反復投球に伴うフォーム変化の解析

——肩甲帯の相対的回旋角速度に着目して——

*Analysis of Throwing Form Induced by Repetitive Pitching:
Focus on Relative Rotational Angular Velocity of Shoulder Girdle*

片桐 創太¹⁾ 中釜 大輔²⁾ 乙戸 崇寛^{3,4)} 澤田 豊⁴⁾ 赤坂 清和^{3,4)}

SOTA KATAGIRI¹⁾, DAISUKE NAKAGAMA²⁾, TAKAHIRO OTSUDO^{3,4)}, YUTAKA SAWADA³⁾, KIYOKAZU AKASAKA^{3,4)}

¹⁾ Southern Tohoku Group, Tokyo General Hospital

²⁾ Fuke Hospital

³⁾ Division of Physical Therapy, Graduate School of Medical Sciences, Saitama Medical University

⁴⁾ Division of Physical Therapy, Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University: 981 Kawakado, Moroyama-shi, Iruma-gun, Saitama 350-0496, Japan. TEL+81 49-295-1001 E-mail: otsudo@saitama-med.ac.jp

Rigakuryoho Kagaku 29(5): 699-702, 2014. Submitted Mar. 6, 2014. Accepted May 6, 2014.

ABSTRACT: [Purpose] We analyzed the change in rotational angular velocity of the shoulder girdle and pelvic girdle induced by repetitive pitching. [Subjects] Eight collegiate baseball team players participated in this research. [Methods] Rotational angular velocity of the shoulder girdle and pelvic girdle during 60 pitches were recorded by a high-speed camera in the horizontal plane. We compared the rotation angle and rotational angular velocity of the shoulder and pelvic girdles between the first and last 10 pitches in the acceleration phase. [Results] In the group that maintained or increased their ball speeds the relative shoulder girdle rotational angular velocity did not change. [Conclusion] Thrower may unconsciously diminish the change of relative shoulder girdle rotation angular velocity to maintain ball speed in a fatigued condition.

Key words: repetitive pitching, relative rotation angular velocity, motion analysis

要旨:〔目的〕肩甲帯と骨盤帯の回旋角速度の変化が反復投球によりどのように変化するのか検討した。〔対象〕上下肢に整形外科疾患を有しない大学野球部員8名。〔方法〕投球数を60球とし、この投球の前半と後半のフォームを水平面よりハイスピードカメラを用いて撮影した。画像より acceleration 期の肩甲帯と骨盤帯の回旋角度、回旋角速度、およびステップ長を算出した。〔結果〕投球の後半で球速が維持または上昇した群では、球速が低下した群と比較して肩甲帯の相対的回旋角速度の変化が少なかった。〔結語〕反復投球時では投球速度を維持するため、無意識に肩甲帯の相対的回旋角速度の変化を最小限に調整している可能性が示唆された。

キーワード: 反復投球, 相対的回旋角速度, 動作解析

¹⁾ 医療法人財団健真会 総合東京病院

²⁾ 医療法人社団富家会 富家病院

³⁾ 埼玉医科大学 大学院医学研究科 医科学専攻 理学療法学分野

⁴⁾ 埼玉医科大学 保健医療学部 理学療法学科: 埼玉県入間郡毛呂山町川角981 (〒350-0496) TEL 049-295-1001

I. はじめに

一般的に投球数の増加により球速の低下、コントロールの乱れなど投球パフォーマンスは低下する。また、これと同時に引き起こされる投球フォームの変化は、肩関節や肘関節をはじめとする投球側上肢の傷害を発生させる要因となることが指摘されている¹⁾。投球動作を観察すると、**acceleration**期では骨盤帯の回旋に続いて肩甲帯の回旋が連動して行われているが、反復投球により身体に疲労が生じると上肢のみに依存した投球フォームとなりやすく、肩関節や肘関節への負担が増加すると報告されている^{2,3)}。この上肢のみに依存した投球フォームについて、肩関節や肘関節、あるいは股関節動作から検討した報告は多くみられるが⁴⁻⁶⁾、肩甲骨や骨盤帯の回旋動作から検討した報告はない。

