

女子プロ野球投手における投球フォームと肘関節最大内反トルクとの関連

東 善一¹ 松井 知之¹ 瀬尾 和弥²
 平本真知子¹ 盛房 周平¹ 森原 徹³

¹丸太町リハビリテーションクリニック ²京都府立医科大学附属病院リハビリテーション部

³京都府立医科大学スポーツ傷害予防医学講座

Correlation of Throwing Kinematics and Maximum Elbow Varus Torque for Women's Professional Baseball Pitchers

Yoshikazu Azuma¹ Tomoyuki Matsui¹ Kazuya Seo²
 Machiko Hiramoto¹ Shuhei Morifusa¹ Toru Morihara³

¹Marutamachi Rehabilitation Clinic ²Rehabilitation Unit, Kyoto Prefectural University of Medicine

³Department of Prevention of Sports Injury, Kyoto Prefectural University of Medical Science

われわれはトップレベルである全女子プロ野球投手における投球フォームと肘関節最大内反トルクとの関連について検討した。対象は全力投球可能な女子プロ野球投手 12 名とした。全力投球時の球速をスピードガンで、投球フォームを三次元動作解析装置で測定した。球速および投球動作中の各関節角度と肘関節最大内反トルクとの関係を Pearson の相関係数によって検討した ($P < .05$)。球速と肘関節最大内反トルクの間には相関を認めなかった ($r = .17, P = .61$)。投球動作中の各関節角度と肘関節最大内反トルクの間では、9 変数との関連を示し、特に投球方向への腰椎回旋角度と最も高い正の相関を認めた ($r = .83, P < .01$)。体幹によってエネルギーを産出できない場合、代償として上肢依存の投球となり、肘関節最大内反トルクは高値を示したと考えた。

【はじめに】

日本における女子野球は、2010 年に女子プロ野球リーグが誕生し、女子高等学校野球チームは 2007 年の 5 チームから、2015 年の 21 チームへと増加している。また女子の野球日本代表チームは現在、IBAF 女子野球ワールドカップで 4 連覇を果たしており、世界でもトップレベルで活躍している。

女子野球の発展が期待されるが、スポーツ障害の一つに肘関節痛が問題点として挙げられる。その疫学として男子野球選手で 45.5%¹⁾、女子野球選手 41.6%²⁾ と、高頻度に肘関節痛を認めたと報告されている。その中でも肘関節内側部障害の発生頻度は高く³⁾、そのメカニズムとして投球中に過剰な肘関節外反ストレスを繰り返し受けることで発症する⁴⁾。男子野球投手では肘関節外反ストレスの指標となる肘関節最大内反トルクは、球速⁵⁾や投球フォーム⁶⁾と関連していると報告されている。女子野球投手の投球動作では、非投球側下肢接地時に胸郭を投球方向へ向けている、ボールリリース時に非投球側膝関節を屈曲させているなど、男子野球投手と異なる点が報告されている⁷⁾。そのため、肘関節最大内反トルクと関連する投球フォームも男子野球投手と異なる可能性があるが、女子野球投手における報告は見当たらない。

今回、われわれは女子野球投手の中でもトップレベルの全女子プロ野球投手を対象に、肘関節最大内反トルクと投球フォームとの関連を検討した。

【対象と方法】

対象は女子プロ野球投手のうち、サイドスロー、アンダースロー、および疼痛により全力投球できないものを除く 12 名とした。年齢、身長、体重はそれぞれ平均 23.9±3.3 歳、164.7 ± 4.1 cm、61.2 ± 6.7 kg であった。

被験者の体表に plug in pitch model⁸⁾、および plug in gait model⁹⁾に従って、赤外線反射マーカーを貼付した。十分なウォーミングアップの後、前方に設置したネットに向かって全力投球を行わせた。

全力投球時の球速をスピードガン (Stalker SOLO 2TM, Applied Concepts, USA) で、投球フォームを 10 台の赤外線カメラおよび 2 台の床反力計 (BP6001200TM, AMTI, USA) で構成した三次元動作解析装置 (VICON MXTM, Vicon motion systems, UK) を用い、周波数 500Hz で測定した。5 試行の全力投球を測定し、最速の試行を解析対象とした。

