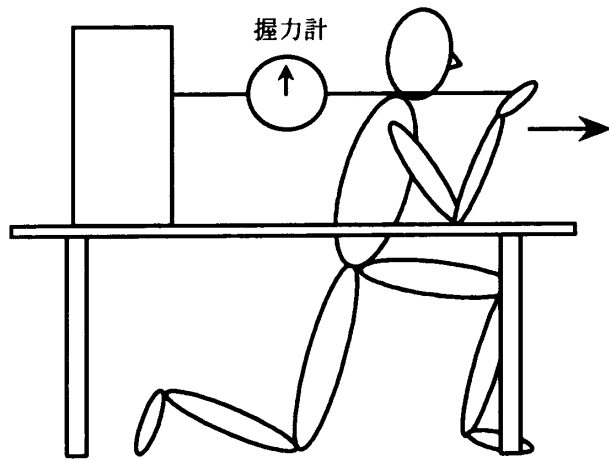


図1 上肢牽引力の測定姿勢

- ① 背筋力、反復横とび、垂直とび：文部省スポーツテスト実施要項¹⁾に基づいて実施した。
- ② 肩関節水平外転力と内転力：肩腕力計（ヤガミ社製）を胸の前で保持し、両手で引っ張る力を外転力、押す力を内転力とした。
- ③ 手掌屈力：手掌を上に向け、橈骨手根関節から先の部分がテーブルの外に出るように前腕をテーブルの上に置く、測定側の前腕が浮かないように、反対側の手で固定し、把手を中手指関節部分で握り、手首を掌屈させようとする力を測定した。握力計を利用した。
- ④ 上肢牽引力（図1を参照）：片膝を立てた姿勢を取り、腕を真横・水平に上げた位置から、そのまま肩関節を45度水平内転させて、上腕後面をテーブルに着ける。前腕を直立させた位置から、手首を固定させて前腕を前方に倒そうとする力を測定した。この測定では、肩関節の内旋、肘関節の伸展を合わせた総合的な筋力を評価することになるが、この筋力を上肢牽引力と定義した。握力計を利用した。
- ⑤ 肩関節伸展力：Clark²⁾の方法に従い、台上で仰臥姿勢を取らせる。そして側頭部に接するように測定腕を挙上させ、そこから肩関節を45度伸展させた姿勢で、ストラップを上腕の中央付近（肩峰と肘関節中心との中間付近）に上腕と直角になるように装着し、肩

関節を伸展させようとする力を測定した。測定腕の肘は直角に曲げ、頭・肩は浮かさないようにする。握力計を利用した。

- ⑥ 膝関節伸展力：背筋力計を利用して、水平式（片脚）²⁰⁾により測定した。

2) 遠投距離測定

十分なウォーミングアップの後、「全力で遠くまで投げてください」という指示のもと、遠投を5回実施した。測定には日本ソフトボール協会検定の3号ボールを使用し、日本体育協会スポーツ科学委員会の定める方法²⁰⁾により行ったが、測定は1 cm 単位とした。

3) ビデオ撮影

試技中の投動作を2台のビデオカメラにより側方と上方の2方向から同時に撮影した。側方からの撮影には、高速度ビデオカメラ（NAC, 200 fps）を使用し、投てきゾーンの中心点から投射方向に向かって、右側方30 mの地点から行った。上方からの撮影は、ビデオカメラ（National NV-FS70, 60 fps）を使用し、側方のカメラの光軸と直交するように投てきゾーンの中心点の真上6.8 mの地点から行った。上方から肩部と腰部の回転運動を正確にとらえるために、両肩峰に一辺3 cmの正方形のマークを、腰部には両腸骨稜を結ぶ線分に垂直になるように高さ20 cmの円錐を装着した。なお、2方向からの画像を同期させるために、フラッシュを写しこんだ。

4. ビデオ分析

各被検者につき最も大きな投距離を示した1試技につき動作分析を行った。ビデオ分析には、コンピューターを利用して画像を分析し、kinematicな変数を算出するものと、動作様式を観察的に評価するものが含まれた。

1) 座標解析

ビデオ画像をビデオプレイヤー（National NV-FS70）からパーソナルコンピューター（Sharp X68000PRO）に送り、スーパーインポーズ機能を用い、画像中の身体とボールの移動を座標の変化としてとらえた。側方からの画像に関しては、主動作とその前20フレーム後6フレーム

