

# 投球動作における前腕筋群の筋活動解析

## - 日米のプロ野球公認球間の比較 -

### Analysis of forearm muscle activity in pitching

### - Comparison between Japanese and American professional official balls -

スポーツ医科学研究領域  
5018A032-5 久保田 錬

研究指導教員: 金岡 恒治 教授

#### 【背景】

野球は肘や肩など上肢の障害が好発するスポーツである。成人した野球選手に好発する投球肘障害として肘尺側副靭帯(以下 UCL)損傷があげられる。投球動作における肩関節最大外旋の直前に生じる肘への負荷は、UCL の破断強度を上回っており、動作不良や運動連鎖の乱れは投球中の肘への負荷を増大させ、UCL 損傷の発生リスクになるとされている。このため投球中の肘への負荷を減少させるために、外反制動機能を有するとされる前腕回内屈筋群の作用が必要と考えられている。近年、日本野球機構(以下 NPB)から Major League Baseball(以下 MLB)に移籍した投手において、UCL 損傷が発生するケースが報道されている。2007 年から 2019 年に NPB から MLB に移籍した投手 24 名中 9 名に投球肘障害が発生し、その内 6 名においては 2014 年から 2019 年に発生していた。NPB と MLB の環境の違いとして、マウンドの硬さや高さやボールの違いなど様々な要因が挙げられ、特にボールの違いにおいて、NPB から MLB へ移籍した選手において主観的に重く、滑りやすく、縫い目が高いとの意見がある。しかし NPB と MLB 球のボールの違いについて検証した研究はない。そこで本研究の目的は、NPB 球と MLB 球での投球が、前腕筋群および投球動作に与える影響を明らかにすることとした。

#### 【方法】

対象者は大学硬式野球部に所属する選手とし、17 名の選手(平均年齢: 20±1 歳、平均身長 171.9±4.8cm、平均体重 68.7±7.3 kg、平均競技歴 13±1 年)が本研究に参加した(守備位置内訳: 投手 2 名、捕手 1 名、内野手 11 名、外野手 3 名)。除外基準は、肩関節および肘関節に重篤な障害の既往のある選手、最大努力で投球動作ができない選手とした。投球動作は、三次元動作解析装置の赤

外線カメラ 8 台とハイスピードカメラ 1 台によって計測した。三次元空間位置座標から体幹座標系、上腕座標系、前腕座標系、手部座標系を設定し、肩関節角度を体幹座標系に対する上腕座標系の相対位置、肘関節および前腕部の角度を上腕座標系に対する前腕座標系の相対位置、手関節角度は前腕座標系に対する手部座標系の相対位置より、全て Z 軸-Y 軸-X 軸の順で回転させ、オイラー角で算出した。各関節の角度を微分することによって各関節の角速度を算出した。投球動作中の前腕筋群の筋活動は、無線筋電計を用いて、投球側の尺側手根屈筋(以下 FCU)、円回内筋(以下 PT)、浅指屈筋(以下 FDS)、橈側手根伸筋(ECR)を計測した。また、全ての試技で球速を計測した。実験試技は NPB 球、MLB 球、また重量の異なる 3oz 球、7oz 球を用い、加えて手を濡らした WET 条件の計 5 条件の投球動作とした。各条件の投球動作は 10 球ずつのを行い、最初に NPB 球と MLB 球の投球をランダムに実施し、その後 WET 条件、3oz 球、7oz 球をランダムに実施した。全試技の終了後、NPB 球と MLB 球および全条件間の投球時における主観的な差(好み、滑りやすさ、重さ、球速、制球)に関して調査するアンケートを行った。筋活動の解析区間は投球動作中の膝最大挙上位(MKE)から足部接地(FC)までを「Early cocking」、FC から肩関節最大外旋位(MER)までを「Late cocking」、MER からボールリリース(BR)までを「Acceleration」、BR から肩関節最大内旋(MIR)までを「Deceleration」とし、加えて Late cocking の中間から Acceleration の中間までの期間を「MER 前後」、MER から 20msec 前の期間を「MER 直前」、BR の前後 10msec の期間を「BR 前後」の Phase とした。各筋の各 Phase における筋活動量を最大随意等尺性収縮(MVIC)時の筋活動量で正規化し、%MVIC として算出した。解析試技は各条件における最も球速の速い