投球動作の分析区間を Jobe¹⁰⁾、Fleisig⁵⁾、瀬尾¹¹⁾らの報告を参考にし、非投球側膝最大挙上

Key words : women's professional baseball pitchers (女子プロ野球投手), maximum elbow varus torque (肘関節最大内反トルク), throwing kinematics (運動学)

Address for reprints : Yoshikazu Azuma, Marutamachi Rehabilitation Clinic, 12 Kurumazaka-cho Nishinokyo, Nakagyo-ku Kyoto 604-8405 Japan

(KHE: knee high elevation), 非投球側下肢接地 (FC: foot contact), 投球側肩関節最大外旋位 (MER: maximum shoulder external rotation), ボールリリース (BR: ball release) の時点で区分した。投球動作の時間的要素を評価するために、投球開始からフォロースルーまでを 100% とした (%PC: pitching cycle)。

各選手の投球側肘関節最大内反トルクおよび最高球速の平均±標準偏差を算出した。また、肘関節最大内反トルクと球速、および投球動作中の各関節角度 (%PC の 0.2% ごとにおける足関節、膝関節、股関節、骨盤、腰椎、胸郭、肩関節、肘関節、手関節の角度) との関連を Pearson の相関係数によって検討した ($P < .05$)。なお、骨盤、胸郭の角度については測定空間上の座標系となす角度であり、方向および傾斜を図 1, 2 のように定義した。

【結 果】

肘関節最大内反トルクについては、全例において MER 直前に生じており、平均 49.5 ± 10.2 Nm であった。各選手における最高球速は平均 103.5 ± 6.2 km/h であった。肘関節最大内反トルクと球速との関連については、 $r = .17$, $P = .61$ であり、相関を認めなかった (図 3)。

肘関節最大内反トルクと下肢および体幹の関節角度との関連については、FC 直前において非投球側股関節外旋角度 ($r = .58 - .59$)、投球方向への腰椎回旋角度 ($r = .58 - .83$)、および胸郭の方向 ($r = .58 - .60$) との間で有意に正の相関を、MER 前では骨

盤前傾角度 (全区間 $r = -.58$) と有意に負の相関、そして腰椎屈曲角度 ($r = .58 - .64$) と有意に正の相関を認めた (図 4)。

肘関節最大内反トルクと上肢の関節角度との関連については、FC 直前において、肩関節外転角度 ($r = -.63 - -.58$) と有意に負の相関を、FC 後から MER 前では肩関節水平内転角度 ($r = .59 - .61$)、肘関節伸展角度 ($r = .59 - .81$)、および前腕回内角度 ($r = .59 - .66$) と有意に正の相関を認めた (図 4)。

