

## 上肢・肩甲骨・骨盤運動からみた投球動作の仕組み

桑野協立病院 整形外科・トレーニング部門

浜 田 純一郎

セラ・ラボ

山 口 光 國

昭和大学藤が丘リハビリテーション病院 スポーツ整形外科

筒 井 廣 明

BCS Baseball Performance

前 田 健

医療法人社団 KOSMI こん整形外科クリニック

近 良 明

## Scapular, upper limb, and pelvic motions during baseball pitching

by

Junichiro Hamada

Department of Orthopaedic Surgery, Kuwano Kyoritsu Hospital

Mitsukuni Yamaguchi

Therapy Laboratory

Hiroaki Tsutsui

Sport Clinic, Fujigaoka Rehabilitation Hospital, Showa University

Ken Maeda

BCS Baseball Performance

Yoshiaki Kon

Kon Orthopaedic Clinic & Sport Medicine Institute

**Background:** The understanding of the glenohumeral (GH) joint motion during baseball pitching should be necessary for diagnosis and treatment for throwing shoulder. The purposes of this study were firstly to investigate the motions of the scapula, pelvis, upper body, and upper limbs and secondly to speculate the motion of the GH joint and the scapula from the top position to ball release.

**Methods:** We observed the pitching of 2 professional and 2 high-level amateurs with a digital camera and a video camera, recording each motion of the pelvis, upper body, scapula, and upper limbs. We classified pitching motion into 3 phases which were slide, upper body rotation, and arm throwing in order to simply analyze the motion in each phase.

**Results:** Each scapula protracted and retracted respectively during pitching motion. The pelvis which was closed in the stride, ball release, and follow-through synchronized with scapular motion. The throwing arm moved in the scapular plane and made the elbow extend to the ball release. Internal rotation of the humeral head was a little from the top position to the ball release.

**Discussion:** Both scapula and pelvis synchronized at each phase of pitching motion. The motion of the GH joint was speculated to be a small amount from the top position to ball release.

**Key words :** 投球動作 (pitching motion), 肩甲骨 (scapula), 肩甲上腕関節 (glenohumeral joint)

## はじめに

投球障害肩の患者を診察する際、投球動作を観察し診断や治療に活用することが多い。投球に関し多くの書物やビデオが出版され、三次元動作解析による投球分析の論文も数多くあるが、投球動作の核になる基本運動や観察すべきポイントも不明瞭であるのが現状である。その理由は投球動作が下肢、骨盤、肩甲骨、上肢等を同時に協調運動させる極めて複雑な動きにある。投球動作を理解するため、投球の諸相はセットアップ、アーリーコッキング、レイトコッキング、アクセレーション、ボールリリース、フォロースルーの6期に分けられている<sup>1,2,3)</sup>。この分類法は筋電図研究や、三次元動作解析、痛みの誘発相を知るためには便利であるが<sup>1,2,3)</sup>、2秒未滿で終了する投球動作を現場や外来で観察するには不便である。投球動作をよく理解し観察できれば、投球障害肩の原因や治療法はよりわかりやすくなる。したがって、医療従事者にとって投球動作を簡便に観察するための諸相分類や着目すべき基本運動を明らかにする必要がある。本研究の目的は、投球動作の基本運動を明らかにするため、投球中の肩甲骨・骨盤・上肢・グラブ側と投球側上肢の特徴的な動きを調査すること、および投球側の肩が最大外旋されたトップポジションからボールリリースまでの肩甲骨と上腕の動きから肩甲上腕(GH)関節の動きを推測することである。

## 対象と方法

右投げのプロ野球投手2名(32歳男性および26歳男性)とハイレベルアマチュア投手2名(22歳男性と28歳男性)を対象に、投球動作をデジタルカメラ(カシオ ハイスピード Exilim)を投球

方向後方に、ビデオカメラ(ビクター Everio)を正面に設置し投球方向後方の30度から何度か投球を行い、投球方向に30度づつ回転した位置でそれぞれ撮影した。分析には通常再生、スロー再生、静止画像を用いた。また分析を単純化するため、投球の諸相を(1)並進運動(セットポジションから踏み込み足の着地まで)、(2)上体の回転運動(トップポジションからフォロースルーまで)、(3)投球側の腕の振り(トップポジションからボールリリースとしてフォロースルーまで)の3相に分け<sup>4)</sup>、肩甲骨・骨盤・上肢・上肢の動きを調査した。また、投球動作の各ポジションであるセットアップ、トップポジション、ボールリリースで静止姿勢を保ち骨盤、肩甲骨、上肢の位置関係をデジタルカメラの画像と触診から調査した。触診について、骨盤では腸骨翼から上前腸骨棘を、肩甲骨については肩甲骨下角と肩甲棘内側縁を触知し胸椎との位置関係から肩甲骨の protraction / retraction を調べた。