3 試技とし、3 試技の平均値を各対象者の代表値とした。筋活動量における外れ値の処理には四分位範囲を用いて外れ値を除外した。統計処理として投球時の前腕の筋活動様式を明らかにするため、NPBにおいて Phase を要因とした反復測定分散分析を行い、下位検定には Bonferroni 法を用いて比較した。またボールの違いによる差を比較するために、球速、各 Phase における各前腕筋の %MVIC、各タイミング(MKE, FC, MER, BR, MIR)時の各関節角度および角速度を①NPB 球と MLB 球、② NPB 球(DRY 条件)と WET 条件、③3oz 球、NPB 球(5oz 球)、7oz 球間で比較し、①②においては対応のない t 検定を用い、③においては重さを要因とした一元配置分散分析を行い下位検定には Tukey 法を用いた。

## 【結果】

球時における前腕の筋活動は、いずれの筋においても Phase における主効果を認め、FCU, PT, FDS は Acceleration から Deceleration, ECR は Late cocking と Deceleration が他の Phase に対して高い活動を示した(図 1)。ボールの違いでは NPB 球に対して MLB 球において、Deceleration における FCU の活動量が有意に低下し、また BR 前後において ECR の活動量が有意に増加した(図 2)。DRY 条件に対して WET 条件において、球速が低下した。また FCU, PT, FDS の全 Phase、また ECR の BR 前後を除いた全 Phase において全体的に活動量が有意に低下し、ECR の BR 前後 Phase において、統計的な差はないが活動量が増加した。重量の異なるボールにおいて、重量が重いほど球速が低下したが、筋活動に差を認めなかった。いずれの条件においても、各タイミングにおける各関節の角度および角速度に差を認めなかった。主観的な評価として、NPB 球と MLB 球において、MLB 球に対して NPB 球が好み、制球しやすいと回答したものが多く、NPB 球に対して MLB 球が滑りやすい、重い、球速が出しやすいと回答したものが多かった。また全条件間において、NPB 球が最も好みで制球しやすい、WET 条件が最も滑りやすい、7oz 球が最も重い、3oz 球が最も球速が出しやすいと回答した選手が多かった。

## 【考察】

投球時に前腕筋群(FCU, PT, FDS)は Acceleration 以降の腕の角速度変化が大きい時期に高い筋活動を示した。これは遠心力に抗してボールを把持するために活動していたと考える。また ECR は Late cocking と

Deceleration で高い活動を示した。Late cocking 中に手関節は背屈し、Deceleration は BR 後に、掌屈角速度を減速させるために ECR は高い活動を示したと考える。

本研究において、BR 周囲の Phase においてのみ NPB 球に対して MLB 球での投球で FCU の筋活動が低値を示し、ECR の筋活動が高値を示した。主観的な回答において、MLB 球は NPB に対して滑りやすいと回答が多かった。また本研究では、全条件で最も滑りやすかった WET 条件が DRY 条件に対して全体的に前腕筋の活動が低下し、BR 前後でのみ統計的な差はないが活動が増加していた。強い把持力が必要な場合、ECR の活動によって手関節を安定させ強い把持力を得る。また、制球のために前腕屈筋群の作用を抑え、掌屈角速度を制限することから、本研究の結果は MLB 球が滑りやすく、高い把持力が必要になるため ECR の活動が増加し、制球のため FCU の活動を低下させたと考える。NPB 球と MLB 球の違いは球速および投球動作と MER 周囲の Phase における前腕筋群の筋活動に差がなかったことから、UCL への負荷減少のため、前腕回内屈筋群の活動を高めるだけでは、MLB へ移籍した投手の肘障害予防にならない可能性がある。

## 【結論】

前腕筋群は投球時にボールリリース前後で高い活動を示し、NPB 球および MLB 球の違いでは、UCL に最も負荷が加わる MER 周囲の Phase において、前腕筋群に差を認めなかつたが、比較的滑りやすい MLB のボールで Deceleration において FCU の活動は低下し、BR 前後で ECR の活動が増加した。

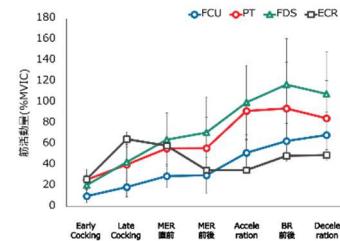


図 1 投球時における前腕筋群の筋活動様式

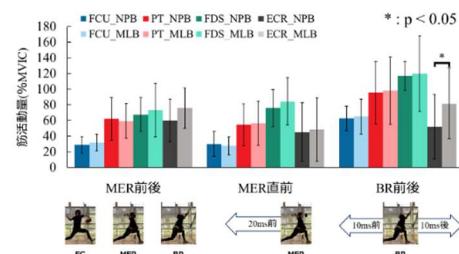


図 2 NPB 球と MLB 球間における前腕筋の筋活動比較