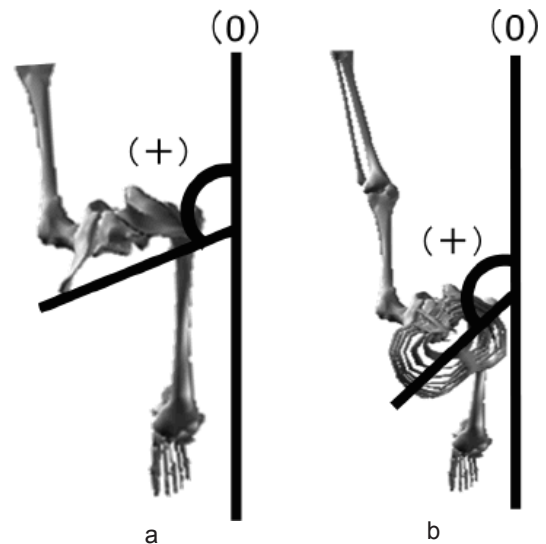


図 1 骨盤・胸郭の方向
a: 骨盤, b: 胸郭

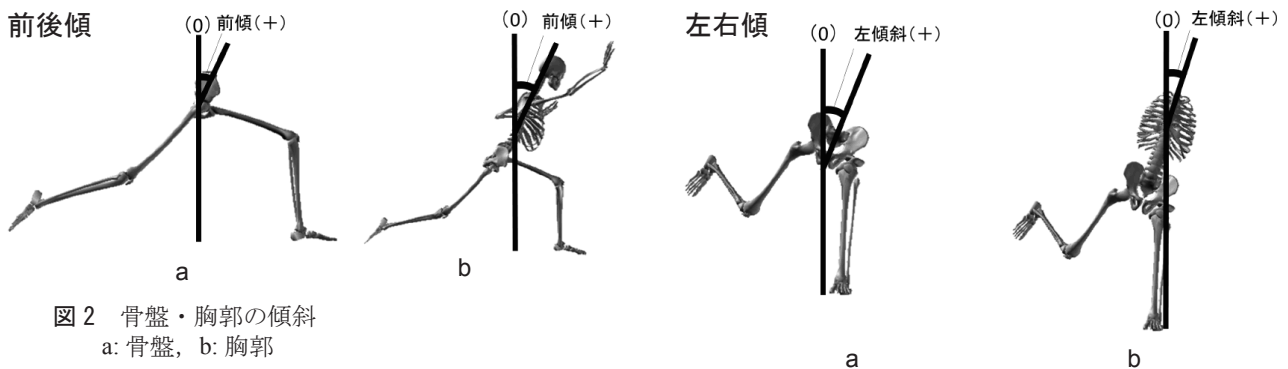


図 2 骨盤・胸郭の傾斜
a: 骨盤, b: 胸郭

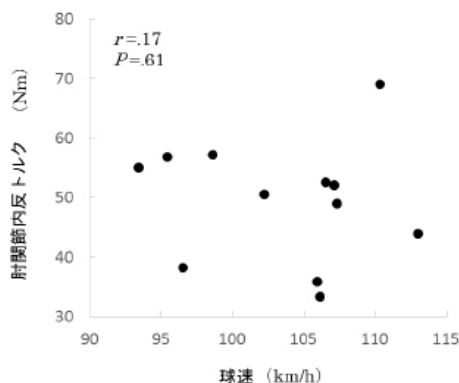
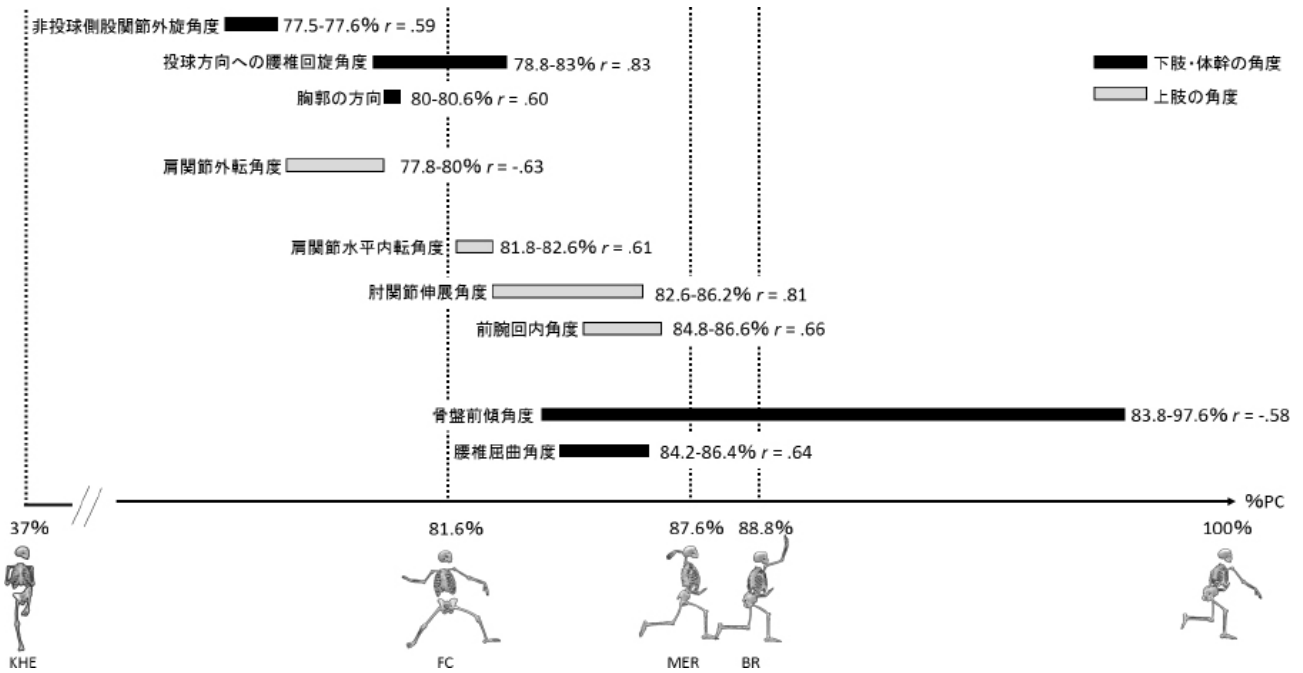


