

# 高校野球投手における Early-Cocking 時の肩関節および肘関節角度と Acceleration 時の尺側手根屈筋の筋活動の関連性

Relationship Between the Muscular Activity of the Flexor Carpi Ulnaris Muscle in Acceleration and the Shoulder and Elbow Joint Angle During the Early Cocking Phase in High School Baseball Pitchers

西 亮介\*<sup>1</sup>, 小保方祐貴\*<sup>1</sup>, 釜谷邦夫\*<sup>2</sup>

キー・ワード : Pitching, Flexor Carpi Ulnaris Muscle, Muscular Activity  
投球動作, 尺側手根屈筋, 筋活動

〔要旨〕 投球動作中の肩関節最大外旋 (Maximum External Rotation; 以下, MER) 時に生じる肘外反モーメントによって投球肘障害が発生するとされている。この肘外反モーメントを制御するために尺側手根屈筋 (Flexor Carpi Ulnaris Muscle; 以下, FCU) の過剰な防御性収縮が生じることで上腕骨内側上顆炎が発症する。運動連鎖の観点から Early-Cocking を修正することで肘外反モーメントおよび FCU の過剰な防御性収縮を軽減することができると考えられる。本研究の目的は, Early-Cocking における Foot-Plant (以下, FP) 時の肩・肘関節角度と Acceleration 時の FCU の筋活動の関連性を明らかにすることを目的とした。対象は, 健常高校野球投手 9 名とし, 投球動作を三次元動作解析装置および表面筋電図を用いて分析した。評価項目は投球動作時の肩・肘関節角度, FCU の筋活動とし, 各項目間の相関関係を検討した。結果, FP 時の肩・肘関節角度と FCU の筋活動に相関関係を認めなかった。MER 時の肘関節屈曲角度と FCU の筋活動に有意な負の相関関係を認めた。また, FP 時の肩関節外転角度と MER 時の肘関節屈曲角度に正の相関関係の傾向を認めた。このことから FP 時の肩・肘関節角度は間接的に Acceleration 時の尺側手根屈筋の筋活動に影響を及ぼす可能性が考えられた。

## 緒 言

投球肘障害は, 投球時に肘の痛みが生じるスポーツ障害の一つである。上肢投球障害の発症要因は, (1) 投球数, イニング数など (Overuse) (2) 可動域や筋力などの関節機能低下 (身体的要因) (3) 不適切な投球動作 (技術的要因) の大きく 3 つに分けられる<sup>1,2)</sup>。投球数に関して, 日本臨床スポーツ医学会の青少年の野球障害に対する提言<sup>3)</sup>

では, 高校生では全力投球 1 日 100 球以内, 週 500 球以内としている。身体的要因に関して, 肩関節可動域や肩関節筋力低下などの機能低下は投球肩障害のみではなく投球肘障害に関しても影響を与えることが報告されている<sup>4)</sup>。

投球動作は, 一般的には 6 相に分類<sup>5,6)</sup> され, Wind-Up, Early-Cocking, Late-Cocking, Acceleration, Deceleration, Follow-Through に分けられる。また, Late-Cocking を Acceleration に含めることもある。この投球相のうち, Late-Cocking と Acceleration の切り替え時期にあたる Maximum External Rotation (以下, MER) において肘

\*<sup>1</sup> 東前橋整形外科病院リハビリテーションセンター

\*<sup>2</sup> 東前橋整形外科病院整形外科

外反モーメントが発生し<sup>7)</sup>, 度重なる過剰な肘外反モーメントが肘内側側副靭帯へ加わることで投球肘障害が発生するとされている<sup>8,9)</sup>. さらに, この肘外反モーメントを動的に制御するために尺側手根屈筋 (Flexor Carpi Ulnaris Muscle; 以下, FCU) の過剰な防御性収縮が生じることで, 上腕骨内側上顆炎が発症するとされている<sup>9)</sup>. DiGiiovine ら<sup>6)</sup> は筋内に電極を挿入する Basmajian 法によって投球動作中の筋活動を調査し, プロ野球選手, 大学生における FCU の %Maximum Voluntary Contraction (以下, MVC) が Foot-Plant (以下, FP) から MER 時に 41%, MER 時から Ball Release (以下, BR) 時に 112% であったことを報告している. これらのことから, MER 時の肘外反モーメントの増加は投球肘障害を引き起こし得る力学的パラメーターであり, FCU の筋活動は重要な指標であると考えられる.