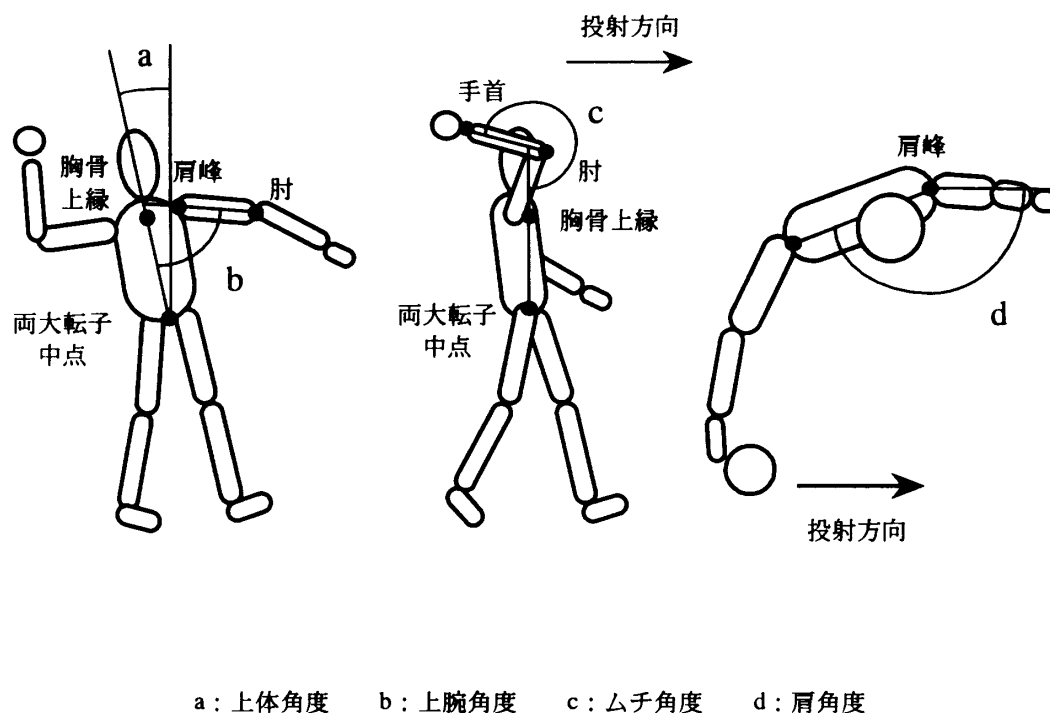


図2 身体角度の定義

を，上方からの画像に関しては主動作とその前6フレーム後2フレームを対象とし，分析点の座標を算出した．上方から撮影された1/60秒単位 of データをラグランジュの補間公式²⁸⁾を用いて1/200秒単位 of データに変換した．その後，データは5点移動平均法²²⁾により平滑化した．これらのデータより，①-⑭の変数を算出した．

なお，速度に関する変数を算出するに際しては，豊島ら³²⁾，石井・西畑¹⁰⁾の用いた方法にならない，側方と上方の2方向からのビデオ画像より三次元座標を合成し算出した．2方向からの画像の同期は，映し込まれたフラッシュとリリースポイントを参考にしながら行った．

速度以外の変数については2次元座標から算出した．すなわち，試技中の身体移動は，側方からのビデオ画像中では側方のカメラの光軸に垂直な面での座標の変化としてとらえ，上方からのビデオ画像中では上方のカメラの光軸に垂直な面での座標の変化としてとらえた．側方の画像からは①の投射高と変数③-⑨を，上方の画像からは変数⑩-⑭を算出した．

- ① ボールの投射初速度，投射角度，投射高（身長比）
- ② ボール，手首，肘，肩，腰（両腸骨稜を結ぶ線分の中点）の主動作中の最高速度．
- ③ スタンス長（主動作開始時での前足つま先から後足つま先までの距離．身長比で示した．）．
- ④ 主動作開始時とリリース時の上体角度（両大転子を結ぶ線分の中点を通り上方に伸びる鉛直線と，その中点と胸骨上縁を結ぶ線分がなす角度を上体角度とする．鉛直線より前方を正の角度，後方を負の角度とする．）．
- ⑤ 上体動作範囲角度（リリース時上体角度－主動作開始時上体角度）．
- ⑥ ムチ角度（投げ手肘が投げ手側の耳珠点を通過する時点での肘と手首を結んだ線分が両大転子を結ぶ線分の中点と胸骨上縁を結ぶ線分となす角度をムチ角度とした．）．星川⁹⁾は，ムチ動作を主動作前半で屈曲した肘関節が後半に一挙に伸展する動作と定義している．また，桜井²⁷⁾は，ムチ動作中に見られ

