

女子中学生を対象とする投能力向上のための 学習プログラムの効果と課題

関 慶太郎¹⁾・松原 拓矢²⁾・井川 純一³⁾・長野 友紀³⁾・青山 清英¹⁾

I. 緒 言

学校教育における保健体育の授業では、ボールを扱う運動である「球技」は全学年で取り扱う領域であり（文部科学省，2017），ボールを投げるという運動を避けることはできない。したがって，投能力の巧拙は保健体育の授業において実施される球技を楽しむことができなかつたり，授業に積極的に参加できなかつたりする原因になることが懸念される。また，投運動の中でもオーバーハンド型の投運動は，保健体育の授業において実施される球技の中でも頻繁に用いられる運動形態と考えられるが，桜井（1992）は投げの発達の観点からみて，このタイプの投運動は最も後期に獲得される技術であると述べている。そもそも，投運動はウォーキングやランニング，ジャンプのような運動とは異なり，身体の発達過程に応じて一定の水準まで習得されるといったことは稀であり，その習得には過去の運動経験が大きく影響すると言われている（桜井，1997）。これらのことを考慮すると，投運動は，どの生徒にとっても容易に行える運動とは言い難く，習得が難しい運動であると言えよう。

近年の新体カテストの結果（スポーツ庁，2018）をみても，全体的な体力水準は年々向上しているのに対して，ボール投の記録は年々低下傾向にあることがわかる。このようなことの原因として，投運動を経験する機会の減少が挙げられる。中村（1999）は，遊びの形態が屋外から屋内へと変化し，戸外での遊び時間が減少していることを報告しており，これは投運動を経験する機

会の減少を示唆するものである。ゲームやスマートフォンの発達によって子供の遊びの形態が変化したことに加えて，公園や広場でのボール遊びが禁止されていることも珍しくないことを鑑みると，学校教育におけるボールを投げる経験が投能力の維持・向上に非常に大きな役割を担っていることが推察される。

一方で，投運動の指導に苦手意識を持っている教員が少なくないのも事実である（大矢・新保，2016）。生徒の指導を行う際には，教員の知識や運動経験をもとに指導を行う教員が多いと考えられるが，教員自身が専門としない運動や場合によっては経験のない運動であっても指導することが求められる。投運動の経験のない保健体育の教員は非常に稀な存在であると予想されるが，投運動に苦手意識のある教員が少なくないのは理解に難くない。そのような教員にとって，習得が難しいと言われる投運動を限られた授業時間内で指導し，投能力を向上させることは非常に難しいことであることが推察される。

このような現状を踏まえて，尾縣ほか（2001）は小学生を対象に，投能力改善のための学習プログラムを提案している。この学習プログラムでは教員に専門的な知識や能力がなくても実施できることを念頭に作成されており，投運動に苦手意識のある教員でも実施し易いよう考慮されたものである。また，学習者である生徒の能力にも依存せず，誰もが実施できる内容で構成されている。尾縣ほか（2001）はこのような学習プログラムを実施した結果，小学2・3年生の児童の投能力向上に有効であったことを報告している。また，関ほ

か(2019)は、尾縣ほか(2001)の提案を基に改良を加えて作成した学習プログラムを女子中学生231名に対して実施し、投能力が有意に向上したことを報告している。しかしながら、どちらの研究においても、すべての被験者の投能力が向上したわけではなく、十分な効果が得られなかった者がいたのも事実である。指導の現場では、統計的に有意な向上が認められれば良いわけではなく、すべての児童や生徒ができない運動ができるようになることやその能力が向上することを目指す必要があると考えるのであれば、これらの学習プログラムによって十分な効果が得られなかった者についても検討が必要と考えられる。そこで、本研究では、投能力向上のための学習プログラムによって投能力が向上した者と低下した者の差異をバイオメカニクスの観点から明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、東京都立A中学校の女子生徒231名であった。本研究の被験者は筆者らの先行研究(関ほか, 2019)と同一である。全被験者(231名)の学習プログラム実施前(Pre)と実施後(Post)の投擲距離を比較し、記録の伸びが最も大きかった20名と記録の低下が最も大きかった20名を抽出し、本研究の分析対象者とした。したがって、関ほか(2019)とは異なる被験者が分析対象者となっている。ただし、投擲距離に関しては、後述の方法で全被験者のボール中心をデジタルサイズし、得られたデータから算出した理論距離を用いた。