投球動作における肘外反モーメントの増加因子として Acceleration 時に肩関節の外転角度が減少する“肘下がり”などの不良動作が報告されている<sup>1,10)</sup>. しかし, Acceleration は非常に高速な運動<sup>9)</sup>であり, 不良動作の修正は困難であるとされている<sup>11)</sup>. 運動連鎖の観点から Early-Cocking が Acceleration の不良動作を引き起こす<sup>12)</sup> とされていることから, Early-Cocking の問題が投球肘障害の一因となる可能性が考えられる. また, Early-Cocking は意識下の運動であるため修正可能<sup>11)</sup> であり, 宮下ら<sup>13)</sup> は FP 時の上肢肢位を修正することが容易であると述べている. そのため, Early-Cocking を修正することで Acceleration での肘外反モーメントおよび FCU の過剰な防御性収縮を軽減することができると考えられる. 先行研究<sup>14)</sup> では, FP 時の肩・肘関節角度と Acceleration 時の肘外反モーメントの関係性を調査した研究は存在するものの, 投球動作中の生体内の反応である FCU の筋活動の関係性は渉猟し得た限り見当たらない.

以上から, 本研究の目的は, FP 時の肩・肘関節角度と Acceleration (FP~MER, MER~BR) 時の FCU の筋活動の関連性を明らかにし, 投球肘障害の予防の一助とすることとした.

## 対象および方法

### 1. 対象

オーバースローもしくはスリークォータース

ローの硬式野球部全国大会出場レベルの健常高校野球投手を対象とした. なお, 除外基準は, 過去 3 ヶ月以内に運動に支障をきたす外傷, 障害の既往がないもの, 医師により投球禁止されているもの, その他, 医師の判断により対象として不適当と判断されたものとした. なお, 本研究は事前に東前橋整形外科病院倫理委員会の承認を得た (承認番号: 2017-04). 本研究の参加に際し, 全ての対象者, 対象者の保護者もしくは保護者と同等のものには, ヘルシンキ宣言に従い, 研究の趣旨, 内容, および調査結果の取り扱いなどに関して口頭および文書にて説明して, 書面にて参加の同意を得た.

### 2. 方法

事前にウォーミングアップを行い, 室内実験室にて表面筋電図を用いた最大随意収縮計測を行った. その後, 4m 先のネットに向かってセットアップポジションより直球を全力投球にて 3 回実施した.

#### 1) 筋電図解析

表面筋電図 (日本光電社製, マルチテレメーターシステム WEB-5000) を使用し, 皮膚処理を十分に行い対象者の投球側前腕部に電極を貼付した. 被験筋を FCU として貼付位置は上腕骨内側上顆から 5cm 遠位とした. 電極中心距離は 1cm, 筋線維方向に並行に貼付した. なお, サンプリング周波数は 1000Hz とした. 座位にて肩関節中間位, 肘関節 90 度屈曲位, 前腕回外位で手関節の尺屈方向に最大随意等尺性収縮を行った. 等尺性にて手関節尺屈を 5 秒間, 最大随意収縮を 1 回実施し, そのうち 1 秒間の FCU の筋活動を計測した. 1 秒間の MVC を 100% として FP から MER, MER から BR の二つの区間における筋活動を %MVC にて算出した. なお, 投球動作を妨害しない様に表面筋電図のコードを体表にテープで固定した.

#### 2) 動作解析

三次元動作解析装置 (アニマ社製, ローカス 3D MA-3000) および床反力計 (アニマ社製, MG-1060) を使用し, サンプリング周波数はそれぞれ三次元動作解析装置 100Hz, 床反力計 1000Hz とした. 対象者の体表に反射マーカーを左右の肩峰最後方部・肘頭・尺骨茎状突起・上後腸骨棘 (Posterior Superior Iliac Spine; 以下, PSIS)・大転子・大腿骨外側上顆・外果・第 5 中足骨頭 (計 16 個) に貼付した (図 1). PSIS と大転子および大腿骨外側上

