

小学生の投動作に関するバイオメカニクス的研究 - 標準動作モデルの構築と動作パターンの類型 -

平成 27 年度

小 林 育 斗

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 体育科学専攻

【背景と目的】

小学生の運動能力のうち、投能力の低下は顕著であるが（尾懸ら，2001）、家庭よりも学校など公共の場における身体運動が投動作の発達と強く結びついているとの指摘もある（海老原ほか，1989）。したがって、体育授業は小学生の投能力の発達に関して今後の重要な役割を果たすと考えられる。

小学生の投動作の指導法を考える上で役立つ基礎的資料としては、投動作を質的に評価した研究と画像解析による量的分析を行った研究に大別される。前者は幼児の投動作分析に多く用いられ、直感的で分かり易いが、素早く複雑な動きを伴う小学生の投動作をこの方法のみで評価することは難しくなる。後者は発達による関節角度の変化などを詳細に記述し、身体各部ごとにみた投動作の変化を明らかにするには適しているが、具体的な一連の動きのイメージを指導者に示すには難点がある。Ae et al. (2007) は標準動作モデルをバイオメカニクス的に構築する方法や動作逸脱度を用いた動作の評価法を提案している。この手法は、熟練者の平均的な動作を具体的な動作パターンとして示すことができ、さらに角度などを定量的に詳しく示すことも可能であるので、質的にも量的にも動作を評価できるものである。小学生の投動作の標準動作モデルを構築できれば、体育授業において小学生の投動作を適切に評価でき、個々の小学生に応じた動作の改善法を提示でき、投能力の向上にも貢献できると考えられる。

本研究の目的は、小学校 2, 4, 6 年生の優れた投動作の標準動作の特徴を明らかにし、それにもとづいて各学年の児童の投動作を類型化するとともに、標準動作モデルを利用した練習効果を検討して、投動作指導のための基礎的知見を得ることであった。そのため、以下の 3 つの研究課題を設定した。

研究課題 1: 優れた投能力をもつ小学校 2, 4, 6 年生男女の投動作の標準動作モデルを作成するとともに、その動作の特徴をバイオメカニクス的に明らかにすること。

研究課題 2: 上位者の標準動作モデルとの相違をもとに各学年一般男女の投動作を類型化し、その動作の特徴を明らかにすること。

研究課題 3: 上位者の標準動作モデルを用いた投の練習を実施し、その効果をバイオメカニクス的に検討すること。

【対象と方法】

研究課題 1

小学校 2, 4, 6 年生の男女, 計 93 名にソフトボール投げを行わせ, 各学年で投距離の大きかった男女各 7 名 (以下, 上位者) の投動作を 3 次元動作分析した。各学年上位者の標準動作モデルを男女別に構築するとともに, 身体部分角度などの kinematics と投球腕の関節トルクなどの kinetics を算出し, 学年間で比較した。

研究課題 2

小学校 2, 4, 6 年生の男女, 計 302 名の投動作を 3 次元動作分析し, 投球腕の関節角度と体幹の部分角度を算出した。各学年上位者の標準動作モデルとの相違を示す指標として動作逸脱度を求め, これを変数としてクラスター分析を行い, 被験者を群分けした。各群の標準動作を構築するとともに, 動作逸脱度 (平均) を群間で比較した。

研究課題 3

小学校 6 年生の男子 16 名, 女子 15 名を対象として, 投の技術練習 (約 45 分) を週 1 回, 計 4 回実施した。練習では, 6 年生男女の上位者の標準動作モデルを提示し, その特徴を説明するとともに, 画像遅延表示装置で児童自身の動作を確認させ, 数種類の投の練習を行わせた。練習前後の投動作を 3 次元動作分析し, 投球腕の関節角度や力学的仕事を求め, 全体および投動作の種類ごとに練習前後で比較した。