実験参加に先立ち、研究の目的、方法、実験参加に伴う安全性に関して学校長および学級担任に十分な説明を行った後、生徒およびその保護者から実験参加の同意を得た。また、本研究は授業内で実施した実践的研究のため、時間の制約や倫理的配慮から対照群を設定することができなかったことは筆者らの先行研究(関ほか, 2019)と同様である。

2. 学習プログラム

本研究で用いた学習プログラムは、関ほか(2019)に示した通り、次の6つの教材で構成されている。

- ①体重移動を意識した投げ(尾縣ほか, 2001)
- ②上肢の大きな外転動作からの投げ(尾縣ほか, 2001)
- ③サイドステップからの投げ(尾縣ほか, 2001)
- ④紙鉄砲(細井ほか, 2004)
- ⑤バトン投げ(尾縣ほか, 2001)
- ⑥遠投

学習プログラムは、尾縣ほか(2001)が提案した4つの教材(①, ②, ③, ⑤)に2つの教材(④, ⑥)を加えて作成した。教材①は、準備動作から主動作中の体重移動の感覚を養うとともに、全身を使ってボールを投げる感覚を養うことをねらいとしている(尾縣ほか, 2001)。教材②は、主動作で肘がボールよりも先行し、リリース前に一気に前腕が振り出される動作(ムチ動作)を引き出すことをねらいとしている(尾縣ほか, 2001)。教材③は、準備動作における脚の動作を習熟させることや、主動作における下肢と上肢の動きの連結を円滑にすることをねらいとしている(尾縣ほか, 2001)。教材④は、手首のスナップを上手く使うことで音が鳴る遊びであり、手軽に楽しくスナップ動作を身に付けることをねらいとしている(細井ほか, 2004)。紙鉄砲を鳴らすことでリリース時のスナップ動作を習得することをねらいとしている。教材⑤は、バトンを縦にできるだけ多く回転させて投げることで、スナップ動作を強調させることをねらいとしている(尾縣ほか, 2001)。また、主動作の全習法としてのねらいも合わせもっている(尾縣ほか, 2001)。教材⑥は、学習プログラム全体のまとめとして行う。これらの教材を約2ヶ月間にわたって、保健体育の授業内で1時間あたり約10分間ずつ実施した。1時間目はオリエンテーションとして、6つの教材の説明を行った。前半の3時間は教材①と②を、後半の4時間は教材③, ④, ⑤を行わせ、最後の時間に教材⑥を実施した。

3. 撮影およびデータ処理

学習プログラムの効果を検証するための測定は、学習プログラムの前後にハンドボール投の測定を行った。投動作は、動作自由度の大きな上肢を素早く動かす3次元動作であると言われている(小林ほか, 2012)が、本研究は授業時間内での実施のため、時間や設備の制約が大きく、3次元分析を行える測定は実施できなかった。そのため、矢状面における動作のみを分析対象とした。しかし、学習プログラムの効果は2次元動作分析で十分に検証可能であると考えられ、先行研究(尾縣ほか, 2001)も2次元動作分析でその効果を検証している。

矢状面の投動作はハイスピードカメラ(GC-P100, JVCケンウッド, 神奈川)を用いて側方から300 fpsで撮影した。撮影された映像をもとに、ボール中心, 頭頂, 耳珠点, 胸骨上縁および左右の手先, 手, 肘, 肩峰, つま先, MP関節, 踵, 外顆, 膝関節, 大転子の計24点をFrame-DIAS V (DKH, 東京)を用いて100 Hzでデジタル化した。本実験では、運動を行っている平面とカメラの光軸が完全に直行する位置にカメラを設置できなかったため、試技に先立って撮影したコントロールポイントの座標を用いて2次元DLT法によって実長換算した。実長換算した座標値は、座標成分ごとにWells and Winter (1980)の残差分析方で決定した最適遮断周波数(2-14 Hz)を用いて、Butterworth low-pass digital filterによって平滑化した。平滑化された座標値を時間微分することによって、各分析点の速度を算出した。