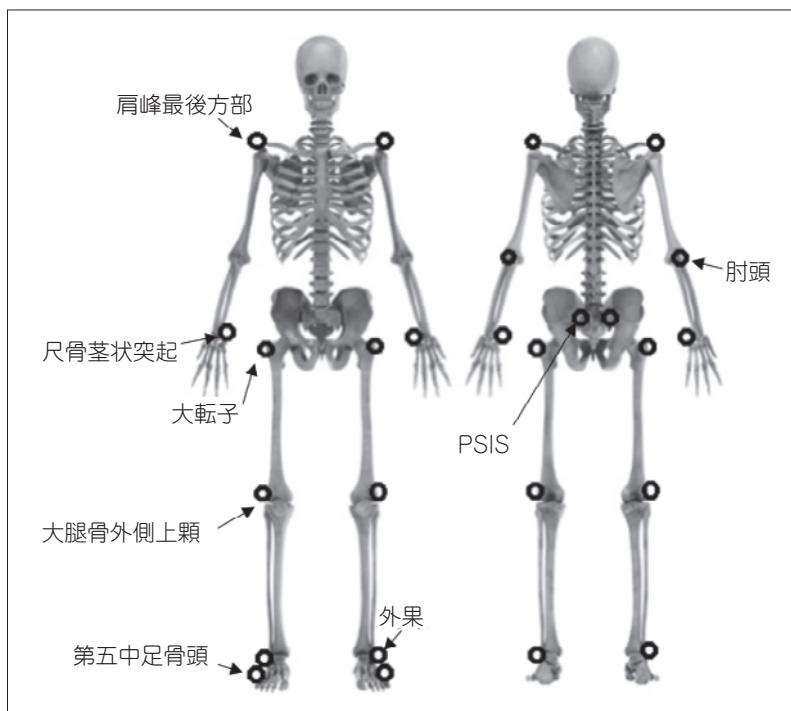


図1 反射マーカ―貼付位置

顆の反射マーカ―に関してはスパッツ上に貼付し、その他の反射マーカ―は体表に貼付した。

### 3) データ解析

データ解析には、本装置に同期したソフトウェアである動作解析ソフト(アニメ社製, MA-3000)を使用した。Z軸は、鉛直軸に合わせ、上方を正とし、解析ソフト内で空間座標系と体節座標系からマーカ―の位置と相対角度を定義した。

得られたデータから、FP・MER・BRの3時点の肩・肘関節の関節角度(肩関節外転・肩関節水平外転・肩関節内旋・肘関節屈曲)を算出した(図2)。肩関節外転角度は、投球方向に対してFP時は矢状面、MERおよびBR時は前額面での右肩峰と右PSISを結んだ線を基本軸、右肩峰と右肘頭を結んだ線を移動軸として正の方向を肩関節外転とした。肩関節水平外転角度は、投球方向に対して全ての相において水平面での左右肩峰を結んだ線を基本軸、右肩峰と右肘頭を結んだ線を移動軸として正の方向を肩関節水平外転、負の方向を肩関節水平内転とした。肩関節内旋角度は、投球方向に対してFP時は前額面、MERおよびBR時は矢状面での右肩峰と右PSISを結んだ線を基本軸、右肘頭と右尺骨茎状突起を結んだ線を移動軸として正の方向を肩関節内旋、負の方向を肩関節外旋とした。肘関節屈曲角度は、投球方向に対してFP

時は矢状面、MER時は前額面、BR時は矢状面での右肩峰と右肘頭を結んだ線を基本軸、右肘頭と右尺骨茎状突起を結んだ線を移動軸として正の方向を肘関節屈曲とし、それぞれ解析パラメータとして算出した。なお、上記の関節角度設定は右投手の場合であり、左投手の場合は左右を反転した。

各パラメータの同期方法と投球相の決定として、静止状態の床反力計データ1秒間の平均値から $\pm 2SD$ 以上変位した時点をもとにFPとした。MERは三次元動作解析装置によって肩関節外旋角度が最大値となった瞬間とした。BRはハイスピードカメラ(CASIO社製, EX-100)にてボールが指先から離れた瞬間とした。

なお、BRを撮影できる様に、カメラ高を100cm、床反力計から180cm離れた位置に設置し、ハイスピードカメラにて撮影した。BRのタイミングと三次元動作解析装置および表面筋電図と同期させるため、床反力計に対し検者が投球前に金槌で叩打し、床反力計に接地した瞬間をハイスピードカメラにて撮影した。床反力計のデータから金槌が接地したピーク値からBRまでの時間を基に、三次元動作解析および表面筋電図と同期した。なお、ハイスピードカメラのサンプリング周波数は480Hzとした。

