

氏名(本籍)	ひら やま だい さく 平 山 大 作 (奈良県)
学位の種類	博 士 (体育科学)
学位記番号	博 乙 第 2513 号
学位授与年月日	平成 22 年 5 月 31 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	野球投手の投球数の増加にともなう投球動作の変容に関するバイオメカニクス的研究

主査	筑波大学教授	教育学博士	阿 江 通 良
副査	筑波大学准教授	博士(学術)	藤 井 範 久
副査	筑波大学准教授	博士(体育科学)	木 塚 朝 博
副査	筑波大学教授	博士(医学)	宮 川 俊 平
副査	筑波大学准教授		竹 村 雅 裕

論 文 の 内 容 の 要 旨

(目的)

野球の投手において、いわゆる「100球肩」と言われるように投球数が100球前後を越えると投手が急に調子を崩す場合がある。また試合の後半になると、疲労の兆候として「ボール速度が低下する」「コントロールが乱れる」「肘が下がる」などの特徴が挙げられ、投球パフォーマンスが低下すると「腕に頼る投げ方」になると言われている。さらに、1試合中また1トーナメント中の投球数の増加にともない、肩関節や肘関節に障害が発生する可能性が高くなるとも言われている。

本研究の目的は、野球投手の投球数の増加にともなう投球動作の変容をバイオメカニクスの的に分析し、動作の変容およびボール速度低下のメカニズムを明らかにすること、さらに得られた知見に基づいた投球動作指導への示唆を得ることである。上記の目的を達成するため、以下に示す3つの研究課題を設定した。

研究課題1：投球数の増加にともなう投球動作のキネマティクスの変化を明らかにする。

研究課題2：投球数の増加にともなう投球動作のキネティクスの変化を明らかにする。

研究課題3：研究課題1および2で得られた知見をもとに、投球数の増加にともなう投球動作の変容メカニズムを明らかにし、パフォーマンス向上および投球障害予防のためのトレーニングの示唆を引き出す。

(方法)

首都大学野球連盟一部リーグのT大学硬式野球部に所属する右投げの男子投手3名を被験者とした(3名ともオーバーハンドスロー)。被験者は、指導者から以下の評価を受けている。被験者A「投手としてクセが少ないが、大学野球レベルで考えると体力的要素が十分でない」、被験者B「高等学校時に甲子園出場経験があるが、大学での実戦経験が必要である」、被験者C「筋力などの体力的要素は十分であるが、腕力に頼るような投球をする」。実験試技は、屋内の簡易マウンドから捕手方向に向かい最大努力でストレートを投球するものであった。被験者は十分なウォーミングアップを行った後、「できるだけ速いストレートをスト

ライクゾーンへ投げるように」という指示を受けて投球を行った。投球プロトコルは、理想的な試合を想定し、10秒間隔で15球投げることを1イニング、攻守交替としてイニング間に6分の休息をはさみながら9イニング、計135球を投球するものであった。

動作の計測には三次元自動動作分析装置（毎秒250コマ）を用い、また2台のフォースプラットフォーム（サンプリング周波数1000Hz）を室内の簡易マウンドに埋設して、投球動作中の軸脚および踏込脚に作用する地面反力を計測した。

投球動作の変容を分析するために、先行研究に基づいて、代表的な3つの動作イベントを設定し、キネマティクスおよびキネティクスの観点から分析を行った。具体的な動作イベントは、踏込脚が接地する時点（Stride foot contact：SFC）、投球腕肩関節が最大外旋する時点（Maximal shoulder external rotation of the throwing arm：MER）、ボールリリース時点（Ball release：REL）である。算出項目は、上肢、下肢、体幹の角度、角速度などのキネマティクスのパラメータ、さらに関節トルク、関節トルクによる力学的仕事（正仕事、負仕事、絶対仕事）、力学的エネルギーの流れなどのキネティクスのパラメータである。そして、投球数とそれぞれのパラメータとの単回帰分析を行い、回帰係数の有意性についての検定を行った。有意水準は5%とした。研究課題1および研究課題2において、1、3、5、7、9イニングのすべての試技について分析を行った。