ボール中心の位置座標をもとに、次の通りリリースパラメータを求めた。投射速度は、リリース時のボール中心の速度とした。投射角度はリリース時の速度ベクトルが水平面となす角とした。投射高はボール中心の鉛直座標とした。投擲距離は、次式によって求めた。

$$L = \frac{1}{g} V \cos \theta \left(V \sin \theta + \sqrt{(V \sin \theta)^2 + 2gh} \right) \dots \dots \dots \text{(Eq. 1)}$$

ここで、Lは投擲距離、Vは投射速度、 θ は投射角度、gは重力加速度、hは投射高を示す。ま

た、ボール速度は、身体各部の相対速度を用いて次式で示すことができる(田内ほか, 2006)。

$$V_{ball} = V_{ball/wrist} + V_{wrist/shoulder} + V_{shoulder/hip} + V_{hip} \dots \dots \dots \text{(Eq. 2)}$$

ここで、 V_i は部分iの速度、 V_{ij} は部分jに対するiの相対速度、ballはボール中心、wristは手関節、shoulderは肩、hipは股関節を示す。この式をもとに、ボール速度に対する身体各部の貢献として、身体各部の相対速度を算出した。

本研究では、左右の足が地面に接地した瞬間(両足接地)から、ボールが手から離れる瞬間(リリース)までを投げ局面とし、時系列のデータは投げ局面が100%となるように規格化した。

4. 統計処理

すべての変数は平均値±標準偏差で示した。PreとPostとの間および向上群と減少群との間の各種変数の比較は二元配置分散分析を用いた。有意な交互作用が認められた場合には、単純主効果検定およびBonferroni法の多重比較を行った。交互作用が有意でなかった場合には、Bonferroni法の多重比較を行った。なお、有意確率は危険率5%未満で判定した。

III. 結果

Table 1には両群のPreとPostにおける投擲距離およびリリースパラメータを示した。Preにおける投擲距離は、向上群で10.0±2.4m, 減少群で13.5±3.4mであり、向上群は減少群と比較して有意に小さい値を示した。Postにおける投擲距離は、向上群で16.1±3.1m, 減少群で11.7±3.4mを示した。Postにおける投擲距離は、向上群で16.1±3.1m, 減少群で11.7±3.4mであり、向上群は減少群と比較して有意に大きい値を示した(Table 1)。また、向上群はPreと比較して有意に投擲距離が向上しており、減少群は有意に減少した(Table 1)。Preにおける投射速度は、向上群で10.1±1.9m·s⁻¹, 減少群で11.2±1.4m·s⁻¹であり、両群間に有意差は認められなかった(Table 1)。Postにおける投射速度は、向上群で12.3±1.5m·s⁻¹, 減少群で10.0±1.6m·s⁻¹であり、向上

Table 1 Mean (\pm SD) throwing distance and release parameters and results of ANOVA.

Variables	Pre		Post		Interaction	Multiple comparison
	Increase	Decrease	Increase	Decrease		
Throwing distance (m)	10.0 \pm 2.4	13.5 \pm 3.4	16.1 \pm 3.1	11.7 \pm 3.4	417.08***	$I_{pr} < I_{po}$, $D_{pr} > D_{po}$, $I_{pr} < D_{pr}$, $I_{po} > D_{po}$
Release velocity ($m \cdot s^{-1}$)	10.1 \pm 1.9	11.2 \pm 1.4	12.3 \pm 1.5	10.0 \pm 1.6	23.74***	$I_{pr} < I_{po}$, $D_{pr} > D_{po}$, $I_{po} > D_{po}$
Release angle (deg)	32 \pm 9	29 \pm 6	31 \pm 7	31 \pm 6	1.16	
Release height (m)	1.84 \pm 0.97	1.88 \pm 0.10	1.92 \pm 0.09	1.95 \pm 0.11	0.11	Pre < Post

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$; I_{pr} : increase group at pre, I_{po} : increase group at post, D_{pr} : decrease group at pre, D_{po} : decrease group at post.

