

投球時肩最大外旋位における肩甲上腕関節水平伸展角度に影響を与える因子 ～足部接地時の各関節角度との相関～

まつした整形外科

小山太郎 松下 廉

中部大学大学院 生命健康科学研究科

宮下浩二

【はじめに】

投球障害肩の発生要因のひとつに不良な投球動作があげられる。その中でも hyperangulation と呼ばれる肩最大外旋位 (以下, MER) での過度な肩甲上腕関節水平伸展位を呈する投球動作は, 上腕骨頭の前方向への偏位により前方組織の障害や Internal Impingement による腱板, 関節唇の損傷を惹起するとされている¹⁾。

肩甲上腕関節水平伸展角度の増大が生じる要因について, 投球動作解析の結果から MER 時の胸椎の非投球側方向への回旋角度の増大²⁾ や, MER 時の肩甲帯伸展角度の低下³⁾ があげられている。しかし, これらの報告はいずれも MER 時の関節運動の検討である。一連の投球動作は運動連鎖で成り立っており, 後期コッキング期以降の肩関節運動にはそれ以前の足部接地時の肩・肘関節角度が影響を及ぼすとされている⁴⁾。そのため, hyperangulation を呈する要因を探るためには, MER 時点での解析のみではなく, 足部接地時の各関節角度と MER 時の肩甲上腕関節水平伸展角度の関係も明らかにする必要がある。

そこで, 本研究では MER 時の肩甲上腕関節水平伸展角度が増大する要因を明らかにすることを目的として, 足部接地時の肩の各関節角度と MER 時の肩甲上腕関節水平伸展角度の関係を分析した。

【対象と方法】

本研究の趣旨に同意の得られた大学硬式野球部投

手 15 名 (右投げ 13 名, 左投げ 2 名) を対象とした。年齢 20.2±0.7 歳, 身長 179.5±5.7cm, 体重 72.9±8.1kg (いずれも平均±標準偏差) であった。投球時に肩及び肘関節の疼痛がないことを条件とした。

方法は以下の通りである。まず, 対象の胸骨柄, 第 7 頸椎 (C7), 第 8 胸椎 (Th8) および第 12 胸椎 (Th12) の棘突起, 両側の上後腸骨棘 (PSIS) に反射マーカーを貼付した。また, 投球側の肩峰, 上腕遠位端背側, 前腕遠位端背側の 3 ヶ所に棒状のテーピング用パッドを貼付し, その両端には 1 つずつマーカーを貼付した (図 1)。

その後, 対象の投球動作を 4 台のハイスピードカメラ (フォーアシスト社製 IEEEE1394b 高速カメラ, FKN-HC200C) にて, 200 コマ/秒で撮影した。撮影した画像から, 三次元ビデオ動作解析システム Frame-DIAS II (DKH 社製) を用いて, DLT 法 (Direct Linear Transformation method)⁵⁾ によりマーカーの三次元座標値を算出した。

得られた三次元座標値から, MER を算出するために, 肩全体の外旋角度 (以下, 肩外旋角度) を算出した。肩外旋角度は, 体幹に対する前腕の角度であり, 肩甲上腕関節外旋, 肩甲骨後傾, 胸椎伸展を含む, 見かけ上の肩関節全体の外旋角度である。算出方法は以下の通りである。まず, 前腕パッド両端のマーカーの中心, 上腕パッド両端のマーカーの中心, C7 棘突起からなる平面の法線ベクトルと, 上腕パッド両端のマーカーの中心, C7 棘突起, Th12 棘突起からなる平面の法線ベクトルを算出した。次にこの 2 つの法線

ベクトルの内積を求め、その余弦から角度を算出した(図2)⁶⁾。基本姿勢として肩外転90度、内外旋中間位、肘屈曲90度、前腕回内外中間位を撮影し、この時の関節角度を0°として、算出した肩外旋角度を補正した。

算出した肩外旋角度の最大値をMERとし、MER時の肩甲上腕関節水平伸展角度、及び足部接地時の

肩外旋角度、肩外転角度、肩甲上腕関節水平伸展角度、肩甲上腕関節外旋角度、肩甲帯伸展角度、肩甲骨後傾角度を算出した⁷⁾。肩外旋角度の算出方法と同様に2平面の法線ベクトルの内積から算出し、基本姿勢から角度補正を行った(図3)。

