

## 第1章 序論

### 1.1. 野球の最近の動向

野球は日本で人気のあるスポーツの一つであり、国民の関心事項のひとつとなっている。夏の全国高等学校野球選手権大会では、高校生野球選手の活躍が脚光を浴びる一方、投球過多に関する議論もしばしば話題に上っている。投手の負担を考慮し、2018年からタイブレーク方式が導入された。

野球は小学校低学年から練習を開始する選手も多い。伊藤ほか<sup>1)</sup>は高校生を対象としたアンケート調査で、肩関節部痛は高校生から、肘関節部痛は小・中学生からの発生が多いと報告している。町田ほか<sup>2)</sup>は15歳以下の子どもを対象に投球フォームの解析を行い、大人の投球フォームと比較して上肢に負担がかかる可能性を報告している。成長期には肩・肘関節を中心とした障害が多く、中には障害を残す選手も存在する。

### 1.2. 投球障害

野球はオーバーヘッドスポーツであり、投球障害は投球動作の繰り返しによって発生する慢性障害である。

投球動作には体幹、股関節および肩関節を中心とした回旋エネルギーが重要であり、これらの可動域が減少していると肩関節や腰部に重大な障害をもたらす可能性がある<sup>3)</sup>。また肩関節内旋の可動域制限は肘関節の障害を発生させる危険因子<sup>4) 3)</sup>とされている。

投球動作は上肢帯のみならず体幹・下肢の運動連鎖の影響を受ける<sup>5) 6) 7)</sup>ため、身体各部位のわずかな機能低下が投球側の肩・肘関節へ影響を及ぼし、外傷を発生させる<sup>4)</sup>。肩・肘関節に障害が出現することなく、競技を続けていくためには障害予防に視点をおいた身体づくりが必要である<sup>4) 3)</sup>。

### 1.3. 女子野球選手の人口増加

女子硬式野球人口は全日本女子野球連盟によると、2017年2月現在で約1811人である。日本高等学校野球連盟が加盟校の部員数を約16万8千人と報告していることと比べると、まだまだ規模の小さい競技である。しかし、全国高等学校女子硬式野球連盟によると、2007年には5校であった高校硬式野球部が2016年には26校となっていることから、着実に競技人口は増加している。

2009年に日本女子プロ野球機構が発足し、2010年に女子プロ野球が開幕した。2018年にはIBAF女子野球ワールドカップで、女子プロ野球選手の活躍によって日本が6連覇を果たした。

世界トップレベルの女子プロ野球を筆頭に、女子野球は盛り上がりを見せている。しかしながら、投球障害を有する選手も存在し、障害予防が急務である。

#### 1.4. 本研究の目的

これまでの報告の問題点として、野球選手の肩関節に関しては多くの研究がなされているが、そのほかの関節に関して不明であることが挙げられる。また対象のほとんどが男子野球選手である。男性と女性では骨格が異なっており、その身体特性も異なることが予想される。競技力向上や障害予防に向けて、女子野球選手個人に応じたコンディショニングの確立が必要である。

本研究の意義は基礎データの収集・解析により選手個人の競技力向上、障害予防法の第一歩とすることである。

本研究の目的は野球選手、特に急増している女子野球選手のトップに位置する女子プロ野球選手の関節可動域特性を明らかにし、コンディショニング指導の一助とするとした。

#### 1.5. 研究課題

競技を考慮した関節可動域の検討

性差を考慮した関節可動域の検討

年代間を考慮した関節可動域の検討

関節可動域とパフォーマンスおよびスポーツ障害との関係

#### 1.6. 仮説

野球選手において肩関節と同様に体幹、股関節にも左右差が存在する、また女子野球選手にも男性同様の競技特性が存在するとした。

### 2. 文献研究

#### 2.1. 野球選手の身体特性に関する研究

男子野球選手における身体特性として、非投球側と比較して投球側の肩関節外旋可動域が増加し、内旋可動域が減少すること<sup>8) 9) 10) 11)</sup>、股関節については非投球側の内外旋可動域が増加すること<sup>12)</sup>が報告されている。