る肘関節の「伸展—屈曲—伸展」という一連の動作により、ボールの移動距離、あるいは関節の運動範囲が大きくなり、その結果、筋がパワーを発揮する時間とボールに力が加わる距離が伸び、ボールに大きなエネルギーを与えると指摘している。また、尾縣・市村²⁴⁾は、本研究と同定義のムチ角度と投射初速度には、有意な相関 ($r=0.510, p<0.001, n=164$) が認められたことを報告している。これらの報告から、肘関節の屈曲の程度を評価することにより、ムチ動作の習熟度を把握することができると考えた。

- ⑦ 主動作開始前後の自由手上腕角度の最大値（自由手側の肩峰と肘関節点を結ぶ線分と、両大転子を結ぶ線分の中点と胸骨上縁を結ぶ線分がなす角度を自由手上腕角度とした。）
- ⑧ 主動作開始時の投げ手上腕角度（投げ手側の肩峰と肘関節点を結ぶ線分と、両大転子を結ぶ線分の中点と胸骨上縁を結ぶ線分がなす角度を投げ手上腕角度とした。）
- ⑨ 上体角速度（主動作中の平均角速度）。
- ⑩ 最大バックスウィング時（肩を最も後方に回転させた時点）、主動作開始時、リリース時の肩角度（自由手側の肩峰から投射方向に平行に伸びる線分と両肩峰を結ぶ線分がなす角度を肩角度とする。）。
- ⑪ 最大バックスウィング時、主動作開始時、リリース時の腰角度（自由手側の腸骨稜から投射方向に平行に伸びる線分と両腸骨稜を結ぶ線分がなす角度を腰角度とする。）。
- ⑫ 最大バックスウィング時から主動作開始時まで（準備動作中）の肩・腰動作範囲角度。
- ⑬ 主動作中の肩・腰動作範囲角度。
- ⑭ 肩角速度と腰角速度（主動作中の平均角速度）。

2) 観察的評価

準備動作における脚動作と腕動作の観察的評価には尾縣・市村の方法²⁴⁾を用いた。

- ① 準備動作における脚動作の評価。評価4を4点、評価3を3点、評価2を2点、評価1を1点とした。その基準を簡単に示す

と次の通りである。

評価4：・完全なステップから投げる。完全なステップとは、空中にあるときに後足（右脚）の前への引き付けが十分なもの、投射方向に対して横向きの姿勢を保ち前進するもの、足の運びのリズムが滑らかなもの、というように完成度の高いステップを指す。

- ・投げ手と反対側の膝を高く引き上げて勢いをつけて、大きく一步を踏み出して投げる。

評価3：・不完全なステップから投げる。不完全なステップとは、空中にあるときに後足（右脚）の前への引き付けが不十分なもの、前進中に身体前面が投射方向に向いてしまうもの、足の運びのリズムが滑らかでないもの、というように完成度の低いステップを指す。