統計学的検定として、MER時の肩甲上腕関節水平伸展角度と足部接地時の各関節角度の関係をピアソンの相関係数を用いて検討した。有意水準は5%とした。

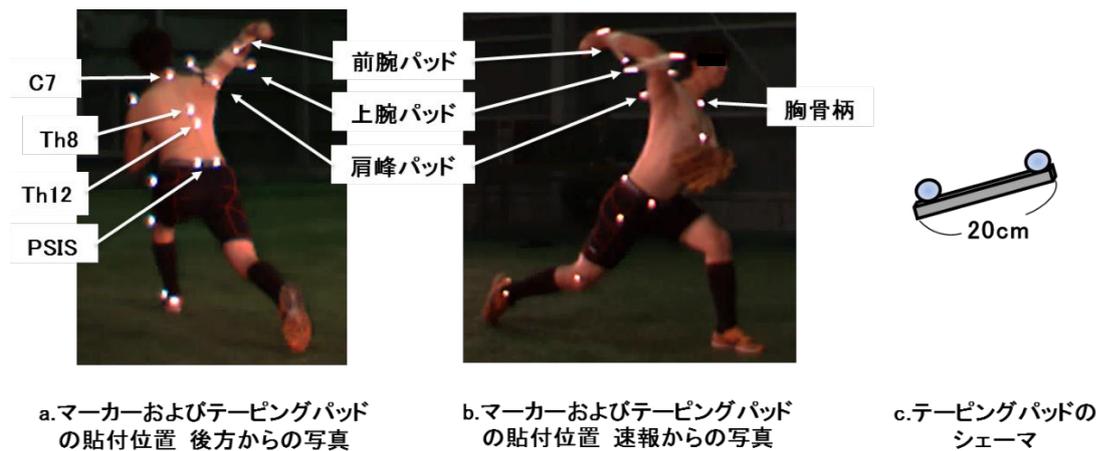


図1. マーカーおよびテーピングパッドの貼付位置

写真の位置に反射マーカーを貼付した。

また、投球側の肩峰、上腕遠位端背側、前腕遠位端背側の3カ所に棒状のテーピング用パッド(20cm×2cm×1.5cm)を貼付し、その両端には1つずつマーカーを貼付した。

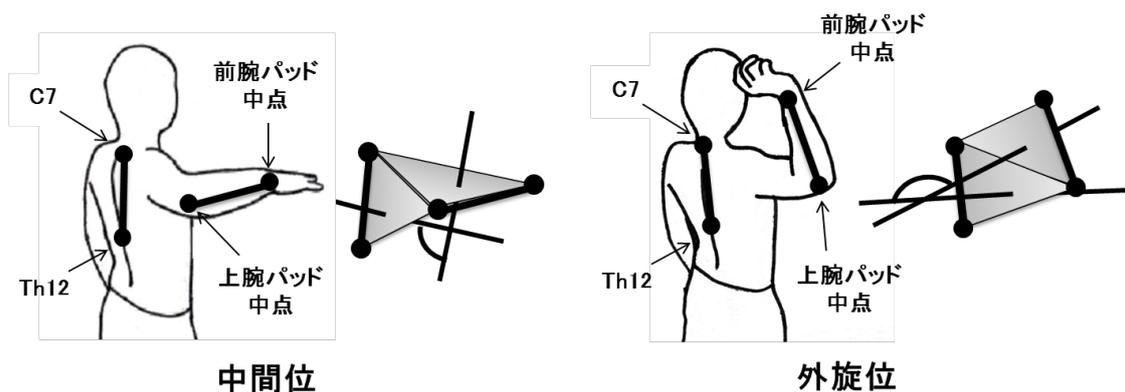


図2. 肩外旋角度の算出方法

体幹に対する前腕の角度であり、肩甲上腕関節、肩甲骨および胸椎の運動を含む肩関節全体の外旋角度である。

前腕パッド両端のマーカーの midpoint、上腕パッド両端のマーカーの midpoint、C7 棘突起からなる平面の法線ベクトルと、上腕パッド両端のマーカーの midpoint、C7 棘突起、Th12 棘突起からなる平面の法線ベクトルの2つの法線ベクトルの内積を求め、その余弦から角度を算出した。