そこで本研究の目的は、肩甲帯と骨盤帯の回旋角速度が反復投球の前後でどのように変化するか検討することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

肩関節、肘関節および手関節に整形外科疾患の既往がなく、現在も上下肢に整形外科疾患を有しない大学準硬式野球部員8名(平均年齢 $\pm$ SD(標準偏差): 21.3 ± 1.5 歳, 平均身長 $\pm$ SD: 174.6 ± 4.1 cm, 平均体重 $\pm$ SD: 66.9 ± 5.6 kg)を対象とした。なお、すべて右利きであり、野球経験年数は7年~12年であった(表1)。

2. 方法

ヘルシンキ宣言に基づき対象者に本研究の目的、内容、および危険性について十分な説明を行い、理解を得た上で書面にて協力の同意を得た。反復投球に伴う土の掘削によるピッチャーマウンドの形状変化や気温、風向きなど、投球動作に影響を及ぼす環境を最小限にするため、

体育館内で投球課題を実施した。マウンドの高低はなく平坦な場所で行った。投球距離は公式投球間距離(18.44 m)とするため、ピッチャープレートとして25 cmのテープを床に貼付し、ここより18.44 m離れた場所にホームベースの後端を合わせた。投球速度(以下、球速)を測定するため、スピードガン(Sports Radar SR3600: 最小単位1.6 km/h)をホームベースの後端から4 m後方かつ床より1 m上方に三脚付アーム(MANFROTTO 社製 AVENGERA 280 SJCB)を用いて設置した。60球すべて測定し、1球毎に測定した球速を対象者へ伝えた。

投球動作を測定するため、ハイスピードカメラ(CASIO EX-FH25, 240 fps)を用いた。肩甲帯および骨盤帯の回旋運動を測定するため、ハイスピードカメラの設定位置をピッチャープレート上4.44 mとし、自作した木製の台とベルトで床と水平となるように固定した。また、デジタルタイマーがハイスピードカメラの画像内に写るよう床上に設置した。対象者の服装は体に密着したアンダーシャツ、スパッツとし、ゴム底のシューズを着用させた。非投球側の上肢にはグラブ、投球には準硬式球(143.0 g)を使用した。投球課題開始前と終了後に脈拍、呼吸数の測定を行った。対象者には約10分間のキャッチボール後、最大努力でストレートを投球させた。投球課題はセットポジションからの投法とし、1球につき10秒間隔で60球の投球を行ってもらった。標的はストライクゾーン内とし、捕手にはそのゾーン内に構えさせた。

ハイスピードカメラによる解析対象動作は、ラギングバック後からボールリリースまでの**acceleration**期とした。ラギングバックとは、**acceleration**期において肘関節が前方に移動する際に手部が後方に移動する動作を指す。本研究では、投球前半条件(2球目~6球目の5球)と、投球後半条件(55球目~59球目の5球)について、**acceleration**期で手部が後方から前方へ移動方向を変えた時点(A動作)とボールが手部から離れた時点(B動

表1 対象者の属性(8名)

対象者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	利き手	野球経験(年)	球速(km/h)	
						(前半条件)	(後半条件)
A	22	178.0	68.0	右	12	112.8	104.6
B	22	170.0	70.0	右	12	108.2	111.0
C	22	175.0	64.0	右	11	115.9	103.0
D	23	168.0	60.0	右	10	82.8	80.2
E	22	173.0	58.0	右	12	109.4	110.0
F	21	178.0	73.0	右	10	108.0	106.6
G	19	180.0	72.0	右	8	103.0	103.4
H	19	175.0	70.0	右	7	90.6	91.4

・アルファベットは対象者を示す。

・B, E, G, Hは球速非低下群, A, C, D, Fは球速低下群

作)を解析対象動作とした。

投球前半条件および投球後半条件各々のA動作に対するB動作の変化量について、肩甲帯回旋角度(°)、骨盤帯回旋角度(°)、ステップ長(cm)を画像解析ソフトImage-J(Ver 1.45)を用いて測定した。肩甲帯回旋角度は、頭部のすぐ外側に観察された両側肩峰前縁を結ぶ線と床面に貼付した投球方向を示すシールとのなす角度とした。骨盤帯回旋角度は、両側の上後腸骨棘に貼付したマーカーを結ぶ線と床面に貼付した投球方向を示すシールとのなす角度とした。ステップ長は、軸足の足尖からステップ足の足尖までの距離とした(図1)。