評価2：・2-3歩の歩行から投げる。

評価1：・足の踏み出しがなく、構えたままの足の位置で投げる。

- ・小さく一步投げ手と逆足を踏み出して投げる。
- ・ステップや歩行を用いても投げ手と同じ側の脚を踏み出して投げる。

- ② 準備動作における腕動作の評価。評価3を3点、評価2を2点、評価1を1点とした。その基準を簡単に示すと次の通りである。

評価3：肩を中心として手首を反時計回り（投げ手側から見た場合）に回しながら、しかも肘を伸展させながら、後方に引くバックスウィング

評価2：肘を曲げたまま上腕の外転と水平外転によるバックスウィング

評価1：肘を曲げたまま上腕の外転によるバックスウィング

脚と腕の動作の評価に関しては、指導あり投球

表3 遠投距離測定の結果と体力測定結果のトレーニング前後での比較

変数	指導あり投球練習群 (n=8)		指導なし投球練習群 (n=8)		コントロール群 (n=8)	
	前	後	前	後	前	後
遠投距離 (m)	24.38±4.92	30.38±4.83***	24.67±6.39	27.17±5.98	24.25±8.73	24.82±8.58
筋力 (kg)						
肩関節水平外転力	22.8±2.6	24.5±3.0	22.7±4.5	24.4±2.7	26.6±5.7	25.0±5.0
肩関節水平内転力	29.8±3.7	29.7±3.8	27.5±4.7	27.3±5.6	26.9±5.3	27.0±4.6
肩関節伸展力	16.0±3.1	17.8±4.3	18.0±3.1	18.1±3.5	18.4±4.0	19.7±3.8
上肢牽引力	12.7±2.5	13.4±2.8	12.5±3.6	14.9±2.4	13.1±2.9	13.4±2.6
手掌屈力	12.8±1.3	12.8±1.9	14.1±1.7	12.9±1.7	13.2±2.4	12.4±1.8
背筋力	97.1±2.0	106.9±15.1	97.5±12.6	98.8±4.9	107.6±13.9	100.5±10.5
膝関節伸展力	32.6±4.1	35.0±4.1	34.9±5.3	34.6±3.8	34.5±6.8	34.5±8.7
反復横とび (回)	40.4±3.2	41.8±2.7	41.0±3.4	42.3±3.6	41.3±2.1	40.9±2.8
垂直とび (cm)	47.6±5.3	50.1±5.9	50.9±4.6	48.8±5.4	46.6±5.1	49.2±2.8

***p<0.001

表4 ビデオ分析により得られた変数のトレーニング前後での比較

変数	指導あり投球練習群 (n=8)		指導なし投球練習群 (n=8)		コントロール群 (n=8)	
	前	後	前	後	前	後
投射初速度 (m/sec)	16.20±2.13	18.87±2.10**	16.61±2.61	17.58±2.46	16.59±3.28	16.81±3.21
投射角度 (deg)	32.9±4.5	33.0±4.4	31.9±3.8	31.2±5.4	30.9±6.6	30.5±6.0
投射高/身長	1.131±0.049	1.097±0.040	1.152±0.065	1.162±0.052	1.128±0.045	1.108±0.034
最高速度 (m/sec)						
手首	8.66±0.74	9.80±0.98*	9.31±1.04	9.29±0.91	9.04±1.10	8.94±1.07
肘	8.24±1.23	9.48±0.92*	8.17±1.13	8.44±0.89	8.02±0.93	8.37±1.11
肩	3.05±0.34	3.27±0.41	3.10±0.54	2.94±0.52	2.93±0.63	3.12±0.51
腰	2.27±0.30	2.88±0.44*	2.55±0.35	2.71±0.35	2.51±0.31	2.67±0.36
スタンス長 (身長比)	0.595±0.078	0.738±0.074*	0.603±0.050	0.612±0.042	0.638±0.063	0.665±0.053
身体角度 (deg)						
上体角度						
主動作開始時	-19.6±3.9	-23.7±3.1**	-18.2±6.4	-20.4±4.0	-18.4±8.7	-16.9±7.6
リリース時	-7.0±3.2	-4.8±6.1	-5.3±8.1	-6.2±7.9	-6.3±3.6	-3.7±3.0
動作範囲	12.6±5.5	18.9±8.0	12.9±8.1	14.2±7.7	12.1±10.7	13.2±8.3
ムチ角度	230.4±19.6	257.1±19.2**	245.5±24.6	245.4±25.7	235.6±24.1	235.6±25.8
自由手上腕角度	42.0±26.2	55.5±20.8	43.7±24.6	57.6±24.3	51.7±23.5	54.3±16.4
投げ手上腕角度	70.5±18.4	76.7±11.4	70.4±23.6	62.1±27.2	70.2±16.5	75.0±20.0
角速度 (rad/sec)						
主動作中上体	1.01±0.46	1.72±0.76	1.00±0.60	1.14±0.67	1.03±0.92	1.40±0.77
準備動作の評価						
脚動作	3.0±0.4	4.0±0.0***	3.2±0.5	3.6±0.4	3.5±0.9	3.4±0.9
腕動作	2.3±0.1	3.0±0.0*	2.4±0.5	2.5±0.5	2.6±0.7	2.6±0.7