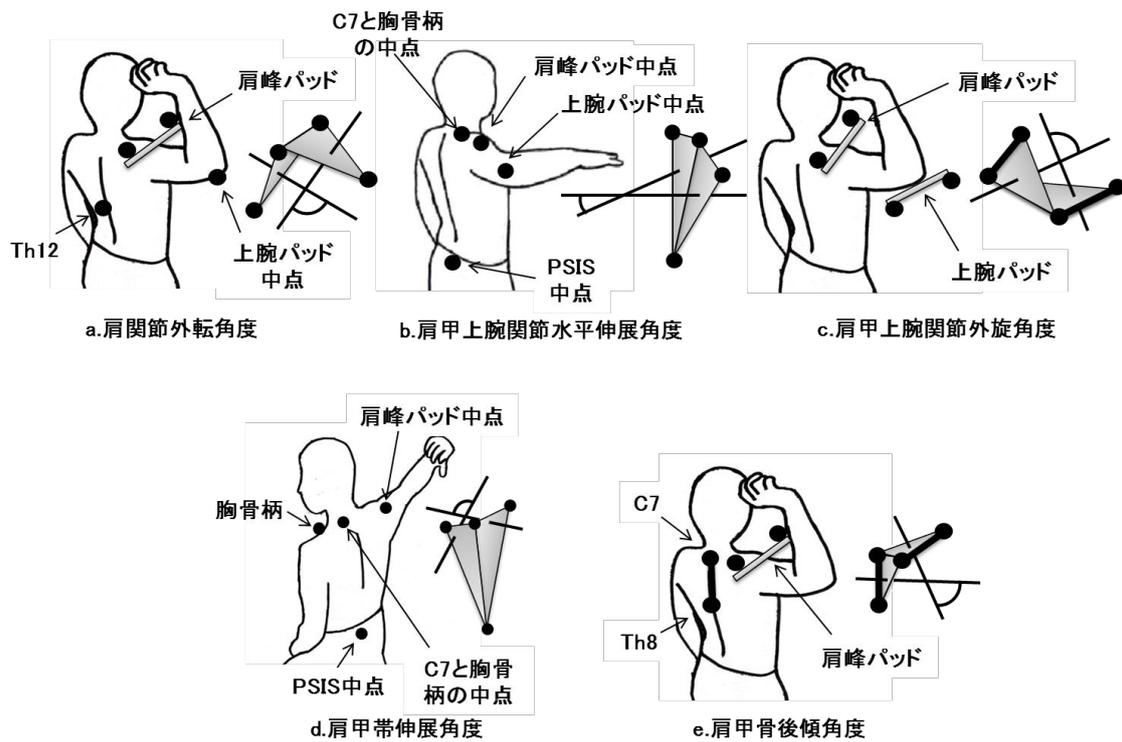


図 3. 各関節角度の算出方法

- a. 肩外転角度: 体幹に対する上腕の角度であり, 肩甲上腕関節および肩甲骨の運動を含む肩関節全体の外転角度である. Th12 棘突起, 肩峰パッドの両端からなる平面の法線ベクトルと, 肩峰パッドの両端, 上腕パッドの midpoint からなる平面の法線ベクトルがなす角度を肩外転角度として算出した.
- b. 肩甲上腕関節水平伸展角度: 上腕パッドの midpoint, 肩峰パッドの midpoint, 両上後腸骨棘 (PSIS) の midpoint からなる平面の法線ベクトルと, 肩峰パッドの midpoint, C7 棘突起と胸骨柄の midpoint, 両 PSIS の midpoint からなる平面の法線ベクトルがなす角度を肩甲上腕関節水平伸展角度として算出した.
- c. 肩甲上腕関節外旋角度: 肩峰パッド両端の点と上腕パッドの外側端の点の 3 点からなる平面の法線ベクトルと, 上腕パッドの両端と肩峰のパッドの後方端の 3 点からなる平面の法線ベクトルのなす角度を肩甲上腕関節外旋角度として算出した.
- d. 肩甲骨伸展角度: C7 棘突起と胸骨柄の midpoint, 胸骨柄, 両 PSIS の midpoint からなる平面の法線ベクトルと, C7 棘突起と胸骨柄の midpoint, 肩峰パッドの midpoint, 両 PSIS の midpoint からなる平面の法線ベクトルがなす角度を肩甲骨伸展角度として算出した.
- e. 肩甲骨後傾角度: 肩峰パッド両端と C7 棘突起の 3 点からなる平面の法線ベクトルと C7, Th8 棘突起と, 肩峰パッド後端の 3 点からなる平面の法線ベクトルのなす角度を肩甲骨後傾角度として算出した.