画像解析ソフトImage-Jを用いた画像解析の精度に関して、林ら⁷⁾は、静止時の股関節外旋角度を4m離れた距離から撮影し、その画像をもとにImage-Jで3回測定した平均値と実際の股関節外旋角度を比較した結果、股関節外旋30°位での測定誤差は4.71°であったと報告している。本研究に先立ち、4.44m上方より撮影した肩甲帯左回旋30°位で体幹屈曲角度を10°ずつ、30°まで測定した結果、今回の測定誤差の平均値は、ピッチャープレート上で最大2.59°、ステップ長に相当する125cm前方で最大1.94°であった。

画像内に写したデジタルタイマーより、肩甲帯回旋角速度(°/sec)と骨盤帯回旋角速度(°/sec)を投球前半条件、投球後半条件で算出し、この結果より骨盤帯に対する肩甲帯の相対的回旋角速度変化量(以下、肩甲帯の相対的回旋角速度変化量)を求めた。以下にその算出方法を示す。

肩甲帯の相対的回旋角速度変化量(°/sec)=(投球後半条件の肩甲帯回旋角速度-投球後半条件の骨盤帯回旋角速度)-(投球前半条件の肩甲帯回旋角速度-投球前半条件の骨盤帯回旋角速度)

以上の項目について、投球前半条件と投球後半条件の平均球速を比較し、投球課題後に球速が上昇または変化しなかった群(以下、球速非低下群)と、球速が低下し

た群(以下、球速低下群)の2群に分類して比較した。

III. 結果

脈拍数、呼吸数は、投球課題前と比較して投球課題後において全例で増加した。平均脈拍数±SDは投球前半条件で76.6±14.0bpm、投球後半条件で110.0±14.3bpmであった。平均呼吸数±SDは投球前半条件で22.0±3.0回/min、投球後半条件で34.3±9.9回/minであった。球速非低下群は4名、球速低下群は4名であった(表1)。

球速非低下群の肩甲帯回旋角速度の平均値±SDは、投球前半条件が831.0±108.7°/sec、投球後半条件が788.3±93.2°/sec、骨盤帯回旋角速度の平均値±SDは投球前半条件が418.8±130.0°/sec、投球後半条件が365.3±95.8°/secであり、ともに投球後半条件で低下した。一方、球速低下群の肩甲帯回旋角速度の平均値±SDは、投球前半条件が592.6±237.3°/sec、投球後半条件が670.2±236.0°/secと投球後半条件で上昇したが、骨盤帯回旋角速度の平均値±SDは、投球前半条件が417.2±182.0°/sec、投球後半条件が396.6±235.4°/secと投球後半条件で低下した(表2)。

肩甲帯の相対的回旋角速度変化量は、球速非低下群が10.8°/sec、球速低下群が98.2°/secとなり、球速非低下群で著明に増加していた(表2)。

ステップ長の平均値は、球速非低下群では投球前半条件が124.1±6.7cm、投球後半条件が123.0±7.6cmと投球後半条件で短縮しており、球速低下群では投球前半条件が124.0±7.8cm、投球後半条件が125.1±8.4cmと投球後半条件で延長していた。

IV. 考察

反復投球に伴い、下肢、体幹、上肢の運動連鎖が破綻して肩関節および肘関節への負担が増加すると報告されており⁴⁾、特に上肢へ依存した投球フォームへ変化する

図1 水平面から見たハイスピードカメラによる投球動作の解析指標

①肩甲帯の回旋角度(°) ②骨盤帯の回旋角度(°) ③ステップ長(cm)

表2 肩甲骨と骨盤帯の平均角速度と肩甲骨の相対的回旋角速度変化量

	球速非低下群 (4名)		球速低下群 (4名)	
	前半条件	後半条件	前半条件	後半条件
肩甲骨回旋角速度	831.0 ± 108.7	788.3 ± 93.2	592.6 ± 237.3	670.2 ± 236.0
骨盤帯回旋角速度	418.8 ± 130.0	365.3 ± 95.8	417.2 ± 182.0	396.6 ± 235.4
肩甲骨の相対的回旋角速度変化量	10.8		98.2	

単位: °/sec.