（結果および考察）

研究課題1：投球数の増加にともなう投球動作のキネマティクスの変化を明らかにする。

大学野球投手を対象とし、投球数の増加にともなう投球動作のキネマティクスの変化について検討した。得られた主な結果および考察は以下の通りである。投球数の増加にともない、①ボール速度は減少する傾向を示した。②SFC、MERにおける踏込脚股関節がより屈曲する傾向を示した。③SFCにおける投球腕の肩関節外転角度は減少する傾向を示した。④体幹の動作に関しては、被験者によって異なる変容がみられた。⑤踏込脚の股関節屈曲角度の増加は、下肢のトレーニングの重要性を示唆するもので、SFCにおける投球腕の肩関節外転度の減少は、「肘下がり」を示すものであると考えられた。

研究課題2：投球数の増加にともなう投球動作のキネティクスの変化を明らかにする。

研究課題2では、大学野球投手を対象とし、投球数の増加にともなう投球動作のキネティクスの変化について検討した。得られた主な結果および考察は以下の通りである。投球数の増加にともない、①踏込脚の股関節伸展トルクによる力学的正仕事、負仕事、絶対仕事は減少する傾向を示した。②投球腕の肩関節内旋トルクによる力学的正仕事は減少する傾向を示した。③投球腕へ流入する関節力による力学的エネルギーは減少する傾向を示した。④投球腕の肩関節水平内転トルクによる力学的正仕事および絶対仕事は増加する傾向を示した。さらに、⑤踏込脚の股関節伸展トルクによる力学的仕事が減少したことは、下肢のトレーニングの重要性を示唆するものであり、投球腕の肩関節水平内転トルクによる力学的仕事が増加したことは、いわゆる「上肢に頼った投球動作」を示すものであると考えられた。

研究課題3：投球数の増加にともなう投球動作の変容メカニズム明らかにし、パフォーマンス向上および投球障害予防のためのトレーニングの示唆を引き出す。

研究課題1および2で得られた知見をもとに、投球数の増加にともなう投球動作の変容メカニズムを明らかにし、指導者の評価と関連させながら検討した。その結果、被験者に共通の特徴として、投球腕の肩関節内旋トルクによる力学的仕事の減少と踏込脚の股関節伸展トルクによる力学的仕事の減少がボール速度の低下の直接的要因として考えられ、投球腕の肩関節内外旋筋力の低下が肩関節外転角度の減少、いわゆる「肘下がり」につながる事が推察された。さらに、投球動作の変容メカニズムから引き出された投球動作指導への示唆は以下の通りである。①踏込脚接地時の「肘下がり」は投球を制限するための目安となる兆候であると考えられる。②投球腕の肩関節水平内転トルクによる力学的正仕事および絶対仕事が増加したことは、

いわゆる「上肢に頼った投球動作」と考えられ、過剰な水平内転動作は投球障害の一要因となり得る。③投球姿勢を考慮した肩関節内外旋筋力のトレーニングが、ボール速度低下を抑制するだけでなく、投球障害予防にも効果的であると考えられる。④下肢トレーニングにおいては、ボールリリースの姿勢を保持させる点に着目し、踏込脚のエキシセントリックな筋収縮をともなうトレーニングを強調して持久性を高めることが投球パフォーマンスを向上させるために重要であると考えられた。

(結論)

本研究では、投球数の増加にともなう動作の変容を、キネマティックおよびキネティクスの観点から分析・検討することで、投球数の増加にともなう投球動作の変容メカニズムならびにボール速度低下のメカニズムを明らかにすることができた。さらに、パフォーマンス向上および投球障害予防のためのトレーニングの示唆を提言することができた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、野球投手の投球数の増加にともなう投球動作の変容メカニズムを明らかにすること、さらに得られた知見に基づいてパフォーマンスの維持および投球障害予防のための投球動作指導への示唆を得ることであった。

審査会においては、動作の変容およびボール速度低下のメカニズムをまとめた図を、より理解しやすいものにできないかとの要望が出された。また、投球腕の肩関節内外旋筋力の低下と肩関節外転角度の減少との関連性を中心に質疑が行われた。それに対して著者は、本文で引用している先行研究に基づいて適切に回答した。

本研究は、競技・指導現場で経験的に言われていた投球動作の変容に関して、バイオメカニクスの手法を用いて分析することでメカニズムまで明らかにしおり、さらに投球指導やトレーニングの際の注意点を引き出した点が高く評価される。したがって、本論文は体育科学の博士論文として相応しいと判断された。

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。