図 3 球速と肘関節最大内反トルクとの関係



KHE : knee high elevation
 FC : foot contact
 MER : maximum shoulder external rotation
 BR : ball release
 % PC : pitching cycle

黒色 : 下肢・体幹の角度と有意に相関を認めた区間 ($P < .05$)
 灰色 : 上肢の角度と有意に相関を認めた区間 ($P < .05$)
 r は有意に相関を認めた区間内における最大値を示す。

図4 肘関節最大内反トルクと有意に相関を認めた投球動作中の関節角度について

【考 察】

今回、女子プロ野球投手における肘関節最大内反トルクおよび最高球速はそれぞれ平均 49.5 ± 10.2 Nm, 103.5 ± 6.2 km/h であり、国際大会レベルの女子野球投手における肘関節最大内反トルクおよび最高球速 (平均 46 ± 9 Nm, 96.5 ± 5.4 km/h)⁷⁾ と近似していた。

女子プロ野球投手において、肘関節最大内反トルクと球速との間に相関を認めなかった。若年者、高校生、大学生、プロの男子投手における比較では、レベルが上がるにつれて球速は有意に増加し、肘関節最大内反トルクも有意に増加したと報告されている⁵⁾。このことから、球速は肘関節最大内反トルクを増大させる要因の一つと考えられる。しかし、今回、肘関節最大内反トルクと球速との間に相関を認めておらず、女子プロ野球投手では、投球フォームが肘関節最大内反トルクに影響を及ぼしていると考えられた。

肘関節最大内反トルクと下肢および体幹の関節角度との関連については、FC直前において非投球側股関節外旋角度、投球方向への腰椎回旋角度、および胸郭の方向との間に正の相関を認めた。これは

骨盤を胸郭よりも投球方向へ先行させるほど、肘関節最大内反トルクは低値を示すことを表している。男子投手では、FC前に投球方向へ腰椎を回旋する投手と比較し、FC後に腰椎を回旋する投手の肘関節最大内反トルクは小さい⁶⁾と報告されており、今回の結果と同様であった。このことから、肘関節最大内反トルクの軽減には、投球動作中における骨盤、体幹の使い方が重要であると考えられた。

MER前では、肘関節最大内反トルクと骨盤前傾角度は負の相関を、腰椎屈曲角度と正の相関を認めた。骨盤後傾および腰椎屈曲では円背姿勢を呈するため、肩甲骨後傾および胸椎伸展角度は減少する。MERでの投球姿勢では、肩関節外旋だけでなく、肩甲骨後傾および胸椎伸展角度の寄与が重要と報告されている¹²⁾。よって、円背姿勢を呈することで過剰な肩関節外旋や肘関節外反ストレスの増大を生じた可能性が考えられた。

肘関節最大内反トルクと上肢の関節角度との関連については、FC直前において、肩関節外転角度と負の相関を認めた。男子投手では、BRにおける肩関節外転角度の減少によって、肘関節最大内反トルクは増大すると報告されている¹³⁾。女子プロ野球

投手では、FC直前における肩関節外転角度の減少によって、BRでも同様に肩関節外転角度の減少をきたし、肘関節最大内反トルクは増大した可能性がある。また、男子投手では、MERにおいて、過度に非投球側への体幹側方傾斜を認める投手の肘関節最大内反トルクは、体幹側方傾斜を認めない投手より大きいと報告されている¹⁴⁾。このことから、体幹を非投球側へ傾斜することで肩関節外転角度の減少を代償し、肘関節最大内反トルクは増大したと考えられた。

FC後からMER前では肩関節水平内転角度、肘関節伸展角度、および前腕回内角度と正の相関を認めた。男子投手では、FCからMERにおける過剰な肩関節水平内転によって、肘関節内反トルクは増大すると報告されている¹⁵⁾。女子プロ野球投手では、男子投手の結果と同様に上肢依存の投球動作となることで、肘関節最大内反トルクは増大したと考えられた。また、上肢依存の投球動作については、体幹によるエネルギー産出不足を代償した結果の可能性があるため、前述と同様に、投球動作中における骨盤、体幹の使い方が重要であると考えられた。