#### 2.2. 投球障害のリスク因子に関する研究

これまでに体格<sup>13)</sup>や関節可動域<sup>14)15)</sup>、筋力<sup>16)</sup>、投球数<sup>17)</sup>、ポジション<sup>18)</sup>などについて研究が行われてきた。

投球障害と各関節可動域の関連性について、下肢体幹の関節可動域制限によって不良な投球フォームとなり、投球障害を引き起こすことが知られている<sup>19)</sup>。Shanley et al.<sup>20)</sup>は肩関節内旋制限 (glenohumeral internal rotation deficit, GIRD) が肩・肘関節障害において4倍の発症リスクであると、Myers et al.<sup>21)</sup>は肩関節内インピンジメント症候群の選手ではGIRDが大きいと報告している。一方、肩関節内旋、外旋および水平内転の減少と肩関節上方関節唇損傷 (superior labrum anterior and posterior lesion, SLAP 損傷)

や肘関節内側副靭帯損傷との関連性はないとする報告<sup>22) 23)</sup> もみられる。このように単関節可動域と投球障害との関連性については不明な点も多い。投球障害は、年齢、身長・体重、経験年数、疲労、ポジション、投球数、練習量、球種、関節可動域、筋力など複合的な要因が絡み合い発生する<sup>20) 24) 23)</sup>。近年、肩関節内旋と外旋を加えた肩関節回旋角度の減少と肘関節障害との関連性<sup>25)</sup> や、股関節伸展と肩関節外旋に相関のある選手では肩関節障害を有すると報告<sup>19)</sup> されている。

### 2.3. 日本臨床スポーツ医学会，アメリカの提言

日本臨床スポーツ医学会学術委員会は1995年に青少年の野球障害に対する提言を報告している。

#### 青少年の野球障害に対する提言

スポーツを楽しむことは青少年の健全な心身の育成に必要である。野球はわが国における最もポピュラーなスポーツの一つであるが、骨や関節が成長しつつある年代における不適切な練習が重大な障害を引き起こす事もあるので、その防止のために以下の提言を行う。

- 1) 野球肘の発生は11, 12歳がピークである。従って、野球指導者はとくにこの年頃の選手の肘の痛みと動きの制限には注意を払うこと。野球肩の発生は15, 16歳がピークであり、肩の痛みと投球フォームの変化に注意を払うこと。
- 2) 野球肘、野球肩の発生頻度は、投手と捕手に圧倒的に高い。従って、各チームには、投手と捕手をそれぞれ2名以上育成しておくのが望ましい。
- 3) 練習日数と時間については、小学生では、週3日以内、1日2時間をこえないこと、中学生・高校生においては、週1日以上以上の休養日をとること。個々の選手の成長、体力と技術に応じた練習量と内容が望ましい。
- 4) 全力投球数は、小学生では1日50球以内、試合を含めて週200球をこえないこと。中学生では1日70球以内、週350球をこえないこと。高校生では1日100球以内、週500球をこえないこと。なお、1日2試合の登板は禁止すべきである。
- 5) 練習前後には十分なウォームアップとクールダウンを行うこと。
- 6) シーズンオフを設け、野球以外のスポーツを楽しむ機会を与えることが望ましい。
- 7) 野球における肘・肩の障害は、将来重度の後遺症を引き起こす可能性があるため、その防止のためには、指導者との密な連携のもとでの専門医による定期的検診が望ましい。

日本臨床スポーツ医学会学術委員会  
委員長 大国 真彦  
整形外科専門部会  
委員長 渡辺 好博

アメリカメジャーリーグ機構（MLB）が米国野球連盟（USA Baseball）とともに若年層の野球選手やコーチ、親などを対象にした啓蒙プログラム「ピッチ・スマート（Pitch Smart）」を開始し、年齢別に練習での注意事項や投球ガイドラインを示している。

### Pitch Count Limits and Required Rest Recommendations

It is important for each league to set workload limits for their pitchers to limit the likelihood of pitching with fatigue. Research has shown that pitch counts are the most accurate and effective means of doing so. See required rest recommendations below.