ことにより肩関節や肘関節への負担が増加するとされている。本研究では、肩甲骨の相対的回旋角速度変化量に着目し、球速が低下しなかった群と低下した群でどのような特徴があるかを比較した。

球速非低下群は球速低下群と比較して、肩甲骨の相対的回旋角速度変化量が少ないことが示された。肩甲骨回旋角速度は低下したものの、骨盤帯回旋角速度も低下したため、これにより肩甲骨の相対的回旋角速度は維持されていたと考えられた。この点について、反復投球に伴う球速の低下を最小限とするために、対象者は肩甲骨の相対的回旋角速度を変化させない方略を無意識に採用したのではないかと推測した。

一方、球速低下群では骨盤帯回旋角速度の低下に対し肩甲骨回旋角速度が増加していた。これは肩甲骨と骨盤帯の回旋するタイミングが投球前半から変化したことを示しており、いわゆる上半身に依存した投球動作に変化していたとも推測できる。

先に述べた肩甲骨の相対的回旋角速度を変化させない方略について考察する場合、ステップ長の変化に着目する必要がある。本研究の結果では、球速非低下群のステップ長は約1 cm程度短縮しており、球速低下群では約1 cm程度延長していた。このステップ長を短縮させる方略はステップ長を延長させるよりも骨盤帯回旋角速度の調節が容易だったのではないかと考えた。機能解剖学的視点からみると、ステップ長を延長した場合ではステップ足と軸足のハムストリングスがより伸張されるため、acceleration期の骨盤回旋運動が制限された可能性がある。我々は、球速非低下群の場合、投球後半条件では肩甲骨回旋角速度の絶対速度は低下したものの、骨盤帯回旋角速度を遅らせることにより肩甲骨の相対的回旋角速度変化量を最小限に調節した結果、球速の低下を抑制できたのではないかと推測した。このステップ長を短縮させる方略は、反復投球時に起こりやすい肩甲骨を含

む上半身に依存したフォームを修正するための新たな視点となり得ると考えた。

本研究の限界として、今回比較した球速低下群および球速非低下群は各々4名であったため統計的検討を加えることができなかったこと、投球パフォーマンスの指標として球速しか比較していないことが挙げられる。加えて、今回着目したステップ長だけでなく、インステップやアウトステップといったステップ位置の変化との関連についても検討する必要がある。今後は対象者を追加して統計的解析を加えること、さらに投球パフォーマンスの指標に投球コントロールも追加し、このステップ長短縮方略の有効性について検討していく必要がある。

引用文献

- 1) 平山大作, 藤井範久, 阿江通良・他: 投球数の増加にともなう投球動作の変容. 筑波大学体育科学系紀要, 2009, 32: 189-192.
- 2) 川野哲英: スポーツ障害・外傷の発生とフォームの関係. コーチング・クリニック, 1994, 8(6): 6-9.
- 3) 宮下浩二: 投球フォームと投球障害肩の関係に関する一考察. 東海スポーツ傷害研究会誌, 1998, 16: 11-14.
- 4) 宮下浩二, 小林寛和, 横江清司: 投球動作の反復による上肢および下肢関節運動の変化. 日本臨床スポーツ医学会誌, 2004, 12(3): 448-457.
- 5) 井尻朋人, 宮下浩二, 浦辺幸夫・他: 体幹アライメントが投球時の肩関節運動に与える影響. 体力科学, 2009, 58: 73-80.
- 6) 金子文成, 車谷 洋, 増田 正・他: 投球動作における肩関節周囲筋筋電図の連続時系列変化に関する分析. 理学療法科学, 2005, 32(3): 115-122.
- 7) 林 真範, 本郷雄太: Image-Jの関節角度測定値の信頼性検討—回旋を伴う場合の誤差について—. 理学療法科学, 2010, 25(4): 529-532.