## 結 果

以下右投げ投手の投球動作に準じて説明する。表1に並進運動と上体の回転運動中の肩甲骨・骨盤運動をまとめた。

肩甲骨運動について、セットポジションの両肩甲骨は立位上肢安静時と同じ位置にあった。並進運動の初期または途中で左肩甲骨は protraction, 右肩甲骨は反対に retraction した(図1)。トップポジションではグラブ側の左腕を体側に引き付けるため、左肩甲骨は protraction から やや retraction され、右肩甲骨も retraction していた(図2)。左腕の体側への引き付けによって左肩を中心に上体の回転運動が開始されるが、右肩甲骨と右上肢はトップポジションの位置に残ったままであり、その後胸椎を中心に上体の回転運動が起こった。右肩甲骨はボールリリース(図3)

表1 投球動作と肩甲骨・骨盤運動

| 運動と諸相    | 肩甲骨                  |                        | 骨 盤                    |
|----------|----------------------|------------------------|------------------------|
| 並進運動     |                      |                        |                        |
| セットポジション | 左：安静位置               | 右：安静位置                 | 骨盤前傾位                  |
|          |                      |                        | ↓                      |
| 早期コッキング  | <u>左：protraction</u> | <u>右：やや retraction</u> | 左骨盤を斜め下方向に締める          |
|          | ↓                    |                        | ↓                      |
| トップポジション | 左：やや retraction      | 右：retraction           | <u>左骨盤：前傾 右骨盤：やや後傾</u> |
| 上体の回転運動  |                      |                        |                        |
| トップポジション | 左：やや retraction      | 右：retraction           | 左骨盤：前傾 右骨盤：やや後傾        |
|          |                      |                        | ↓                      |
| 加速期      | 左：retraction         | 右：retraction           | 左右骨盤を締める               |
|          |                      | ↓                      | ↓                      |
| ボールリリース  | 左：retraction         | 右：protraction          | 右骨盤を斜め下方向に締める          |
|          |                      |                        |                        |
| フォロースルー  | 左：retraction         | 右：protraction          | 右骨盤を斜め下方向に締める          |

↓は肩甲骨と骨盤運動が変化することを意味する。下線は上体と骨盤の開きを防止する動きを示す。

からフォロースルーにかけて protraction の程度が増した (図 4)。以上のように左右の肩甲骨の動きで、左上体と右上体の回転時間差を生み出し、かつ胸椎を中心にした上体の回転に連動し右腕を振り出していた。

下肢と連動する骨盤の動きはさまざまに変化する。セットポジションでは立位姿勢と同様に両骨盤を前方傾斜し、股関節を内転・内旋させ左右の骨盤を斜めに締めるような動作から並進運動していた (図 5)。この骨盤を締めるような動作と左肩甲骨の protraction と右肩甲骨の retraction によって骨盤や上体を開かない状態を保ち並進運動した。トップポジションでは左骨盤を前方傾斜、右骨盤をやや後方傾斜させていた (図 6 a, b)。並進運動から上体の回転運動に移行する際、左股関節を中心に骨盤を回転さ

せるため、ボールリリースからフォロースルーにかけて骨盤を斜めに回転しながら再度股関節を使った骨盤を締める運動が起こっていた (図 7 a, b)。これら肩甲骨運動と骨盤運動の相互連動によってトップポジションまで体を開かず、並進運動と回転運動で貯めた運動エネルギーをリリースで一気にボールへと伝達していた。さらにボールリリース後であっても骨盤を締めるような運動を継続していた。

上体の運動から投球側の腕の振りをみると、並進運動中に左肩甲骨の protraction と右肩甲骨の retraction によって、上体を時計回りに回旋させる。踏み込み脚の接地後、左・右上体間の回転時間差を使い、右上体の回転に伴い投球側の腕を振っていた。投球側の上肢運動をトップポジションからボールリリースまで観察す



図 1 並進運動開始時の両肩甲骨位置

右投げ投手の場合、両腕は体の前方に位置するが、左肩甲骨は protraction、右肩甲骨はやや retraction することで上体の回転を作っていた。(矢印は肩甲骨運動の方向)

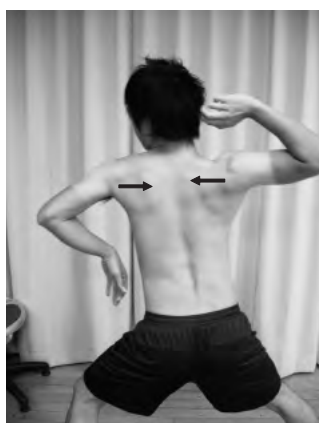


図 2 トップポジションでの両肩甲骨位置

左右肩甲骨をともに retraction していたが左は前方傾斜、右は後方傾斜していた (矢印は肩甲骨運動の方向)。その結果、左右の胸郭の割れを作り、右の上肢は拳上・外旋位、左は拳上・内旋位であった。