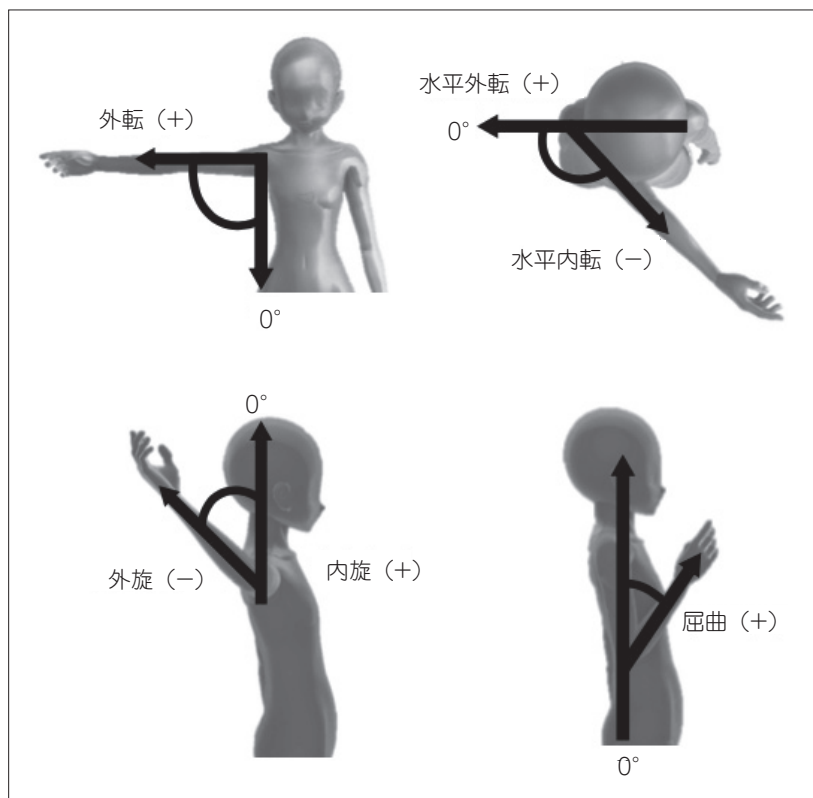


図2 関節角度設定

表1 各投球相における肩・肘関節角度

投球相	関節・方向	角度 (度)
FP	肩関節外転	80.2 (67.3, 87.8)
	肩関節水平外転	21.4 (14.8, 35.4)
	肩関節内旋	76.9 (67.1, 105.6)
	肘関節屈曲	110.4 (103.5, 124.5)
MER	肩関節外転	112.9 (109.8, 114.2)
	肩関節水平外転	30.4 (26.5, 35.3)
	肩関節内旋	82.8 (77.1, 85.3)
	肘関節屈曲	106.1 (99.8, 108.9)
BR	肩関節外転	112.7 (110.9, 116.9)
	肩関節水平外転	25.6 (23.7, 30.7)
	肩関節内旋	33.9 (29.5, 41.6)
	肘関節屈曲	44.3 (34.2, 46.8)

Median (First Quartile, Third Quartile)

#### 4) 統計解析

投球時の肩関節角度(外転・水平外転・内旋), 肘関節角度(屈曲)と各相(FP~MER, MER~BR)のFCUの筋活動量(%MVC)は3回の測定平均値を代表値とし, 2変数ともにShapiro-Wilk検定により正規性を確認したのち, Spearmanの順位相関係数を求めた. 統計ソフトはIBM SPSS statistics Ver.23.0 for Macを使用し, 有意水準は5%

とした.

## 結果

### 1. 基本属性

除外基準に当てはまらず, 同意が得られた9名(右投げ6名, 左投げ3名)を対象とした. なお, 対象者の身長, 体重はそれぞれ  $172.1 \pm 4.2\text{cm}$ ,  $71.5 \pm 4.2\text{kg}$ であった.

### 2. 動作解析

中央値(第一四分位数, 第三四分位数)にて表記をする.

#### 1) 関節角度(表1)

FPからMER・MERからBRにかけて, 四分位範囲が徐々に収束しており, FPの肩・肘関節角度は被検者間の差が大きく, MERおよびBRは被験者間の差が小さかった. FP時, 対象者は, 全て肩関節外転・水平外転・内旋位, 肘関節屈曲位. MER時, 対象者は, 全て肩関節外転・水平内転・外旋位, 肘関節屈曲位. BR時, 対象者は, 全て肩関節外転・水平内転・内旋位, 肘関節屈曲位であった.

#### 2) FCUの筋活動

投球動作時のFCUの筋活動(%MVC)は, FP~



表 2 投球動作時の肩・肘関節角度と FCU の筋活動 (%MVC) の相関関係

投球相	関節・方向	%MVC (FP-MER)	%MVC (MER-BR)
FP	肩関節外転	-0.08	0.35
	肩関節水平外転	-0.17	-0.36
	肩関節内旋	0.45	0.13
	肘関節屈曲	-0.28	-0.51
MER	肩関節外転	-0.28	-0.13
	肩関節水平外転	0.45	0.30
	肩関節内旋	0.33	0.10
	肘関節屈曲	-0.70*	-0.06
BR	肩関節外転	0.46	0.21
	肩関節水平外転	0.31	0.10
	肩関節内旋	0.46	0.66†
	肘関節屈曲	-0.56	-0.50

