

氏名(本籍)	しま だ かず し 島 田 一 志 (岩手県)
学位の種類	博 士 (体育科学)
学位記番号	博 乙 第 2028 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
審査研究科	人間総合科学研究科
学位論文題目	野球のピッチング動作における力学的エネルギーの流れ

主 査	筑波大学教授	教育学博士	阿 江 通 良
副 査	筑波大学教授		村 木 征 人
副 査	筑波大学助教授	博士 (学術)	藤 井 範 久
副 査	筑波大学助教授	博士 (医学)	宮 川 俊 平
副 査	筑波大学講師	博士 (医学)	向 井 直 樹

論 文 の 内 容 の 要 旨

1. 研究目的および研究課題

野球のピッチング動作における身体各部位やボールの速度が近位から徐々に増加する現象は「エネルギーの伝達」あるいは「運動量の伝達」などと呼ばれ、ピッチング動作をバイオメカニクスの観点から考える際の重要な観点の1つとされてきた。しかし、従来の研究中で用いられている「エネルギー」あるいは「運動量」という語彙はいずれも概念的なものであり、実際にこれらの力学量を算出し、検討した研究はない。一方、野球の指導書においても一連のピッチング動作を「ボールへのエネルギーの伝達」と表現することがあるが、力学的な検討はこれまでになされておらず、指導書に記述された身体の姿勢や動作との関連も明らかにされていない。

本研究では野球のピッチング動作をバイオメカニクスの観点から分析して、力学的エネルギーの観点から身体各部分の役割を明らかにし、ピッチング動作の指導に関する基礎的示唆を得ることを目的とした。

本研究では目的を達成するために以下の研究課題を設けた。

研究課題1：野球のピッチング動作を三次元画像分析法および force platform 法を用いて分析し、身体部分間の力学的エネルギーの流れを明らかにすること。

研究課題2：リリース時のボール速度と身体部分間における力学的エネルギーの流れとの関係を検討し、ボール速度獲得に対する身体各部分の役割を明らかにすること。

研究課題3：本研究で得られた身体各部分の役割についての知見と野球の指導書にみられる記述内容を比較し、ピッチング動作の指導に関する基礎的示唆を引き出すこと。

2. 方法

本研究では大学野球選手 22 名を被験者とし、「できるだけ速いボールを投げるように」という指示を与え、座位の捕手に向かって全力でピッチング動作を行わせた。ピッチング動作を高速度 VTR カメラ 2 台を用い

て撮影し、DLT法によって計測点の三次元座標を算出した。また、2台のフォースプラットフォームを用いピッチング動作中の両脚に作用する地面反力を別個に測定した。そして、身体を手、前腕、上腕、足、下腿、大腿、上脛、下脛などの15個のリンクにモデル化し、三次元画像分析法によってピッチング動作中の身体各部位の力学的エネルギー、身体各関節の力学的パワーおよび各種のキネマティクスのデータなどを算出した。

本研究では身体各関節の関節力パワーおよびセグメントトルクパワーをピッチング動作中の各局面の時間で積分して力学的仕事を算出し、その局面における力学的エネルギーの流れの大きさの指標とした。また、関節トルクパワーを各局面の時間で積分してピッチング動作中の身体各関節における力学的仕事を算出し、関節トルクによる力学的エネルギーの発生および吸収の指標とした。そして、算出したピッチング動作中の身体各部位の力学的エネルギーや身体部分間の力学的エネルギーの流れをボール初速度と関連づけて検討した。

3. 研究結果

3.1 研究課題1および研究課題2

- ① 上脛エネルギー増加局面では、ピボット脚股関節トルクによって生み出された力学的エネルギーが下脛を介して上脛に伝達され、上脛の力学的エネルギーが著しく増加していた。そして、上脛に伝達された力学的エネルギーはボール初速度と有意な相関 ($r = 0.480$; $P < 0.05$) を示した。
- ② ボール速度減少局面においては、大きな力学的エネルギーの流れはみられなかったが、上脛の前回旋の角速度が増加して、次の局面で力学的エネルギーを投球腕の末端方向へ伝達するための準備が行われていた。
- ③ コッキング局面では、関節力による大きな力学的エネルギーの伝達のみられ、肘および手関節力によって前腕および手に流入する力学的エネルギーは、ボール初速度と高い相関を示した(それぞれ、 $r = 0.775$; $P < 0.001$, $r = 0.827$; $P < 0.001$)。肩関節力によって上腕に流入するエネルギーは大きかったが、ボール初速度と有意な相関はなかった。
- ④ コッキング局面においてストライド脚股関節で下脛に流入する力学的エネルギーはボール初速度と有意な相関を示した($r = 0.525$, $P < 0.05$)。この局面では、上位者ではストライド脚股関節が上方に移動し、力学的エネルギーは大腿から下脛へ伝達されていたのに対し、下位者では股関節が下方に移動しており、力学的エネルギーは下脛から大腿へ流出していた。
- ⑤ 加速局面においては肘の伸展や肩関節の内旋などによってボールへ力学的エネルギーが伝達されていた。