【結果と考察】

研究課題 1

1. 標準動作の kinematics 的特徴

- 1) 男女の上位者 (以下, 右投げとして記述) では, 学年が上がると, 投距離と初速度は有意に増大した。
- 2) 男子上位者では, 学年が上がると, 右膝や右股関節の屈曲伸展, 体幹の回転と前後傾, リリース直前の肘伸展角速度が大きくなった。
- 3) 女子上位者では, 学年が上がると, 踏み出し局面での肩水平外転とリリース直前の肩内

外旋が大きくなった。

これらのことから、学年が上がると、男子上位者は下肢や体幹の動作が大きくなり、肩の内旋や右肘の伸展を高速で行えるようになること、女子上位者では、2年生は肩の外転を主体とした投動作であるが、学年が上がると肩内外旋が使えるような動きに変化していくことがわかった。

2. 標準動作の kinetics 的特徴

- 1) 男子上位者では、学年が上がると、肩内旋トルクは大きくなったが、肘伸展トルクは学年間に有意な差がなかった。
- 2) 女子上位者では、学年が上がると、肘伸展トルクと肩内旋トルクが有意に大きくなった。
- 3) 男女とも、高学年になるほど投球腕の各関節の関節力パワーが大きくなり、肩関節力パワーと体幹・肩トルクパワーによる力学的仕事が増大した。

これらのことから、男女上位者ともに、学年上がるほど大きな肩内旋トルクを発揮し、投球腕近位で大きな力学的仕事が行えるようになるとともに、肩や肘の関節力パワーによる投球腕遠位への力学的エネルギーの伝達が大きくなることがわかった。

研究課題 2

- 1) 小学生男子における投動作は、2年生では3つ（標準動作類似型、体幹前方回転逸脱型、体幹直立型）、4年生では2つ（標準動作類似型、逸脱型）、6年生では3つ（標準動作類似型、肩外転逸脱型、肩水平内転逸脱型）の群に分けられた。
- 2) 小学生女子では、2年生は4つ（標準動作類似型、肩外転逸脱型、体幹直立型、同側脚踏み出し型）、4年生は4つ（標準動作類似型、体幹前傾逸脱型、肩内転逸脱型、体幹前方回転逸脱型）、6年生は3つ（標準動作類似型、体幹前方回転逸脱型、肩水平内転逸脱型）の群に分けられた。
- 3) 各学年男子と女子2, 6年生では、標準動作類似型の群の投距離が有意に大きく、女子4年生でも同群の投距離が最も大きかった。

これらのことから、各学年において、標準動作モデルに類似した型、標準動作モデルと異なる代償的な動きを伴う型、未発達な型が存在していることがわかった。

研究課題 3

- 1) 練習によって、6年生の男女ともに投距離とボール初速度が増加した。
- 2) 男子では上肢の動作が、女子では上肢と体幹の動作が標準動作モデルに類似した。
- 3) 投距離が小さい男女では、体幹の回転動作が改善され、体幹・肩トルクパワーによる力学的仕事が増大した。

4) 指導では踏み出し局面における下肢、投げ出し局面における体幹の動作に着目する必要があることなどがわかった。

このことから、本研究で作成したような小学生の投動作の標準動作モデルを提示して動作の特徴を説明し、画像遅延表示装置で各自の動作を確認させるという指導法は、小学生の投動作の改善や投能力の向上に有効であることがわかった。

【結論】

1. 投能力に優れた2, 4, 6年生（男女）の標準動作モデルを構築した。
2. 小学校2, 4, 6年生（計302名）の投動作は、関節角度の動作逸脱度に着目してクラスター分析すると、各学年で標準動作類似型を含む2～4群に分類でき、動作逸脱度が最も小さい群、すなわち標準動作類型では投距離が有意に大きかった。
3. 6年生男女を対象として標準動作モデルを用いた投の技術練習後には、男女とも投距離とボール初速度が増加し、モデルに類似した動作に変化した。
4. 小学生の投動作の標準動作モデルを提示して、画像遅延表示装置で各自の動作を確認させるという指導法は、目標とすべき動作を視覚的に示すことができ、小学生の投動作の改善や投能力の向上に有効であると考えられる。