\* :  $p < 0.05$

† :  $p = 0.05$

表 3 投球動作時の各相の肩・肘関節角度と FP 時の肩・肘関節の相関関係

投球相	関節・方向	FP 時の関節角度			
		肩関節外転	肩関節水平外転	肩関節内旋	肘関節屈曲
FP	肩関節外転	—	-0.91*	-0.23	-0.06
	肩関節水平外転	-0.91*	—	0.35	-0.21
	肩関節内旋	-0.23	0.35	—	-0.55
	肘関節屈曲	-0.06	-0.21	-0.55	—
MER	肩関節外転	0.05	-0.10	-0.58	0.13
	肩関節水平外転	-0.43	0.56	0.10	-0.48
	肩関節内旋	-0.06	0.03	0.30	-0.03
	肘関節屈曲	0.66†	-0.58	-0.61	0.10
BR	肩関節外転	-0.21	0.38	0.43	-0.55
	肩関節水平外転	-0.43	0.58	0.31	-0.45
	肩関節内旋	-0.31	-0.50	0.10	-0.21
	肘関節屈曲	0.26	-0.40	-0.15	0.56

\* :  $p < 0.05$

† :  $p = 0.05$

MER で 56% (32, 91%), MER~BR で 208% (155, 274%) であった。

### 3. 相関関係

#### 1) 投球動作時の肩・肘関節角度と FCU の筋活動の相関関係 (表 2)

FP 時の肩・肘関節角度と投球動作における FCU の FP~MER および MER~BR での筋活動に有意な相関関係を認めなかった。MER 時における肘関節屈曲角度と FP~MER の FCU の筋活動において、有意な負の相関関係を認めた ( $p < 0.05$ )。その他、MER 時の肩・肘関節角度と FP~MER および MER~BR の FCU の筋活動に有意な相関関係は認めなかった。BR 時における肩関

節内旋角度と MER~BR の FCU の筋活動において、正の相関関係の傾向を認めた ( $p = 0.05$ )。その他、BR 時の肩・肘関節角度と FP~MER および MER~BR の FCU の筋活動に有意な相関関係は認めなかった。

#### 2) 投球動作時の各相の肩・肘関節角度の相関関係

##### (1) FP 時の関節角度と各相の肩・肘関節角度の相関関係 (表 3)

FP 時における肩関節外転角度と FP 時の肩関節水平外転角度において、有意な負の相関関係を認めた ( $p < 0.05$ )。FP 時における肩関節外転角度と MER 時の肘関節屈曲角度において、正の相関

表 4 投球動作時の各相の肩・肘関節角度と MER 時の肩・肘関節の相関関係

投球相	関節・方向	MER 時の関節角度			
		肩関節外転	肩関節水平外転	肩関節内旋	肘関節屈曲
FP	肩関節外転	0.05	-0.43	-0.06	0.66 <sup>†</sup>
	肩関節水平外転	-0.10	0.56	0.03	-0.58
	肩関節内旋	-0.58	0.10	0.30	-0.61
	肘関節屈曲	0.13	-0.48	-0.03	0.10
MER	肩関節外転	—	0.13	-0.68*	0.26
	肩関節水平外転	0.13	—	-0.25	-0.50
	肩関節内旋	-0.68*	-0.25	—	-0.01
	肘関節屈曲	0.26	-0.50	-0.01	—
BR	肩関節外転	-0.03	0.73*	0.06	-0.53
	肩関節水平外転	-0.10	0.66 <sup>†</sup>	-0.46	-0.46
	肩関節内旋	-0.26	0.18	0.43	-0.15
	肘関節屈曲	-0.17	-0.95*	0.26	0.46

\* : p<0.05

† : p=0.05

表 5 投球動作時の各相の肩・肘関節角度と BR 時の肩・肘関節の相関関係

投球相	関節・方向	BR 時の関節角度			
		肩関節外転	肩関節水平外転	肩関節内旋	肘関節屈曲
FP	肩関節外転	-0.21	-0.43	-0.31	0.26
	肩関節水平外転	0.38	0.58	-0.50	-0.40
	肩関節内旋	0.43	0.31	-0.10	-0.15
	肘関節屈曲	-0.55	-0.45	-0.21	0.56
MER	肩関節外転	-0.03	-0.10	-0.26	-0.11
	肩関節水平外転	0.73*	0.66 <sup>†</sup>	0.18	-0.95*
	肩関節内旋	0.06	-0.46	0.43	0.26
	肘関節屈曲	-0.53	-0.46	-0.15	0.46
BR	肩関節外転	—	0.30	-0.17	-0.66 <sup>†</sup>
	肩関節水平外転	0.30	—	-0.13	-0.61
	肩関節内旋	-0.17	-0.13	—	-0.23
	肘関節屈曲	-0.66 <sup>†</sup>	-0.61	-0.38	—

