

## 〈報告〉

## 投球動作における肩関節水平外転動作と投球肩障害の関連について

村上 彰宏<sup>\*,\*\*,\*\*\*</sup>・櫻庭 景植<sup>\*</sup>

## The relationship between shoulder horizontal abduction movement and baseball shoulder injury during throwing motion

Akihiro MURAKAMI<sup>\*,\*\*,\*\*\*</sup> and Keishoku SAKURABA<sup>\*</sup>

## 1. 序

野球において投球肩障害の発生頻度は高く、大からは投球肩障害の発生は15, 16歳がピークであり高校生では投手、捕手が圧倒的に多いと報告している<sup>9)</sup>。投球肩障害の発生要因は、量的要因としては投球数、質的要因としては投球フォームが深く関与している。投球数制限に関しては高校生で1日100球以内、週500球を超えないこと<sup>6)</sup>と提言されているが、個人差が大きい投球数に対する制限の指標化は困難な問題である。投球動作に関しては5つの諸相に分類される。投球初動作から振り上げた膝が最高位に達する時点までをワインドアップ期、投球方向への重心移動が開始され、踏み込んだ足が完全に接地した状態までをコッキング期、投球側上肢を振り上げた最高位であるトップポジションからボールを離すまでをアクセラレーション期、ボールをリリースするリリース期、リリース以降、投球動作終了までのフォロースルー期の5相である<sup>13)</sup>。先行研究では亀山<sup>3)</sup>は投球肩障害を有する選手の投球側の肩関節水平外転可動域(以下: 水平外転)は非投球

側の可動域に比べ有意に増大していると報告している。また勝木<sup>4)</sup>はコッキング期において肩関節外転角度が小さいと水平外転の増大が起こりやすい事を報告している。投球フォームの動作解析では中原<sup>8)</sup>は投球中の水平外転の増大は胸郭回旋角度の増大が誘因であることを述べている。

また、リハビリテーションの臨床現場においては投球動作中、コッキング期に過度な水平外転を呈する症例を多く経験した(資料1)。そこで障害調査、静的・動的機能評価に加え投球動作中の動的関節可動域評価を行なうことで投球動作の問題点を明確にし、投球フォームと投球肩障害の関連について検討することを目的として以下の調査を行なった。

## 2. 方 法

対象はK高校硬式野球(甲子園春夏通算40回出場実績)部員99名198肩(右投89名, 左投10名)1年生40名, 2年生30名, 3年生29名(1軍37名, 2軍62名)であった。ポジション別では投手15名, 野手は捕手を含む84名であった。研究に先立って、順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科倫理審査の承認(院21-73号)を得た上で研究目的, 手順, 内容についてK高等学校学校長, 野球部監督, 部長, コーチ, 生徒に対し, 口頭および書面にて説明を行い同意書に承諾を得た上で研究を開始した。

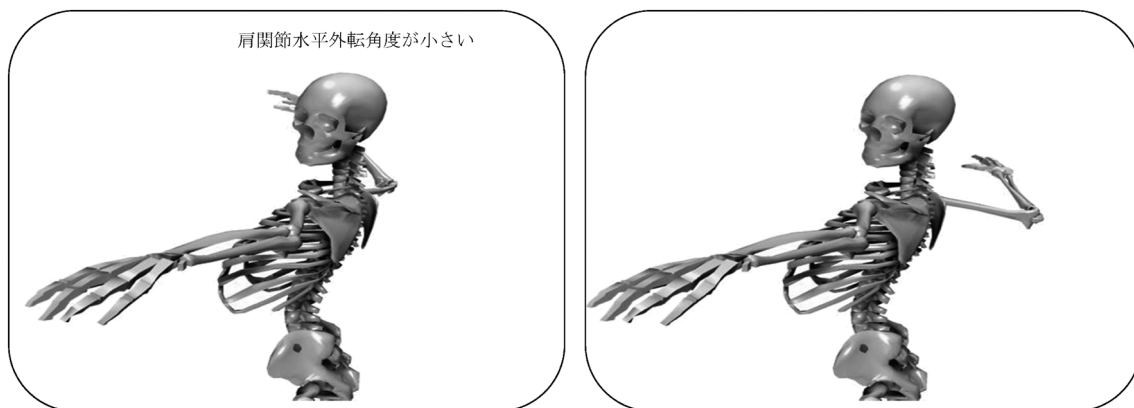
## 〈方法〉

1) 投球動作中の肩関節水平外転角度測定

\* 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科  
Graduate School of Sports Health Science, Juntendo University