***p<0.001 **p<0.01 *p<0.05

練習群の指導を行った者とは別の2名の投運動経験の豊富な指導者があたり、ビデオを観察しながら合議により決定した。

4. 統計処理

被検者の特性に関しては、平均値を比較するために、3群間で分散分析を行い、有意なF値を得られたものに関しては、LSD法³⁰⁾より多重比較を行った。また、トレーニング効果の有意差検定には、T-test(対応あり)を用いた。なお、5%を有意水準の基準とした。

結 果

表3は、トレーニング前後の遠投距離と体力測定の結果を示したものである。遠投距離は、指導あり投球練習群が6.00 m ($p < 0.001$)、指導なし投球練習群が2.50 m (n.s.)、コントロール群

0.57 m (n.s.)の向上を示した。参考までに、有意な向上が認められた指導あり投球練習群では被検者8名全員が投距離の伸びを示し、この伸びは実測値にして2.91-9.26 m、率〔(トレーニングによる投距離の伸び/トレーニング前の投距離)×100〕にして9.1-46.7%という範囲のものであった。体力要因は、指導あり投球練習群、指導なし投球練習群、コントロール群ともに有意な変化が認められなかった。

表4・5は、トレーニング前後で行った投動作のビデオ分析の結果を示したものである。ビデオ分析項目は、両投球練習群に有意な変化が認められた。指導あり投球練習群においては多くの項目で有意な変化が認められており、0.1%水準では準備動作での脚動作評価、1%水準では投射初速度、主動作開始時上体角度、ムチ角度、準備動作肩動作範囲角度、主動作肩動作範囲角度、5%水

表5 上方からのビデオ分析により得られた変数のトレーニング前後での比較

変数	指導あり投球練習群 (n=8)		指導なし投球練習群 (n=8)		コントロール群 (n=8)	
	前	後	前	後	前	後
角度 (deg)						
最大バックスウィング時						
肩	200.9±15.5	229.5±18.3*	197.1±20.1	203.4±28.1	214.4±21.5	211.3±24.9
腰	191.9±15.0	196.3±13.8	177.2±15.6	173.2±18.3	182.2±22.9	185.7±18.4
主動作開始時						
肩	191.6±12.4	202.0±18.7	187.3±24.3	193.8±21.5*	200.2±19.4	193.5±23.7
腰	178.0±10.4	171.5±15.1	171.1±21.6	167.9±12.2	171.1±15.8	170.2±16.8
リリース時						
肩	70.8±6.7	61.0±9.3*	66.7±12.0	56.5±10.8*	72.3±7.4	67.8±12.2
腰	81.6±12.6	79.2±9.6	78.1±13.8	70.7±13.1	81.8±5.1	82.5±10.3
動作範囲角度 (deg)						
準備動作中						
肩	9.3±10.1	27.5±9.5**	9.8±10.0	9.6±14.6	14.2±8.0	17.8±10.3
腰	13.9±8.5	24.8±11.9	6.1±8.2	5.3±8.1	11.1±6.1	15.5±11.3
主動作中						
肩	120.8±17.4	141.0±21.9**	120.6±26.5	137.3±27.9**	127.9±23.2	125.7±28.1
腰	96.4±18.2	92.3±19.8	93.0±25.8	97.2±16.2	89.3±19.4	87.7±21.9
主動作中角速度 (rad/sec)						
肩	9.80±1.97	12.68±1.25*	9.11±1.92	10.06±1.87	10.73±2.13	11.70±2.07
腰	7.79±1.96	8.30±1.28	7.03±2.00	7.51±1.42	8.33±2.05	8.36±1.64

** $p < 0.01$ * $p < 0.05$

準では手首最高速度、肘最高速度、腰最高速度、スタンス長、準備動作での腕動作評価、最大バックスウィング時肩角度、リリース時肩角度、肩角速度に有意差が認められた。指導なし投球練習群では、1%水準で主動作肩動作範囲角度、5%水準で主動作開始時肩角度、リリース時肩角度に有意な変化が認められた。