\* : p<0.05

† : p=0.05

関係の傾向を認めた (p=0.05). その他の FP 時の肩・肘関節角度に有意な相関関係は認めなかった。

(2) MER 時の関節角度と各相の肩・肘関節角度の相関関係 (表 4)

MER 時における肩関節外転角度と MER 時の肩関節内旋角度において, 有意な負の相関関係を認めた (p<0.05). MER 時における肩関節水平外転角度と BR 時の肩関節外転角度において, 有意な正の相関関係を認めた (p<0.05). MER 時における肩関節水平外転角度と BR 時の肘関節屈曲角

度において有意な負の相関関係を認めた (p<0.05). MER 時における肩関節水平外転角度と BR 時の肩関節水平外転角度において正の相関関係の傾向を認めた (p=0.05). その他の MER 時の肩・肘関節角度に有意な相関関係は認めなかった。

(3) BR 時の関節角度と各相の肩・肘関節角度の相関関係 (表 5)

BR 時における肩関節外転角度と BR 時の肘関節屈曲角度において, 負の相関関係の傾向を認めた (p=0.05). その他の BR 時の肩・肘関節角度に有意な相関関係は認めなかった。

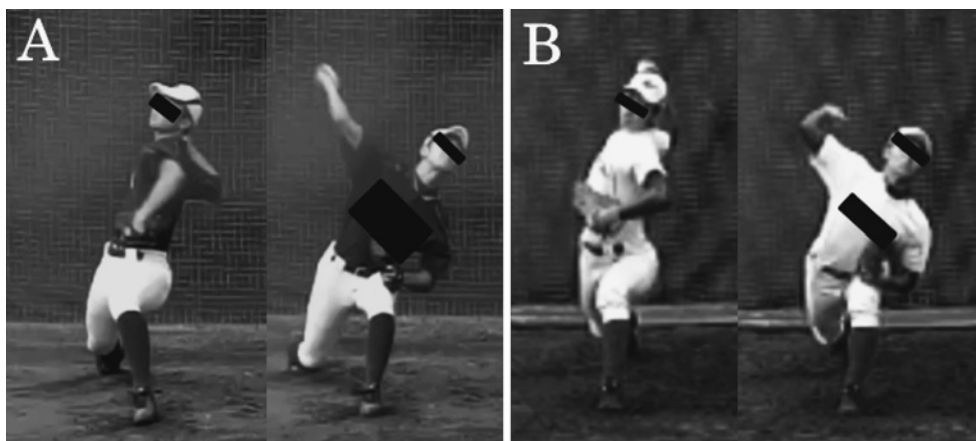


図3 FP時の肩関節外転角度が小さい選手の投球動作の一例

**A：不良例**

FP時の肩関節外転角度が小さく、肩関節水平外転角度が大きい。それに伴いFP時の体幹伸展位となっている。その結果、MER時において側方への傾斜を認め、肘関節屈曲角度が小さくなっている。

**B：適正例**

FP時の肩関節外転角度が大きく、肩関節水平外転角度が小さい。その結果、MER時において肘関節屈曲角度が大きくなっている。

## 考 察

本研究では、表面筋電図を用いたFCUの%MVCがFPからMER時に56%、MER時からBR時に208%であり、先行研究<sup>6)</sup>では、筋内に電極を挿入するBasmajian法を用いてFCUの%MVCがFPからMER時に41%、MER時からBR時に112%であったことを報告している。そのため、先行研究<sup>6)</sup>と同様の傾向を示しており本研究の妥当性が担保されていると考えられる。本研究では表面筋電図を用いているため、先行研究と比較して%MVCが大きくなったと考えられる。

FP～MERのFCUの筋活動とMER時における肘関節屈曲角度に有意な負の相関関係を認め、MER時の肘関節屈曲角度が小さくなることでFP～MERのFCUの筋活動が大きくなることが明らかになった。MER時の肘関節屈曲角度の減少は、いわゆるアーム投法と呼ばれる不良な投球動作の一つであり、アーム投法はモーメントアームが長くなることで、より肘外反モーメントが大きくなるとされている<sup>1,10)</sup>。また、肘外反モーメントが最大となるのはMER時<sup>7)</sup>であり、Aguinaldoら<sup>15)</sup>は、肘外反モーメントが最大時の肘関節屈曲角度と肘外反モーメントに負の相関関係があり、肘関節屈曲角度の減少によって肘外反モーメントが大きくなると報告している。本研究においても、