【結果】

MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度と足部接地時の肩甲骨腕関節水平伸展角度の間に有意な正の相関がみられた ($r=0.52$, $p<0.05$)。また, MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度と足部接地時の肩甲骨後傾角度の間に有意な負の相関がみられた ($r=-0.65$, $p<0.01$) (図 4)。その他の項目では有意な相関はみられなかった。

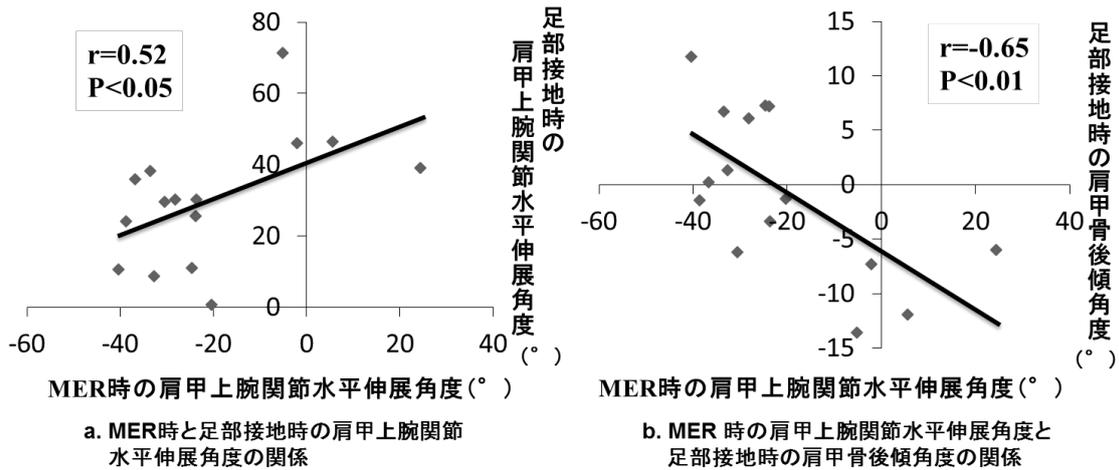


図 4. 肩最大外旋位 (MER) 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度と足部接地時の各関節角度の関係

【考察】

本研究の結果, 足部接地時の肩甲骨腕関節水平伸展角度と MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度の間に, 有意な正の相関がみられた。このことは, 足部接地時に肩甲骨腕関節水平伸展角度が増大したいわゆる「肘を後方に引きすぎた」投球動作では, MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度も増大していることを示している。さらに, MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度と足部接地時の肩甲骨後傾角度の間に有意な負の相関関係がみられた。つまり, 足部接地時に肩甲骨が前傾位にあるほど MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度が増大しているといえる。

信原は, 足部接地時とリリース時の間の検討ではあるが, それぞれの肩水平伸展角度の間に正の相関がみられたと報告している⁸⁾。このように, 足部接地時の肩甲骨腕関節水平伸展角度は, その後の位相にお

ける肩甲骨腕関節水平伸展角度の変化に関連する可能性が高い。また, MER における肩甲骨腕関節水平伸展角度の増大を予防するためには肩甲骨の伸展運動が重要となる³⁾が, 肩甲骨が前傾するほど, 運動学的には肩甲骨の伸展運動が制限される。そのため, 足部接地時の過剰な肩内旋・伸展運動に伴って生じる肩甲骨の前傾は, 足部接地以降の位相での肩甲骨の伸展運動を制限してしまう。結果として, MER での肩甲骨腕関節水平伸展角度の増大に至ると考えられる。さらに, 肩甲骨前傾位では, 肩外転運動時に肩甲骨に対して相対的に上腕骨の(水平)伸展方向への動きを伴いやすい。そのため, 足部接地時に肩甲骨前傾位を呈する投球動作は, 同時に肩甲骨腕関節水平伸展角度が増大する可能性が高く, これは MER での肩甲骨腕関節水平伸展角度の増大につながると考えられる。