\*\* 水戸メディカルカレッジ 理学療法学科  
Mito Medical College Physical Therapy Department

\*\*\* 北水会記念病院 リハビリテーション科  
Hokusuikai Memorial Hospital Rehabilitation Department



(資料1) コッキング期における肩関節水平外転動作

水平外転角度の測定は3次元動作解析装置(アニメ社製 MA3000)を使用した。投球距離は投手板から捕手間と同じ距離である18.44 mに設定しデジタルカメラ4台で投球動作を計測した。個々の投球フォームの指示は全力投球することのみを指示し5球の計測を行なった。これは全対象が同条件で測定することを目的とし、投手、野手に関わらず自由なフォームで投球するよう指示した。マーカークの装着は手関節尺骨茎状突起、肘頭、肩峰、肩甲骨上角、肩甲骨下角の5か所とした。計測した画像は動作解析ソフト(MA3000)上でマーカーク位置より肩峰と肩甲骨上縁を結ぶ線を基本軸、肩峰と肘頭を結ぶ線を移動軸として水平外転角度を計測し、5球の最大値と平均値を算出した。

## 2) 障害調査アンケート

アンケートは質問紙形式にて行った。質問内容は身体基礎情報、練習内容等、現状に関する質問、既往歴、通院歴等障害に関する質問、指導内容等について、選択および自由記載形式にて回答を求めた。

## 3) 肩関節可動域テスト (Range of motion : 以下ROM)

ROMテストは両側肩関節に対し、肩関節屈曲、伸展、外転、外旋、内旋、水平外転、水平内転角度を自動的および他動的に測定した。

## 4) 徒手筋力テスト<sup>1)</sup> (Manual Muscle Testing : 以下MMT)

MMTは両側肩関節周囲筋力に対し、肩関節屈

曲、伸展、外転、外旋、内旋、水平外転、水平内転筋力を測定した。

## 5) 肩関節外転位保持テスト (以下: 棘上筋テスト)

棘上筋テストは三角筋の作用を可能な限り除外するため2 kgの重垂バンドを両側上腕近位部に装着し、肘関節伸展位、肩関節外転、内旋90度、水平内転45度の肢位で保持し、3分を上限に上腕部の下降、代償動作等が出現するまでの時間を測定した。

## 6) 全身関節弛緩性テスト<sup>10)</sup>

全身関節弛緩性テストは①Wrist, ②Elbow, ③Shoulder, ④Knee, ⑤Ankle, ⑥Spine, ⑦Hipの7ヶ所の関節に対して通常の方法にて測定した。下肢の表記は投球側と同側を投球側と表記した。

データ分析には4Stepsエクセル統計(第2版 Statcel2)を使用した。また有痛群、非疼痛群の群間比較には対応のないt検定、投球側、非投球側の比較には対応のあるt検定を行ない、危険率は5%とした。

## 3. 結 果

投球動作中の肩関節水平外転角度(表1)

最大値の平均比較で有痛群 $62.4 \pm 6.1^\circ$  (Mean  $\pm$  SD), 非疼痛群 $48.3 \pm 23.8^\circ$ と有痛群で有意に水平外転の増大がみられた ( $P < 0.05$ )。平均値の比較では有痛群 $59.0 \pm 15.8^\circ$ , 非疼痛群 $44.8 \pm 23.1^\circ$ と最大値と同様に有痛群で有意に水平外転の増大がみられた

表1 有痛群/非疼痛群, 投球側/非投球側における関節角度, 筋力, 投球数測定・比較結果

	有痛群 (38名)		非疼痛群 (61名)		P 値
	投球側	非投球側	投球側	非投球側	
肩関節外旋 (度) P	50.1±13.0	47.9±10.4	39.2±19.0	42.0±13.0	
肩関節外旋 (度) A	46.4±11.3	37.6±16.5	44.6±11.5	39.6±15.3	
肩関節内旋 (度) P	50.3±14.0	58.1±17.7	54.5±13.8	54.8±13.7	
肩関節内旋 (度) A	48.4±13.5	55.0±17.0	53.2±13.8	51.2±15.1	
棘上筋テスト (秒)	88.1±39.0		109.1±53.8		0.041
水平外転平均 (度)	59.0±15.8		44.8±23.1		0.0013
水平外転最大値の平均 (度)	62.4±16.1		48.3±23.8		0.0019
全力投球数 (球)	74.2±40.9		54.6±26.0		0.0044
総投球数 (球)	156.0±88.2		108.2±44.0		0.0005

A : Active ROM P : Passive ROM

水平外転 : 肩関節水平外転 ROM

棘上筋テスト : 肩関節外転位保持テスト

(P&lt;0.05).