考 察

1. 指導あり投球練習群における効果

投運動における準備動作は、後に続く主動作に大きな影響を及ぼすと考えられている。尾縣・市村²⁴⁾は、準備動作中の脚と腕の動作の形態は、スタンス長、腰最高速度、投げ手側の肩の後方への引き、上体の後傾などの後に続く動作要因に影響を及ぼし、その結果、投のパフォーマンスに強く関与していると報告している。この報告に加え、投運動学習経験の少ない成人女性に投運動を指導する場合、準備動作から指導することが有効であるという指摘²³⁾を参考にして、指導あり投球練習群の指導プログラムでは準備動作から主動作開始時にかけての動作の改善にポイントをおいた。その結果、準備動作中の脚動作と腕動作ともに有意な変化が見られ、また準備動作の結果と考えられる腰最高速度、スタンス長、主動作開始時上体角度にも変化が認められた。このうち、腰最高速度は投射初速度を規定する要因であると考えられているため²⁴⁾、ステップ中の脚動作の評価が高くなったことは直接的に遠投距離に影響を及ぼしたものと推測できる。

また、星川⁹⁾は、女子の投動作の巧拙の基準として、身体の捻りによる力の利用をあげているが、指導あり投球練習群には身体の捻りと関連が深いと考えられる肩の回転にもトレーニング効果が見られた。接地時（主動作開始時）では有意な差が見られていないが、最大バックスウィング時の肩角度は28.6 deg 大きくなっており、トレーニングによりバックスウィングで肩を後方に大きく引くようになったことが分かる。その結果、主動作開始時までの回転角度（準備動作肩動作範囲角度）も18.2 deg も大きくなっており、これが、

主動作中の速い肩の回転に結び付いたと考えられる²³⁾。そして、石井ら¹⁰⁾の体幹の回転により生じる肩、肘、手首の最高速度の出現の時間的ずれがムチ運動の原因であるという指摘、尾縣・市村²⁴⁾の肩の回転がムチ動作へつながるという指摘から、本研究においてムチ角度に有意な変化が認められたのは、肩の回転速度が高まったところによるものと推測できる。これらの一連の変化は、準備動作中（ステップ中）の腕と脚の動作が習熟したことに端を発するものだと考えることができる。

また、トレーニングによる手首最高速度の増加(8.66 m/sec→9.80 m/sec)に比較し、投射初速度の増加(16.20 m/sec→18.87 m/sec)は大きいことから、スナップ動作によるボールへの加速が大きくなったものと考えられる。腕をムチと想定した場合、手はムチの端にあるため、ムチ動作が巧みな場合にはスナップ動作は効率良く行えるという Borer の指摘¹⁾と、スナップ動作と関係があると推測できる手掌屈曲力に有意な変化が認められないという本研究の結果から、指導あり投球練習群のスナップ動作の変化はムチ動作の変化に影響を受けていると考えられる。

これまでに成長過程にある男女には、指導によりオーバーハンスローに改善がみられるという幾つかの報告があった^{4,5,14,25)}。また、平野・浅見⁸⁾は、特別な投指導を受けたことのない男子大学生9名に週2回、1回30分、20-30球程度の投球練習を1年間、指導者の指導のもと続けたところ、初速度には有意な伸びが見られなかったが、上肢・下肢の運動のタイミングには随所に改善が認められたと報告している。ところが、成人女性には投運動のトレーニングを課しても投動作の習熟が期待できないと考えられていた¹⁷⁾。しかしながら本研究の結果から、指導あり投球練習群のトレーニングは、投射初速度を高め、遠投距離を伸ばすものであることが判明した。本研究の指導あり投球練習群のトレーニングのように成人女性のオーバーハンスローの特徴と動作間の因果関係を踏まえ、準備動作から系統立てて指導することで成人女性でも投能力を伸ばすことができ

るものと考えられる。

2. 指導なし投球練習群における効果

指導なし投球練習群の遠投距離は2.50 m 伸びたが、有意なものではなかった。また、投射初速度、最高速度にも有意な変化は認められなかった。投動作では、主動作開始時の肩角度が6.5 deg 大きくなり、リリース時の肩角度が10.2 deg 小さくなり、その結果として主動作肩動作範囲角度が16.7 deg 大きくなったことだけがトレーニング効果として認められる。これは、より後方に投げ手側の肩を引いた姿勢で主動作に移行して、より広範囲にわたり肩を回転させて、リリースしたことを意味している。しかし、これは効率の良いムチ動作を導くと考えられている速い肩の回転(肩角速度)²⁴⁾にはつながっておらず、投距離を向上させるという点からは有効な変化とは判断できない。