図 3 ボールリリースでの両肩甲骨位置

左肩甲骨は非投球側の腕の上体への引き付けによりトップポジションの位置からさらに retraction し、右肩甲骨はボールリリースにむけ protraction していた (矢印は肩甲骨運動の方向)。



図 4 フォロースルーでの肩甲骨位置

左肩甲骨は retraction し、右肩甲骨は protraction していた (矢印は肩甲骨運動の方向)。以上のように投球において左右肩甲骨はそれぞれ個別に使う必要がある。

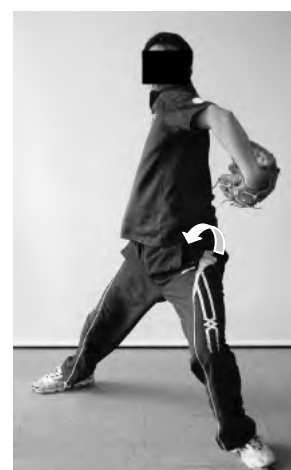


図 5 並進運動開始時の骨盤

矢印の方向に示すように、踏み込み脚 (左側) の股関節内転・内旋によって骨盤を締めることで、軸脚 (右側) から並進運動を開始しやすくなっていた。



a. 前方から

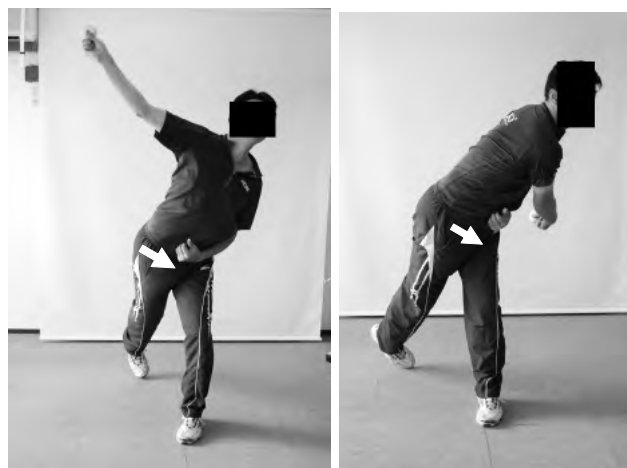


b. 投球方向から

図 6 トップポジションでの骨盤位

トップポジションでは左骨盤を前傾し、右骨盤はやや後傾していた。この左右の骨盤位はゴルフ、テニスなどさまざまなスポーツで共通する骨盤位である。

ると、上腕は肩甲骨面に位置し肘関節の伸展運動が主な運動であり（図8）、GH関節で上腕骨の回旋はごくわずかであった。ボールリリースからフォロースルーにかけて前腕の回内に伴い上腕も内旋した。上肢の運動軌跡を追うと、ボールリリースまで肩甲骨面で肘を伸展した後、肩を水平屈曲し投球側の手はグラブ側の肘に向かった。



a. ボールリリースの骨盤位

b. フォロースルーの骨盤位

図7 ボールリリースからフォロースルーの骨盤位

ボールリリースからフォロースルーにかけて上体は胸椎を中心に回転運動するが、骨盤は左股関節を中心に回転する。左股関節を内旋することで骨盤を締めるような動作になる。

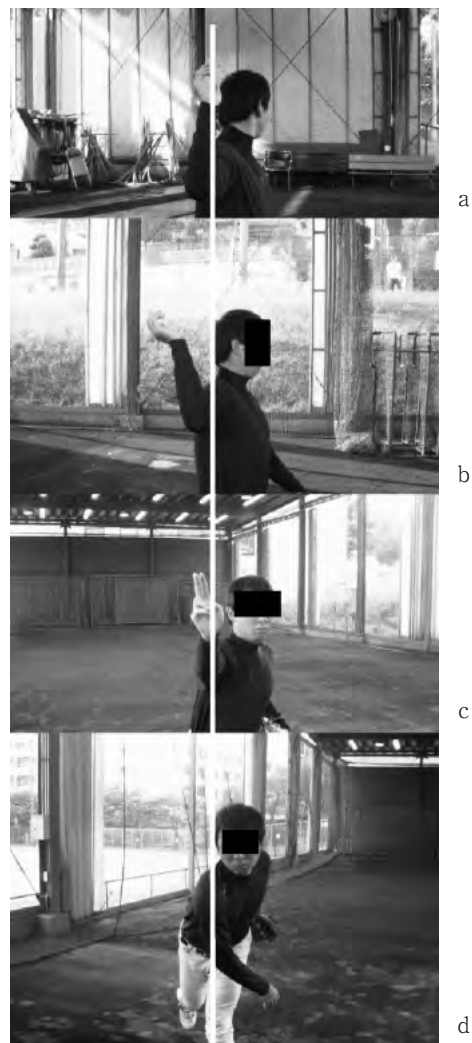


図8 トップポジションからフォロースルーの肩甲骨面と上腕骨の位置関係

a. トップポジション, b. 加速期, c. ボールリリース, d. フォロースルー  
骨頭を関節窩に安定化させた状態で胸郭・肩甲骨を一体として動かすので、上腕骨は常に肩甲骨面に位置する。