3.2 研究課題3

得られた知見と日米の指導書におけるピッチング動作に関する記述を比較・検討した結果、以下の示唆を得ることができた。

- ① ストライド脚接地前後においてピボット脚股関節に大きな力学的エネルギーを発生させるためには、これ以前の局面でのピボット脚の過度な伸展は避けるべきである。
- ② ストライド脚を接地した姿勢からピッチングを行うドリルは、体幹へ力学的エネルギーを伝達するためのピボット脚股関節の伸展および内転と、ストライド脚の内転の動作を修得するのに効果的である。
- ③ コッキング局面ではストライド脚膝関節を伸展させることで股関節の下降を防ぎ、力学的エネルギーを大腿から下脛へ伝達できる。したがって、ボールリリースに向けて「腰が沈んでいく」あるいは「ストライド脚の膝が前に出ていく」動きは避けるべきである。

- ④ コッキング局面の開始時に「トップ」の姿勢を作り、その後は体幹の回旋によって投球腕のいわゆる「しなり」を作り出すべきである。また、この局面での投球腕各部分への力学的エネルギーの伝達はボール初速度に大きな影響を与え、ボールの急激な加速が既に始まっている。したがって、コッキング局面は体幹の回旋によって投球腕の「しなり」が生じると同時にボール速度が増加する、ピッチング動作において最も重要な局面である。

4. 結論

以上のことから、野球のピッチング動作においてはピボット脚股関節トルクによって生み出された力学的エネルギーが下胴および上胴を経由し、さらにストライド脚接地後に上胴が前回旋することで生じた投球腕の関節力により、投球腕各部位およびボールに伝達されることが考えられる。したがって、ボール初速度を大きくするためには、上胴エネルギー増加局面で上胴に、コッキング局面で投球腕やボールに伝達される力学的エネルギーを増すこと、さらにコッキング局面でストライド脚股関節力によって力学的エネルギーを大腿から下胴へと伝達できることなどが重要であると考えられる。また、ピッチング動作の指導においては、ストライド脚接地前後での両股関節の動きやコッキング局面開始時の投球腕の姿勢などに留意すべきこと、またコッキング局面におけるストライド脚股関節の下降にも注意を払うべきであると言えよう。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、野球のピッチング動作をバイオメカニクス的に分析して、力学的エネルギーの観点から身体各部分の役割を明らかにするとともに、得られた知見を指導書の記述などと比較することによって、バイオメカニクスの観点からピッチング動作の指導に関する基礎的示唆を得ることを目的とした。その結果、野球のピッチング動作においてはピボット脚股関節トルクによって生み出された力学的エネルギーが下胴および上胴を経由し、さらにストライド脚接地後に上胴が前回旋することで生じた投球腕の関節力により、投球腕各部位およびボールに伝達されることを明らかにした。そして、ボール初速度を大きくするためには、上胴エネルギー増加局面で上胴に、コッキング局面で投球腕やボールに伝達される力学的エネルギーを増すこと、さらにコッキング局面でストライド脚股関節力によって力学的エネルギーを大腿から下胴へと伝達できることなどが重要であることを示唆した。これらの結果から、ピッチング動作の指導においては、ストライド脚接地前後での両股関節の動きやコッキング局面開始時の投球腕の姿勢などに留意すべきこと、コッキング局面におけるストライド脚股関節の下降にも注意を払うべきであることなどの実用的示唆を引き出した。

審査では、本論文において重要な概念である、力学的エネルギーの流れ、セグメントトルク、関節トルク、移動座標系の定義などに関する詳細な説明が求められ、質疑応答があった。また、上位者と下位者の比較から得られる指導への助言、下胴から大腿へ逆に流れるエネルギーの解釈、運動量で検討した場合の結果の予測、個々のエネルギー間の相関に関して今後の研究につながる建設的意見が出された。しかし、本論文はほとんど科学的検討が行われていない投球動作における力学的エネルギーを計測したこと、それを投球動作の指導に関係づける方向で解釈し、指導のための示唆を引き出したことなどが非常に高く評価された。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。