ボールを全力で投げるトレーニングでは、投動作を変容させるまでには至らず、遠投距離の伸びも有意なものではなかった。これは、成人女子が指導を受けずにボールを投げるだけのトレーニングを行ったところ、遠投距離も投動作にも改善が認められなかったとする水野ら¹⁷⁾の報告と一致するものである。しかし、本研究で設定した指導あり投球練習群では遠投距離と投動作ともに有意な変化が認められたことから、1回20球、1週間に3回、4週間という同じ投球練習を行っても、的確な技術指導を受けるか否かで、トレーニング効果には大きな差が生じるといえる。

要 約

これまでに特別な投運動学習の経験を持たない成人女性24名を、言語教示や示範による技術指導を受けながら遠投の練習を行った群(指導あり投球練習群)、指導を受けず遠投の練習を行った群(指導なし投球練習群)およびコントロール群の3グループに分けた。4週間、月・水・金曜日の週3回のトレーニングを課し、その前後で体力測定と投動作のビデオ分析を行い、それぞれのトレーニング効果を明らかにすることにより、成

人女性の投能力向上の可能性を検討するとともに、効果的なトレーニングについて検討した。

主な結果は次の通りであった。

- 1) 遠投距離は、指導あり投球練習群が6.00 m ($p < 0.001$)、指導なし投球練習群が2.50 m (n.s.)、コントロール群0.57 m (n.s.) の変化が認められた。有意な向上が認められた指導あり投球練習群では被検者8名全員が伸びを示し、この伸びは実測値にして2.91-9.26 m、率にして9.1-46.7%という範囲のものであった。
- 2) 指導あり投球練習群では準備動作中の脚動作と腕動作に有意な変化が見られ、また準備動作に強い影響を受けると考えられる腰最高速度、スタンス長、主動作開始時上体角度にも変化が認められた。また、最大バックスウィング時の肩角度は有意に大きくなっており、主動作中の肩の回転も速くなった。この速い肩の回転がムチ動作へつながり、ムチ動作がスナップ動作を強くし、投射初速度を高めたものと推測できる。
- 3) 指導なし投球練習群では投射初速度、最高速度には有意な変化は認められなかった。投動作では、主動作開始時の肩角度が大きくなり、リリース時の肩角度が小さくなり、その結果として肩動作範囲角度が大きくなったことがトレーニング効果としてあげられる。

注

- 注1) 一般体育を受講している女子大学生56名に2回ずつ全項目の測定を行わせ、再テスト法¹³⁾により測定項目の信頼性係数を算出した結果、0.982-0.926の範囲にあり、信頼性の高い測定であることが認められた。また、体力測定項目と遠投距離との間の相関係数を算出した結果、0.1%水準で上肢牽引力、背筋力、膝関節伸展力、反復横とび、1%水準で肩関節伸展力、握力、手掌屈曲力、垂直とび、5%水準で肩関節水平外転力、肩関節水平内転力との間に有意性が認められ、妥当性の高い測定であることが確かめられた。