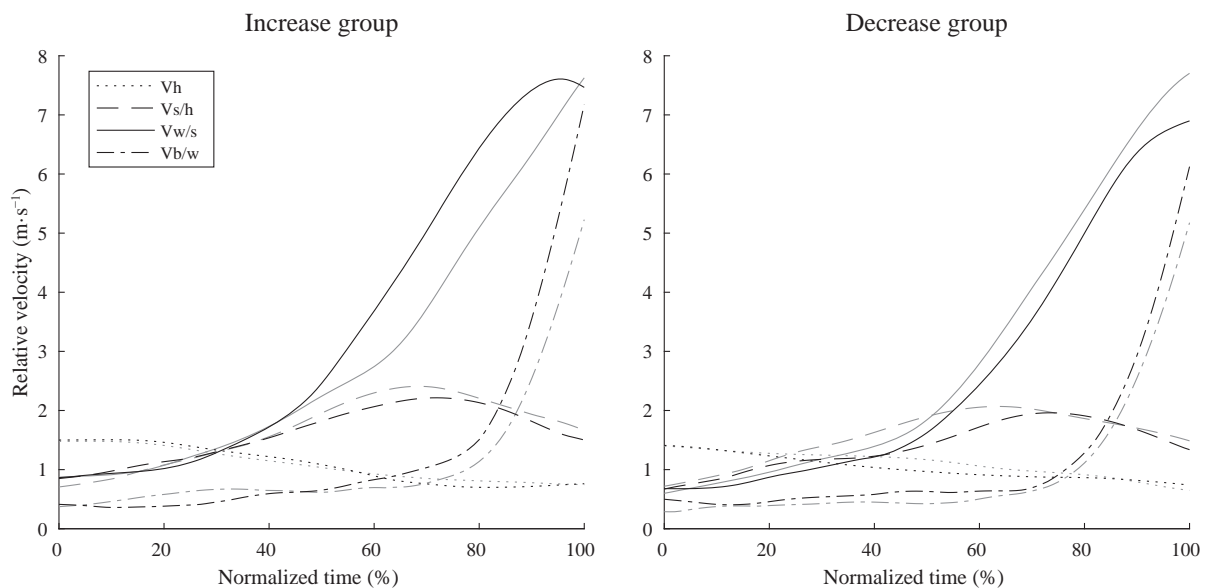


Figure 1 Average patterns of relative resultant velocities of each body segment during throwing phase. Grey and black lines show pre and post measurement, respectively.

群は減少群と比較して有意に大きい値を示した (Table 1)。また、向上群の投射速度はPreと比較してPostで有意に大きい値を示したのに対して、減少群ではPreと比較してPostで有意に小さい値を示した (Table 1)。投射角度には有意な交互作用は認められず、Pre、Post間および両群間には有意差は認められなかった (Table 1)。投射高には有意な交互作用は認められず、Preと比較してPostで有意に大きい値を示した (Table 1)。

Figure 1は両群の投げ局面における身体各部の相対速度の変化を示したものである。向上群についてみると、投げ局面後半の $V_{wrist/shoulder}$ と $V_{ball/wrist}$ はPreと比較してPostで大きい値を示す傾向が認められた。一方、投げ局面後半の $V_{shoulder/hip}$ や V_{hip} はPreと比較してやや小さい値を示す傾向

が認められた。減少群についてみると、投げ局面後半における $V_{ball/wrist}$ はPreと比較してやや大きい値を示す傾向が認められたものの、 $V_{wrist/shoulder}$ は投げ局面後半において、 $V_{shoulder/hip}$ は投げ局面中盤においてPreと比較してPostで小さい値を示す傾向が認められた。

Table 2は身体各部の相対速度の最大値を示した。Preにおける $V_{shoulder/hip}$ は向上群で $2.67 \pm 0.61 m \cdot s^{-1}$ 、減少群で $1.53 \pm 0.33 m \cdot s^{-1}$ を示した。Postにおける $V_{shoulder/hip}$ は、向上群で $2.51 \pm 0.65 m \cdot s^{-1}$ 、減少群で $2.53 m \cdot s^{-1}$ を示した。減少群の $V_{shoulder/hip}$ は、Preと比較してPostで有意に大きい値を示した (Table 2)。

Table 2 Mean (\pm SD) kinematic parameters and results of ANOVA.