## 障害調査アンケート

アンケートの回収率は100%であった。肩関節に現在、安静時痛および投球時痛がある者を有痛群(38名)とし、それ以外を非疼痛群(61名)に分類した。競技レベルの分類では有痛群は1軍(37名)51%、2軍(62名)30%であった。

総投球数の平均は有痛群で156.0±88.2球、非疼痛群では108.2±44.0球と有痛群で有意に総投球数の増加がみられた(P<0.01)(表1)。

全力投球数の平均では有痛群で74.2±40.9球、非疼痛群54.6±26.0球と有痛群で有意に全力投球数の増加がみられた(P<0.01)(表1)。

疼痛部位についてみると、肩関節前方42%、後方21%、外側16%、以下内部、記述なしの順となった。疼痛発生時期の比較ではリリース期35%、アクセラレーション期24%、フォロースルー期11%、以下投球後、日常生活上、コッキング期、記述なしの順となった。医療機関の受診経験者は約半数で、利用した医療機関は整形外科38%、スポーツクリニック25%、接骨院17%、以下トレーナー、はり・きゅう、全体の順となった。医療機関からの投球中止期間の指示は1カ月~2カ月間が約4割であった。ま

た投球再開後の再発経験を持つ選手は4人に1人の割合であった。

## ROM テスト (表1)

ROM テストをみると、他動的肩関節外旋可動域では投球側において、非疼痛群に比べ有痛群で有意に外旋角度の増大がみられた(P<0.01)。

肩関節内旋角度では自動的、他動的とも有痛群において、非投球側に比べ投球側で有意に可動域の減少がみられた(P<0.05)。

## MMT

肩関節周囲筋 MMT では正常(5=Normal)とそれ以下を筋力低下群と分類し、肩関節外旋筋の筋力低下群は有痛群では54%、非疼痛群では62%と半数以上にみられた。また肩関節外転筋では有痛群の29.7%、非疼痛群の29%に筋力低下がみられた。

## 棘上筋テスト (表1)

棘上筋テストでは有痛群88.1±39.0 sec、非疼痛群109.1±53.8 secであり、有痛群で有意に筋力低下がみられた(P<0.05)。

## 全身関節弛緩性テスト

Wrist においては有痛群で投球側、非投球側とも陽性率は86.4%と高値を示し、続いてElbow, Hip, Shoulder, Spine, Knee, Ankle の順で陽性結果を示

した。Shoulder については有痛群投球側35.1%，有痛群非投球側70.2%，非疼痛群投球側22.5%，非疼痛群非投球側59.6%と有痛群，非疼痛群ともに投球側は明らかに関節可動域が低下していた。

#### 4. 考 察

投球動作中の肩関節水平外転角度では平均値，最大値ともに有痛群で有意に水平外転の増大がみられた。先行研究でも<sup>3)4)8)</sup>水平外転角度の増大は触れられているが，今回の結果よりおおよそ50度を超えると疼痛発症の可能性が高くなることが推察された。

(資料1)

障害調査アンケート結果をみると，2軍よりも1軍にて有痛者が多い傾向がみられた。肩関節痛と投球数の関係を見ると総投球数，全力投球数とも有痛群で投球数が多い傾向が示された。

疼痛部位と疼痛発生時期についてみる。肩関節前方に痛みを訴える選手が多く，リリース期とアクセラレーション期で約6割の選手が痛みを訴えていることから，関節の動きが加速される時に肩関節前方の筋腱や軟部組織に強い摩擦や衝突が繰り返し生じていることが考えられた<sup>5)12)</sup>。なお，今回の調査では医療機関での実際の傷害名については調査が不十分であった。医療機関からの投球中止期間の指示で多くみられたのは1ヶ月間であったがこの期間中の治療，リハビリテーションにもばらつきがあり，投球再開後の再発経験者は4人に1人の割合でみられた。

肩関節可動域結果をみると有痛群において投球側の肩関節内旋角度が低下していた。この原因として小円筋，棘下筋のスパズム，肩関節後方成分の拘縮などが考えられる。これはアクセラレーション期に肩関節は最大外旋位をとり小円筋，棘下筋は求心性収縮を呈すが，リリース期からフォロースルー期にかけては遠心性収縮へと変わる。この動作が繰り返されることによって結果的に内旋制限が起るものと考えられる。肩関節外旋角度では，有痛群で投球側の角度が増大する傾向がみられた。この原因として，投球側はアクセラレーション期で強制外旋肢位