文 献

- 1) フロアー(宮畑虎彦訳)、身体運動学の力学、ベ

- ースボールマガジン社：東京，1964． p. 186.
(Broer, M. R., Efficiency of human movement, Saunders Company: Philadelphia, 1960.)
- 2) Clark, H. H. (1948) Objective strength tests of affected muscle groups involved in orthopedic disabilities. Res. Quart. 19: 118-147.
- 3) Dohrmann, P. (1964) Throwing and kicking ability of 8-year-old boys and girls. Res. Quart. 35: 464-471.
- 4) Dusenberry, L. (1952) A study of the effect of training in ball throwing by children ages three to seven. Res. Quart. 23: 9-14.
- 5) 深代千之・稲葉勝弘・小林規・宮下充正 (1982) 幼児にみられる投能力の発達. Jpn. J. Sports Sci. 1: 231-236.
- 6) Glassow, R. B and Kruse, P (1960) Motor performance of girls age 6 to 14 years. Res. Quart. 31: 426-433.
- 7) 平野裕一・橋原勝 (1984) 投能力に影響を及ぼす等速性筋出力の検討. 第7回日本バイオメカニクス学会大会論文集. pp. 213-218.
- 8) 平野裕一・浅見俊雄 (1988) 野球の投動作とその指導. 体育の科学 38: 93-100.
- 9) 星川保 (1982) 大きさと重さの異なるボールの投げ. J. J. Sports Sci. 1: 104-109.
- 10) 石井喜八・西畑賢次 (1987) 投動作の3次元分析と熟練度の比較—女子ハンドボール選手のオーバーハンドスロー—. 第8回日本バイオメカニクス学会大会論文集, pp. 192-195.
- 11) 松島茂善・石河利寛・松田岩男 (1963) スポーツテスト. 第一法規出版：東京, pp. 153-156.
- 12) 松浦義行 (1982) 体力の発達. 測定法. 朝倉書店：東京, pp. 115-122.
- 13) 松浦義行 (1983) 体力測定法. 朝倉書店：東京, pp. 44-49.
- 14) 宮丸凱史・平木場浩二 (1982) 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)—投動作様式の発達とトレーニング効果—. 体育科学 10: 111-124.
- 15) 宮下充正・桜井伸二・齊田ゆかり (1977) 幼児にみられるボール投げの練習効果. 昭和52年度日本体育協会スポーツ科学研究報告：32-33.
- 16) Miyashita, M. T., Tsunoda, S., Sakurai, S., Nishizono, H. and Mizuno, T. (1980) Muscular activities in the tennis serve and overhand throwing. Scan. J. Sports Sci. 2: 52-58.
- 17) 水野忠和・角田俊幸・辻博明・宮下充正 (1976) 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：24-28.
- 18) 長見真・嘉戸脩 (1993) 中高年者のスポーツ・キャリアパターンに及ぼす体育授業経験の影響. 東京学芸大学紀要第5部門 45: 173-180.
- 19) Nelson, K. R., Tomas, J. R. and Nelson, J. K. (1981) Longitudinal change in throwing performance: Gender differences. Res. Quart. Exerc. Sports 62: 105-108.
- 20) 日本体育協会スポーツ科学委員会編 (1982) 体力テストガイドブック. ぎょうせい：東京, pp. 88-108.
- 21) 西園秀嗣 (1985) 巧みな腕の運動と筋活動. Jpn. J. Sports Sci. 4: 249-257.
- 22) 沼倉三郎 (1956) 測定値計算法. 森北出版：東京, pp. 262-269.
- 23) 尾縣貢・関岡康雄 (1995) 特別な投運動学習経験のない成人女性のオーバーハンドスロー動作の特徴. 体育学研究 39: 350-362.
- 24) 尾縣貢・市村操一 (1995) パス解析を用いたオーバーハンドスロー動作の検討：成人女性を対象として. 体育学研究 40: 170-180.
- 25) 奥野暢通・後藤幸弘・辻野昭 (1989) 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文集, pp. 119-125.
- 26) 桜井伸二・宮下充正 (1982) 子どもにみられるオーバーハンド投げの発達. Jpn. J. Sports Sci. 1: 152-156.
- 27) 桜井伸二 (1991) 投げる科学. 大修館書店：東京, pp. 83-84.
- 28) 篠崎寿夫・松下祐輔 (1976) 応用数値計算法入門 (上). コロナ社：東京, pp. 227-230.
- 29) Spreitzer, E and Synder, E. E. (1976) Socialization into Sport: An Exploratory Path Analysis. Res. Quart. 47: 238-245.
- 30) 田中敏・山際勇一郎 (1989) ユーザーのための教育・心理学統計と実験計画法. 教育出版：東京, pp. 92-104.
- 31) Tompson, C. W. and Martin, E. T. (1965) Weight training and baseball throwing speed. J. Association for Physical and Mental Rehabilitation 9: 194-196.
- 32) 豊島進太郎・三浦望慶・池上康男 (1976) 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：34-47.
- 33) 豊島進太郎 (1980) ボール投げと体幹のひねり. 体育の科学 30: 478-482.
- 34) 角田俊幸・稲葉勝弘・宮下充正 (1976) 投能力の発達. 昭和51年度日本体育協会研究報告：13-23.

(平成7年9月20日受付)
(平成8年3月16日受理)