Variables	Pre		Post		Interaction	Multiple comparison
	Increase	Decrease	Increase	Decrease		
Maximal V_{hip} ($m \cdot s^{-1}$)	1.67 \pm 0.34	1.53 \pm 0.33	1.67 \pm 0.31	1.57 \pm 0.39	0.091	
Maximal $V_{shoulder/hip}$ ($m \cdot s^{-1}$)	2.67 \pm 0.61	1.53 \pm 0.33	2.51 \pm 0.65	2.53 \pm 0.51	12.75**	$D_{pr} < D_{po}$
Maximal $V_{wrist/shoulder}$ ($m \cdot s^{-1}$)	7.76 \pm 1.22	7.82 \pm 1.56	7.93 \pm 0.95	7.07 \pm 1.48	5.14*	$D_{pr} > D_{po}$, $I_{po} > D_{po}$
Maximal $V_{ball/wrist}$ ($m \cdot s^{-1}$)	5.23 \pm 1.57	5.18 \pm 1.47	7.18 \pm 1.67	6.12 \pm 1.72	3.20	Pre < Post

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$; I_{pr} : increase group at pre, I_{po} : increase group at post, D_{pr} : decrease group at pre, D_{po} : decrease group at post.

IV. 考 察

本研究の目的は、投能力向上のための学習プログラムによって投能力が向上した者と低下した者の差異をバイオメカニクスの観点から明らかにすることであった。231名の女子中学生を対象に、投能力向上のための学習プログラムを保健体育の授業内で実施し、その前後のハンドボール投の動作を測定した。筆者らの先行研究（関ほか、2019）では、本学習プログラムが女子中学生の投能力を有意に向上させることを明らかにしたものの、実際には投擲距離が向上しなかった被験者がいたことも事実である。そこで、本研究では231名の被験者の中から、投擲距離の向上が最も大きかった20人（向上群）と減少が最も大きかった20人（減少群）を抽出し、2群間の投擲動作を比較することで、減少群の被験者が本学習プログラムで十分な効果が得られなかった原因について検討することを試みた。両群の投擲距離を比較すると、Preでは向上群と比較して減少群が有意に大きい値を示したが、Postでは向上群と比較して減少群が有意に小さい値を示した。これらに有意差が認められたことから、本研究の目的を達成するために妥当な被験者を分析対象者として抽出できたと考えられる。

投擲距離が変化した要因を検討するため、リリースパラメータについてみると、投射速度は向上群ではPreと比較してPostで有意に大きい値を示し、減少群ではPreと比較してPostで有意に小さい値を示した。一方、投射角度と投射高には有意な交互作用が認められなかった。筆者らの先行研究において、この学習プログラムによって投擲距離が向上した主な要因は投射速度の増加で

あることが報告されている（関ほか、2019）。これまでの投運動を取り扱った先行研究（e.g., 田内ほか、2007）においても、投射速度は投擲距離を決定する最も重要な要因であることが報告されている。これらのことから、本研究の両群間の違いは、投射角度や投射高による影響はごく僅かであり、投射速度の違いが主な要因であったことが示唆された。

投射速度の変化に違いが生じた原因を検討するため、身体各部の相対速度の変化について検討していく。ボールに近い部位から順にみていくと、 $V_{ball/wrist}$ には有意な交互作用は認められず、両群ともにPreと比較してPostで有意に大きい値を示した。この結果は、両群ともに学習プログラムを通して手関節および手部の運動によって獲得した速度が大きくなったことを示唆している。次に、 $V_{wrist/shoulder}$ は減少群ではPreと比較してPostで有意に小さい値を示したが、向上群には有意差は認められなかった。また、 $V_{shoulder/hip}$ は減少群ではPreと比較してPostで有意に小さい値を示したが、向上群には有意差は認められなかった。これらのことから腕や体幹の動作が減少群で投擲距離を減少させた主な要因であると考えられる。

身体各部の相対速度の時系列変化に着目すると、 $V_{wrist/shoulder}$ に特徴的な変化が見受けられる。向上群では、投げ局面の後半にPreと比較して大きな相対速度を示し、リリースの直前に低下する傾向を示している。一方、減少群では、Preと比較して投げ局面全体を通してPostの $V_{wrist/shoulder}$ はやや小さい値を示し、リリースの直前まで速度が増加する傾向が続いている。これは腕から手部への運動連鎖に差異が生じていることを示唆している。末端部の慣性が中心部よりも小さく、中心部