以上のことから, hyperangulation に伴う投球障害のリハビリテーション及び予防のためには, 足部接地時に肩甲骨腕関節水平伸展角度及び肩甲骨前傾角度が増大しないよう対策を講じる必要がある. そして, そのために重要となるのは, 足部接地時にこれらの肢位が生じる要因をさらに明らかにすることである. ワインドアップから足部接地における骨盤の後傾, 胸椎後彎アライメント⁹⁾ や肘, 前腕の機能低下¹⁰⁾ は, テイクバック動作に影響を与え, 結果として足部接地時に肩甲骨前傾, 肩関節水平伸展位を招くとされている. さらに早期コッキング期での僧帽筋下部線維の作用もテイクバック時に肩甲骨を主体とした肩水平伸展運動を行う上で重要だと報告されている¹¹⁾. このように, 足部接地時の肩甲骨腕関節水平伸展角度及び肩甲骨前傾角度の増大が生じる理由には, 肩甲骨周囲の機能的な問題や投球動作における前腕や体幹・下肢との連動など, 多くの要因があげられる. そのため選手ごとに異なる足部接地時の肩甲骨腕関節水平伸展角度及び肩甲骨前傾角度を増大させる要因を評価し, それに対してアプローチを行うことで, 結果として, MER での肩甲骨腕関節水平伸展角度増大を防ぐことができると考える.

【結語】

1. 大学野球投手を対象に, MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度と足部接地時の各関節角度の相関関係を分析した.
2. MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度は, 足部接地時の肩甲骨腕関節水平伸展角度との間に正の相関, 足部接地時の肩甲骨後傾角度との間に負の相関がみられた.
3. 足部接地時の肩甲骨腕関節水平伸展角度の増大及び肩甲骨後傾角度の減少は, MER 時の肩甲骨腕関節水平伸展角度の増大につながり, hyperangulation による障害に至る危険性が高まると考えられる.

【文献】

- 1) Frank W. Jobe. OPERATIVE TECHNIQUES IN UPPER EXTREMITY SPOTRS INJURIES. USA : Mosby-Year book ; 1996. 164-176.

- 2) 中原啓吾. 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, 2008.
- 3) 小山太郎, 宮下浩二, 松下廉. 投球動作における肩最大外旋時の肩甲骨腕関節水平伸展角度に影響を与える因子. 日本臨床スポーツ医学会誌 2014 ; 4 : S133.
- 4) 宮下浩二, 浦辺幸男, 小林寛和ほか. 投球動作の肩最大外旋角度に相関する要因. 体力科学 2008 ; 57 : 141-150.
- 5) Abdel-Aziz YI, H.M. Kahara. Direct linear transformation from comparator coordination into object coordinates in close-range photogrammetry. In Proceedings of the American Society of Photogrammetry Symposium on Close-Range Photogrammetry. Falls Church (VA) : American Society of Photogrammetry Symposium on Close-Range Photogrammetry. 1971 : 1-19.
- 6) Miyashita, Koji1, Kobayashi Hirokazu, Koshida Sentaro. Glenohumeral, scapular, and thoracic angles at maximum shoulder external rotation in throwing. The American journal of sports medicine 2010 ; 38(2) : 363-368.
- 7) 宮下浩二, 小林寛和, 横江清司. 投球動作における下肢・体幹・上肢関節の連動. Journal of Athletic Rehabilitation 2003 ; 4 : 39-49.
- 8) 信原克哉. 肩 その機能と臨床. 第4版. 東京: 医学書院 ; 2012. 349-415.
- 9) 宮下浩二. 下肢・体幹機能からみた肩関節インピンジメント症候群に対する運動療法 - その評価と治療のコツ -. 臨床スポーツ医学 2013 ; 30(5) : 473-478.
- 10) 宮下浩二. 投球動作のバイオメカニクスとコンディショニングのポイント. 臨床スポーツ医学 2012 ; 29(12) : 1183-1188.
- 11) 田中稔, 佐藤克己, 永元英明ほか. プロ野球投手の肩甲帯機能と障害発生因子: 僧帽筋下部の重要性. 肩関節 2012 ; 36(3) : 1023-1027.