を繰り返し強いられるため上腕骨頭の関節窩前方への滑動を起こしやすくなることが考えられた。

肩関節周囲筋力についてみると有痛群，非疼痛群ともに肩関節外旋筋力の低下が明らかであった。これはアクセラレーション期からフォロースルー期への移行時に遠心性収縮を行うことになる外旋筋が多用されることによる疲労に起因すると考えられる。肩関節外転筋力の低下についてもフォロースルー期においては肩関節内旋，内転強制のプレーキ効果として補助的に働くことも誘因のひとつとして考えられる。

また肩関節外旋筋の筋力が低下している者は有痛群で54%，非疼痛群は62%と，両群とも高率であり，投球動作をおこなうこと自体が外旋筋に何らかの悪影響を及ぼしていることが考えられる。

また棘上筋は有痛群で有意に筋力が低下していた。この原因としては，投球動作中に骨頭が回旋する際に棘上筋は最もストレスを受ける場所であり，筋の部分断裂や炎症が生じやすいため疼痛や疲労により筋力が低下すると考えられる<sup>9)10)11)</sup>。

全身関節弛緩性テスト結果より Shoulder では有痛群，非疼痛群ともに投球側は明らかに関節可動域が低下していた。

これらの結果より，投球肩障害の発症機序として，投球数の増加が関節機能不全を引き起こし，内旋制限や外転筋の筋力低下がコッキング期において過剰な水平外転方向への代償動作を誘発している可能性が高いことが考えられた。この代償動作が生じる元の原因が筋力なのか，関節可動域制限からなのか，これらを評価することは大切であり<sup>11)13)</sup>，リハビリテーション現場においても再発防止や障害予防に役立つものと考えられる。

#### 5. 結 論

投球動作中の過度な水平外転動作は投球肩障害を発症する可能性が高いことが示唆され，これらの関連因子として肩関節内旋角度，外転筋力の低下が考えられた。

(当論文は，平成21年度順天堂大学大学院スポーツ

健康科学研究科の修士論文を基に作成されたものである)

## 謝 辞

本論文作成にあたりまして、本研究の被験者としてご協力頂きましたK高等学校硬式野球部の関係者および生徒の皆様に心から御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) Daniels, L. M. A., Worthingham, C. Ph. D. (1990). 徒手筋力検査法, 第5版, 東京:協同医書出版社, 112-119.
- 2) Fleisig GS et al. (1995). Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med*, Mar-Apr, 23(2), 233-9.
- 3) 亀山顕太郎 (2009). 投球肩障害における肩関節水平外転時の肩甲帯と上腕骨の動きについて—投球側と非投球側の比較—. *理学療法学*, 34, 663.
- 4) 勝木秀治 (2009). 投球動作におけるトップポジション肢位と水平過伸展に関する一考察, 肩関節内旋位での側方挙上に着目して. *理学療法学*, 35, 523.
- 5) 川野哲英 (2002). 肩関節の運動療法, 黒澤 尚, 星川吉光, 高尾良英, 坂西英夫, 川野哲英編 *スポーツ外傷学Ⅲ上肢*, 第1版, 東京. 医歯薬出版株式会社, 62-95, 106-111.
- 6) 目崎 登 (2005) *スポーツの安全管理ガイドライン* 安全なスポーツ実施にあたって. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 13, 241-242.
- 7) Mihata T et al (2010). Excessive glenohumeral horizontal abduction as occurs during the late cocking phase of the throwing motion can be critical for internal impingement. *Am J Sports Med*. Feb, 38(2), 369-74.
- 8) 中原啓吾 (2008). 野球選手における肩関節水平伸展角度に影響する因子について. 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科, 修士論文.
- 9) 大国真彦, 渡辺好博 (2007). 青少年の野球障害に対する提言. *日本リハビリテーション医学会誌*, Vol. 13 Suppl.
- 10) 桜庭景植 (2009). 順天堂大学陸上競技研究室(編著), 澤木啓祐(監修). *順天堂メソッド—勝つための陸上競技—*. 東京, ベースボールマガジン社, 172-178.
- 11) 昭和大学藤が丘リハビリテーション病院編(2004). *肩の診かた 治しかた*, メジカルビュー社. 東京, 74.
- 12) 筒井廣明, 山口光圀(2002). 肩甲上腕関節の損傷, 黒澤 尚, 星川吉光, 高尾良英, 坂西英夫, 川野哲英編. *スポーツ外傷学Ⅲ上肢* 第1版. 東京. 医歯薬出版株式会社, 62-73.
- 13) 筒井廣明, 山口光圀 (2004). 投球肩障害 こう診てこう治せ. 東京. メジカルビュー社, 34-37.

(平成23年2月21日 受付)  
(平成23年6月14日 受理)