は末端部よりも大きな力やエネルギーを発揮できるときに運動連鎖が生じることは既知の事実である(阿江・藤井, 2002)。本研究の対象であるハンドボール投のような投運動は運動連鎖が認められる代表的な例であり, その中でもリリース直前の手首のスナップ動作は内的トルクによる運動連鎖のひとつである(阿江・藤井, 2002)。内的トルクによる運動連鎖では, 近位に位置するセグメントが減速すると同時に隣接する遠位のセグメントが加速される。したがって, 向上群の $V_{ball/wrist}$ と $V_{wrist/shoulder}$ の関係からは, 内的トルクによる運動連鎖が生じたことが伺え, 腕から手部への力学的エネルギーの伝達が大きくなったことが推察される。一方, 減少群の $V_{ball/wrist}$ と $V_{wrist/shoulder}$ の関係からは, 内的トルクによる運動連鎖の特徴があまり見られず, 腕から手部への力学的エネルギーの伝達が不十分であったことが伺える。このことから, 向上群では上肢の運動連鎖を利用してリリース直前の手首のスナップ動作が向上したが, 減少群では上肢の運動連鎖をうまく利用することができなかつたと考えられ, これは減少群で投擲距離が減少した要因のひとつであると言えよう。

手首のスナップ動作の習得を目的とした教材として, 教材④紙鉄砲と教材⑤バトン投げを実施した。教材④紙鉄砲は, 細井ほか(2004)が提案した教材であり, むち動作, つまり運動連鎖の上達に有効な運動であると言われている。細井ほか(2004)の先行研究では, 小学校2, 4, 6年生の男女に毎日1回以上めんこ打ちや紙鉄砲を遊びの一環として1ヶ月間実施させ, 遠投距離の変化を検討している。彼らの研究では, 2・4年生は男女ともに遠投距離の有意な向上が認められたが, 6年生は男子のみ有意な向上が認められ, 女子には有意な変化が認められなかったことを報告している。細井ほか(2004)の報告は, 女子は学年が上がるにつれてむち動作の習得が難しくなることを示唆していると捉えることができる。このことを考慮すると, 本研究の減少群の被験者にとって, 授業時間内という限られた時間での実施ではむち動作を習得することができなかつたと考えられる。また, 本研究で実施した紙鉄砲は下向きに振るのではなく, 投げに近い動きにするために水

平面から45度上方に向けて振るように指導した。紙鉄砲は下向きに振ると容易に音を出すことができるが, 斜め上方に向けて振ると音を鳴らすことが難しくなる。ほとんどの女子中学生にとってはこの指導で十分であったかもしれないが, 本研究の減少群の被験者にとっては, 下向きに振って音を鳴らせるようになってから斜め上方に向けて振るように指導するなど, 段階を追った指導が必要であったと考えられる。

これまでの投運動の指導に関する研究の多くが小学生を対象に行われてきたように, 小学生という時期は投運動の学習に適した時期と考えられている(奥野ほか, 1989)。しかし, 小学生においても高学年になると十分な指導効果が得られなかつたという報告もなされており(e.g., 細井ほか, 2004), これらの報告は中学生では投運動の指導がより困難になることを示唆するものである。マイネル(1981)は, 中学生は身体の著しい発達により, 身体のバランスが崩れ, 運動を行うことが困難な時期であると述べており, 練習効果が現れない時期として知られている(奥野ほか, 1989)。これらのことを踏まえると, 本研究の学習プログラムによって統計的に有意に女子中学生の投能力を向上させたことは大変意義深いことであると同時に, 十分な効果が得られなかつた生徒に対してはさらなる指導法の検討が必要であると言える。本研究の結果からは, 減少群の被験者に対しては, 腕のむち動作の習得に関する学習プログラムをさらに細分化し, 段階を追った指導が必要であることが示唆された。指導の現場では, 統計的に有意な向上が認められれば良いわけではなく, すべての児童や生徒ができない運動ができるようになることやその能力が向上することを目指す必要があると考えるのであれば, 本研究のように全体の傾向から外れた者について検討することも必要であると言えよう。

V. 要約

本研究の目的は, 投能力向上のための学習プログラムによって投能力が向上した者と低下した者の差異をバイオメカニクスの観点から明らかにすることであった。投能力向上のための学習プログ

ラムを実施した231名の女子中学生のうち、投擲距離の向上が最も大きかった20名（向上群）と減少が最も大きかった20名（減少群）を抽出し、投動作を比較した。本研究で得られた主な結果は次の通りである。