本研究結果から、女子プロ野球投手では、投球動作のFC直前において骨盤を胸郭よりも投球方向へ先行させ、MER前に骨盤前傾、腰椎伸展する骨盤、体幹の使い方によって、肘関節最大内反トルクを減少させることが明らかとなった。このことから、女子野球投手では男子投手と同様に、上肢依存の投球動作を回避するために、骨盤、体幹の使い方を改善することが、肘関節痛の予防に重要と考えられる。

【まとめ】

1. 女子プロ野球投手を対象に、投球フォームと肘関節最大内反トルクとの関連について検討した。
2. 肘関節最大内反トルクは、FC直前における非投球側股関節外旋角度、投球方向への腰椎回旋角度、胸郭の方向、肩関節外転角度、FC後からMER前における骨盤前傾角度、腰椎屈曲角度、肩関節水平内転角度、肘関節伸展角度、および前腕回内角度との間に相関を認めた。
3. FC直前から、体幹によってエネルギーを産出できない場合、代償として上肢依存の投球となり、肘関節最大内反トルクは高値を示したと考えられた。

【文 献】

- 1) 大歳憲一, 加賀孝弘, 猪狩貴弘ほか:【少年野球における肘障害の予防】予防活動の実際 福島県での取り組み—形態変化と肘痛との関係—. 関節外科. 2014; 33: 72-5.
- 2) 米川正悟, 服部麻倫, 渡邊幹彦ほか: 女子硬式野球選手の肩・肘投球障害の検討—アンケート調査を用いて—. 整スポ会誌. 2012; 32: 70-3.
- 3) 森原 徹, 木田圭重, 琴浦義浩ほか:【少年野球における肘障害の予防】予防活動の実際 京都府での取り組み—小学生, 中学生, 高校生に対する縦断野球検診—. 関節外科. 2014; 33: 60-4.
- 4) Chen FS, Rokito AS, Jobe FW: Medial elbow problems in the overhead throwing athlete. J Am Acad Orthop Surg. 2001; 9: 99-113.
- 5) Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, et al: Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. J Biomech. 1999; 32: 1371-5.
- 6) Aguinaldo AL, Chambers H: Correlation of Throwing Mechanics with elbow valgus load in adult baseball pitchers. Am J Sports Med. 2009; 37: 2043-8.
- 7) Chu Y, Fleisig GS, Simpson KJ, et al: Biomechanical comparison between elite female and male baseball pitchers. J Appl Biomech. 2009; 25: 22-31.
- 8) Wu G, Helm FCT, Veeger HEJ, et al: ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—part II: shoulder, elbow, wrist and hand. Journal of Biomechanics. 2005; 38: 981-92.
- 9) 宮崎茂明, 石田康行, 鳥取部光司ほか: 投球動作における身体運動と肩甲帯周囲の筋活動特性—正常肩および投球障害肩での検討—. 臨バイオメカニクス. 2011; 32: 167-72.
- 10) Jobe FW, Bradley JP: Rotator cuff injuries in baseball. Prevention and rehabilitation. Sports medicine. 1988; 6: 378-87.
- 11) 瀬尾和弥, 森原 徹, 松井知之ほか: 高校生野球投手における投球側下肢に着目した投球動作解析. 臨スポーツ医. 2013; 21: 618-22.
- 12) Miyashita K, Kobayashi H, Koshida S, et al: Glenohumeral, scapular, and thoracic angles at maximum shoulder external rotation in throwing. Am J Sports Med. 2010; 38: 363-8.
- 13) Matsuo T, Fleisig GS, Zheng N, et al: Influence of shoulder abduction and lateral trunk tilt on peak elbow varus torque for college baseball pitchers during simulated pitching. Journal of Applied Biomechanics. 2006; 22: 93-102.
- 14) Oyama S, Yu B, Blackburn JT, et al: Effect of excessive contralateral trunk tilt on pitching biomechanics and performance in high school baseball pitchers. Am J Sports Med. 2013; 41: 2430-8.
- 15) Fortenbaugh D, Fleisig GS, Andrews JR: Baseball pitching biomechanics in relation to injury risk and performance. Sports Health. 2009; 1: 314-20.