## 考 察

投球障害肩を診察する医療従事者にとって、投球動作と肩障害の関係を知ることは有意義である。障害と関連する投球動作の問題を明らかにしなければ治療選択に難渋するのみならず、手術で組織修復をしても同じ投球動作であれば再度障害を起こす可能性がある。

矢内<sup>6)</sup>は三次元動作解析装置を使いプロ野球のピッチャー10名の投球動作を野外で記録しGH関節の動きを算出した。その結果、トップポジションからボールリリースまでGH関節の挙上角度および水平屈曲・伸展角度は変化せず、最大外旋位からの内旋は10度以内であることを報告している。この結果は本研究から推測した我々の仮説と一致する結果である。ハイレベルのピッチャーはトップポジションからボールリリースまでGH関節をほぼ動かさ

ず投球していることがわかった。投球障害肩を生じるピッチャーはどうであろうか。

投球障害肩の原因として、まず上体の開きによるGH関節を支点に投げる手投げが挙げられる<sup>4)</sup>。上体の開きを防ぐ対処法として、上体の時計回り回転を多くすると考えがちである。しかし、今回の結果から並進運動中に左肩甲骨を protraction, 右肩甲骨を retraction し上体の開きを防いでいた。単に上体を時計回りに回転させることと肩甲骨の protraction と retraction を使い上体を捻る動作は、一見同じ動きに見えるがまったく異なる動作である。肩甲骨をうまく使い上体の開きを防ぐ意味からも肩甲骨機能は投球にとって必須である<sup>5)</sup>。

上体のみならず骨盤の開きもあると推測される。4選手とも並進運動中に股関節を使って両側骨盤を締め、次にトップポジションで左骨盤を前傾させ右骨盤をやや後方傾斜させていた。また

ボールリリースから再度骨盤を締めるような動作であった。投球のトップポジションにおける骨盤位はバッティングのテークバック、ゴルフのトップポジション、テニスのフォアハンドにおけるテークバックなどボールを打つ前の骨盤位と同様である。したがって、投球動作でも左右の骨盤を使い分けていた。上体の開きと骨盤の開きの関係は今後の課題である。

今回の調査から、左腕を体側に引き寄せ上体の回転を左側から開始するが、右上体はトップポジションに残ったままであった。すなわち右腕を意図的に振るのではなく、左上体を先行回転させ右上体の回転に右肩甲骨の retraction と protraction を使うことで、関節窩に骨頭を安定化し肘の伸展を使いボールリリースしていた。トップポジションからボールリリースにかけて、肩関節を外旋から内旋、または水平伸展する動きで投球をすると GH 関節の組織損傷を生じやすいが、関節窩と骨頭の位置関係がトップポジションからボールリリースまでほとんど変化しなければ、軟部損傷は起こりにくいと推測される。トップポジションからボールリリースの間で、GH 関節を支点とする手投げ動作になる体の使い方を見抜くことができれば、投球肩障害を防止し肩痛のある選手の治療成績を向上できる可能性がある。

## ま と め

- (1) 並進運動中には肩甲骨と骨盤を協調運動させ体を開かないようにしていた。
- (2) 上体は左股関節を中心に回転し、左上体に誘導され右上体は回転し、最後にその回転に伴い右腕が振られていた。
- (3) トップポジションからボールリリースまでは肘の伸展のみで、GH 関節の運動はほとんどないと推測された。

## 文 献

- 1) Jobe FW, et al.: An EMG analysis of the shoulder in pitching. A second report. Am J Sports Med, 1984; 12: 218-220.
- 2) Gowan ID, et al.: A comparative electromyographic analysis of shoulder during pitching. Professional versus amateur pitchers. Am J Sports Med, 1987; 15: 586-590.
- 3) Kelly BT, et al.: Electromyographic analysis and phase definition of the overhead football throw. Am J Sports Med, 2002; 30: 834-844.
- 4) 前田 健: ピッチングメカニズムブック理論編, 第 1 版, ベースボールマガジン社, 東京, 2010.
- 5) Kibler WB: The role of scapula in athletic shoulder function. Am J Sports Med, 1998; 26: 325-337.
- 6) 矢内利政: 投球動作における体幹(骨盤・胸郭・肩甲骨)の 3 次元ムチ運動. 体育の科学, 2011; 61: 484-490.