1. 投擲距離は、Preにおいては向上群と比較して減少群が有意に大きく、Postにおいては向上群と比較して減少群が有意に小さい値を示した。
2. 投射速度は、Preにおいて両群間に有意差は認められなかったが、Postにおいて向上群は減少群と比較して有意に大きい値を示した。
3. 股関節に対する肩の相対速度の最大値は、減少群においてPreと比較してPostで有意に大きい値を示した。
4. 肩に対する手首の相対速度の最大値は、減少群においてPreと比較してPostで有意に大きい値を示した。また、Postにおいて向上群は減少群と比較して有意に大きい値を示した。さらに、向上群では投げ局面終盤においてPreと比較してPostでの相対速度が減少し始めるのに対して、減少群では最後まで増加し続ける傾向を示した。
5. 手首に対するボール中心の相対速度には交互作用は認められず、Preと比較してPostで有意に大きい値を示した。また、向上群では投げ局面の終盤において、Preと比較してPostでの相対速度が大きく増加しているのに対して、減少群ではPre・Post間で大きな変化は認められなかった。

以上のことから、向上群では、身体各部の相対速度は大きく変化していないものの、力を適切なタイミングで加えることができるようになったと考えられ、その結果として投げ局面終盤における手首のスナップが適切に機能し、投射速度を向上させたことが示唆された。一方で、減少群では、股関節に対する肩の相対速度の最大値が有意に向上したものの、力を適切なタイミングで加えることができずに、下肢で得られた速度をロスすることにつながり、結果として投射速度、投擲距離が減少することになったと考えられる。このような被験者には、力を加えるタイミングを指導する教

材を検討していくことが必要と考えられる。

参考文献

- 阿江通良・藤井範久（2002）スポーツバイオメカニクス 20講，朝倉書店。
- 細井 誠・岡村泰斗・若吉浩二（2004）めんこ投げ遊びや紙でっぽう遊びが児童の投動作に及ぼす効果，奈良教育大学紀要，53（2）：41-50ページ。
- 小林育斗・阿江通良・宮崎明世・藤井範久（2012）優れた投能力をもつ小学生の投動作の特徴とその標準動作，体育学研究，57：613-629ページ。
- マイネル・K：金子明友訳（1981）スポーツ運動学，大修館書店：東京，336-348ページ。<Meinel, P. K. (1960) Bewegungslehre—Versuch einer Theorie der sportlichen Bewegung unter pädagogischem Aspekt. Volk und wissen: Berlin.>
- 文部科学省（2017）中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 保健体育編，東山書房：東京。
- 中村和彦（1999）子どもの遊びの変貌，体育の科学，49（1）：25-27ページ。
- 尾縣 貢・高橋健夫・高本恵美・細越淳二・関岡康雄（2001）オーバーハンドスロー能力改善のための学習プログラムの作成：小学校2・3年生を対象として，体育学研究，46：281-294ページ。
- 奥野暢通・後藤幸弘・辻野 昭（1989）投運動学習の適時期に関する研究：小・中学生のオーバーハンドスローの練習効果から，スポーツ教育学研究，9（1）：23-35ページ。
- 大矢隆二・新保 淳（2016）投運動学習における教師の指導実態に関する研究—小学校教師に対する質問紙調査をもとに—，教科開発学論集，4：135-141ページ。
- 田内健二・村上雅俊・高松潤二・阿江通良（2006）砲丸投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献—世界レベル選手と日本レベル選手との比較—，陸上競技研究紀要，2：65-73ページ。
- 桜井伸二 編著（1992）投げる科学，大修館書店。
- 桜井伸二（1997）オーバーハンド投球動作のバイオメカニクス，バイオメカニクス研究，1（3）：287-306ページ。
- 関慶太郎・松原拓矢・井川純一・伊佐野龍司・青山清英（2019）投能力向上のための学習プログラムが女子中学生の投能力と動作に及ぼす影響，身体の教育と実践知，印刷中。
- スポーツ庁（2018）平成29年度全国体力・運動能力，運動習慣等調査結果 報告書。
- 田内健二・持田 尚・村上雅俊・阿江通良（2007）日本一流男子円盤投げ選手の技術分析—円盤速度に対する身体各部位の貢献について—，陸上競技研究紀

要, 3 : 127-131ページ.

Wells, R. P and D. A. Winter (1980) Assessment of signal noise in kinematics of normal, pathological and sporting

gaits, In Proc of the First Con of the Can Soc Biomech, Human Locomotion I: Canada, pp.92-93.