MER時の肘関節屈曲角度が小さくなることで、肘外反モーメントが大きくなり、それに抗するためFCUの筋活動が大きくなったと考えられる。また、MER時の肘関節屈曲角度とFP時の肩関節外転角度と正の相関関係の傾向を認めたことからFP時の肩関節外転角度が小さくなることでMER時の肘関節屈曲角度が小さくなることが示唆された。FP時の肩関節外転角度が小さくなるとMER時の肘関節屈曲角度が小さくなる要因の一つとして、FP時の肩関節水平外転角度が考えられる。FP時の肩関節外転角度とFP時の肩関節水平外転に有意な負の相関関係を認めたことから、肩関節外転角度減少の代償としてFP時の肩関節水平外転角度が大きくなったと考えられる。一般的にFP時の過度な肩関節水平外転は体幹伸展を伴うことが多い<sup>16)</sup>。FP時の体幹伸展位からMERに移行することで体幹の側方への傾斜が強まり、遠心力によってMER時の肘関節伸展角度が大きくなったのではないかと考えられる。上記のようなFP時の肩関節水平外転が大きい投球動作を示した例と小さかった例を供覧する(図3)。Early-Cocking時の肩・肘関節角度は直接的にFP～MERのFCUの筋活動に影響を及ぼさないが、FP時の関節角度が次相の投球動作に影響を与えているため、投球動作中のFCUの筋活動に間接的に影響を及ぼしている可能性がある。しか

し, Werner ら<sup>14)</sup>は, FP 時の肩関節外転角度と肘外反モーメントに正の相関関係があり, FP 時の肩関節外転角度が大きくなると肘外反モーメントが大きくなると報告している. 一般的な FP 時の肩関節外転角度は 90 度<sup>17)</sup>とされているのに対し, Werner ら<sup>14)</sup>の報告では約 110 度, 本研究は約 80 度であった. これは, FP 時の肩関節外転角度には, ある一定の適切な肩関節外転角度が存在し, それを超えるもしくは下回る肩関節外転角度になると, その後の投球動作にそれぞれ異なる影響を及ぼし, 肘外反モーメントおよび投球動作中の FCU の筋活動に影響を及ぼす可能性が考えられる.

本研究の限界と今後の課題として, 本研究で明らかになったことは相関関係だけであり, 因果関係を明らかにするためには, 今後サンプルサイズを大きくして, より統計学的に検出力を高めた上で再度検討する必要がある. 本研究では FCU のみの筋活動を解析しており, その他の筋群の検討がなされていないため, 肘外反モーメントを制動するとされる橈側手根屈筋・円回内筋<sup>6,18)</sup>などの筋活動との関係性も明らかにする必要がある. さらに, 本研究で解析していない球速や球種が肘外反モーメントを増加させる因子として報告<sup>19,20)</sup>されているため今後の課題となる. また, 本研究では体幹伸展や側方傾斜角度を算出していないため, FP 時の肩関節外転角度および肩関節水平外転角度との関係性や FCU の筋活動との関係性は明らかにできなかった. そのため, 今後, FP 時と MER 時の体幹伸展および側方傾斜を算出し, FCU の筋活動との関係性を検討する必要がある.

## 結 語

FP~MER の FCU の筋活動は MER 時の肘関節屈曲角度と有意な相関関係を認め, MER~BR の FCU の筋活動は BR 時の肩関節内旋角度との相関関係の傾向を認めた. また, FCU の筋活動と相関関係を認めた MER 時の肘関節屈曲角度は, FP 時の肩関節外転角度との相関関係の傾向を示した. そのため, FP 時の肩・肘関節角度は直接的に Acceleration (FP~MER, MER~BR) の FCU の筋活動に影響は及ぼさないが, FP 時の肩・肘関節角度が次相の投球動作に影響を与える可能性が示唆されたため, 投球動作中の FCU の筋活動に間接的に影響を及ぼす可能性がある. そのため,

FP 時の肩・肘関節角度を修正することは投球肘障害の予防の一助となる可能性が考えられる.

## 利益相反

本論文に関連し, 開示すべき利益相反はなし.

## 文 献

- 1) 松尾知之. 競技復帰のための投球フォーム—指導者の経験知とバイオメカニクス研究の融合点から探る—. 臨床スポーツ医学. 2012; 29: 313-319.
- 2) Oyama S. Baseball pitching kinematics, joint loads, and injury prevention. J Sport Health Sci. 2012; 1: 80-91.
- 3) Available at: [https://www.rinspo.jp/pdf/proposal\\_03-1.pdf](https://www.rinspo.jp/pdf/proposal_03-1.pdf) [Accessed 25 May, 2018].
- 4) 吉田雅人, 大藪直子, 土屋篤志, 他. 原テストによる少年野球選手のメディカルチェック: 肘の疼痛及び障害との関係について. 肩関節. 2010; 34: 907-910.
- 5) 田中 洋, 立花 孝, 大井雄紀, 他. 投球動作のバイオメカニクスと投球障害. 臨床スポーツ医学. 2012; 29: 47-54.
- 6) DiGiovine NM, Jobe FW, Pink M, et al. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. J Shoulder Elbow Surg. 1992; 1: 15-25.
- 7) Fleisig G, Andrews R, Dillman J, et al. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med. 1995; 23: 233-239.
- 8) 高原政利. 肘関節内側副韧带損傷(障害). 臨床スポーツ医学. 2009; 26: 517-522.
- 9) 堀内行雄, 高山真一郎, 仲尾保志, 他. 成人の投球による肘の障害—病態と治療—. 臨床スポーツ医学. 2001; 18: 151-156.
- 10) 瀬戸口芳正. 投球フォームと肩・肘障害. 臨床スポーツ医学. 2013; 30: 831-839.
- 11) 遠藤和博, 浜田純一郎. 上肢と肩甲骨運動から見た投球動作の仕組み. 臨床スポーツ医学. 2012; 29: 41-45.
- 12) 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: 1183-1188.
- 13) 宮下浩二, 浦辺幸夫, 小林寛和, 他. 投球動作の肩最大外旋角度に相関する要素. 体力科学. 2008; 57: 141-150.
- 14) Werner S, Murray T, Hawkins R, et al. Relationship



- between throwing mechanics and elbow valgus in professional baseball pitchers. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002; 11: 151-155.
- 15) Aguinaldo L, Chambers H. Correlation of throwing mechanics with elbow valgus load in adult baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2015; 37: 2043-2048.
- 16) 岩堀裕介. 投球障害に対する投球フォームへの介入. In: 菅谷啓之 (編). 肩と肘のスポーツ障害診断と治療のテクニック. 第1版. 東京: 中外医学社: 120-143, 2012.
- 17) Park S, Loebenberg M, Rokito A, et al. The shoulder in baseball pitching: biomechanics and related injuries- part 1. *Bull Hosp Jt Dis.* 2003; 61: 68-79.
- 18) Hsu J, Peng Q, Schafer D, et al. In vivo three-dimensional mechanical actions of individual flexor-pronator muscles: Role in elbow valgus stability. *J Appl Biomech.* 2008; 24: 325-332.
- 19) Hurd W, Jazayeri R, Mohr K, et al. Pitch velocity is a predictor of medial elbow distraction forces in the uninjured high school-aged baseball pitcher. *Sports Health.* 2012; 4: 415-418.
- 20) 中村康雄, 中村真里, 林 豊彦. 球種の違いを考慮した投球動作中の肘関節運動の逆動力学解析. *日本臨床バイオメカニクス学会誌.* 2003; 24: 317-321.
- 
- (受付: 2020年9月24日, 受理: 2021年5月10日)

## Relationship Between the Muscular Activity of the Flexor Carpi Ulnaris Muscle in Acceleration and the Shoulder and Elbow Joint Angle During the Early Cocking Phase in High School Baseball Pitchers

Nishi, R. <sup>\*1</sup>, Obokata, Y. <sup>\*1</sup>, Kamatani, K. <sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Higashimaebashi Orthopedic Hospital Rehabilitation Center

<sup>\*2</sup> Higashimaebashi Orthopedic Hospital Orthopedics

**Key words:** Pitching, Flexor Carpi Ulnaris Muscle, Muscular Activity

**[Abstract]** Objectives: The purpose of this study was to clarify the relationship between the muscular activity of the flexor-carpi-ulnaris-muscle (FCU) and the shoulder and elbow joint angle during foot-plant (FP).

Methods: We instructed nine healthy high school baseball pitchers to throw three balls. We performed our analysis with three-dimensional movement analysis and electromyography. We assessed the shoulder and elbow joint angle and the muscular activity of the FCU, and analyzed the correlation between these items using a statistical method.

Results: There was not a significant correlation between the shoulder and elbow joint angle in FP or the muscular activity of the FCU. There was a significant negative correlation between the elbow joint angle in maximum-external-rotation (MER) and the muscular activity of the FCU. There was also a tendency of a positive correlation between the elbow joint flexion angle in MER and the shoulder joint abduction angle in the FP.

Conclusion: We found that the shoulder and elbow joint angle in the FP doesn't have a direct influence on the muscular activity of the FCU. However, it may influence it indirectly.