Age	Daily Max (Pitches in Game)	0 Days Rest	1 Days Rest	2 Days Rest	3 Days Rest	4 Days Rest	5 Days Rest
7-8	50	1-20	21-35	36-50	N/A	N/A	N/A
9-10	75	1-20	21-35	36-50	51-65	66+	N/A
11-12	85	1-20	21-35	36-50	51-65	66+	N/A
13-14	95	1-20	21-35	36-50	51-65	66+	N/A
15-16	95	1-30	31-45	46-60	61-75	76+	N/A
17-18	105	1-30	31-45	46-60	61-80	81+	N/A
19-22	120	1-30	31-45	46-60	61-80	81-105	106+

#### 2.4. 女子野球選手に関する研究

女子野球選手について、投球障害に関する疫学、身体特性や投球動作についての報告は少ない。

投球障害に関するアンケート<sup>26)</sup>では、全日本女子硬式野球選手権大会に出場した女子野球選手 408 名を対象とし、肩肘痛の既往とポジション、投球数、開始年齢を検討している。結果はポジションに関わらず、肩痛が肘痛より多い傾向にあった。ポジション別の比較では、肩痛は外野手で少ない傾向にあった。また、開始年齢が 12 歳以下で肘痛が多く、13 歳以上で肩痛が多くなる特徴があると報告している。男子選手では小中学生で肘関節障害が多く、高校生になると肩関節障害が増加するとの報告があるが、その違いの原因として、骨端核の閉鎖する時期について女子のほうが早いためと考察されている。

トレーニング効果を調査した研究<sup>27)</sup>では、経験年数の浅い選手を対象として真下投げを行い、即時効果を検証している。

投球動作に関しては<sup>28)</sup>、大学女子野球選手を対象に体幹回旋運動について検討している。大学男子野球選手と比較し、体幹回旋角度や角速度が小さいという結果であった。上肢の振り動作に依存した投動作であると結論付け、投球障害発生の原因となると警告している。

#### 2.5. 総括

野球選手における投球障害では肩関節が注目される。したがってこれまで肩関節に関する研究が数多く行われてきた。関節可動域について投球側の外旋が大きく、内旋が小さいことは広く知られている。投球障害との関連では投球側と非投球側の肩関節内旋の左右差が報告されている。しかし、全身運動である投球動作や打撃動作を考慮すると、肩関節だけではなく、体幹や下肢に関して明らかにしていく必要があると考える。

文献

- 1) 伊藤直之, 山崎孝, 勝尾信一: 高校野球部員における肩及び肘痛に関するアンケート調査—発生時期と守備位置との関係について—: 理学療法福井, 10, 32-35, 2006
- 2) 町田明敏, 橋本淳, 信原克哉: 子供の投球フォーム: 肩関節, 26, 577-580, 2002
- 3) 高橋亮輔, 林英俊, 澁川正人, 中村崇, 関賢一, 飯島圭子, 武藤芳照, 森健躬: 若年野球選手の上肢・下肢の可動域について—障害予防の観点から—: 身体教育医学研究, 6, 31-37, 2005
- 4) 宮下浩二, 小林寛和, 横江清司: 投球の加速運動における上肢関節運動の検討: *Journal of Athletic Rehabilitation*, 2, 111-117, 1999
- 5) 宮下浩二: 投球障害のアプローチへの実際: *Sportsmedicine*, 91, 2007
- 6) 岩本仁: 投球障害肩と理学療法②, 福井勉, 小柳磨毅; 理学療法 MOOK 9 スポーツ傷害の理学療法第2版: 125-136, 2009, 東京, 三輪書店
- 7) 浜田純一郎, 櫻庭龍也, 遠藤和博: 投球の運動連鎖と肩・肘障害: *Medical Rehabilitation*, 137, 23-29, 2011
- 8) Brown, L.P., Niehues, S.L., Harrah, A., Yavorsky, P., and Hirshman, H.P. (1988) Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(6): 2487-2493.
- 9) Bigliani, L.U., Codd, T.P., Connor, P.M., Levine, W.N., Littlefield, M.A., and Hershon, S.J. (1997) Shoulder Motion and Laxity in the Professional Baseball Player. *The American Journal of Sports Medicine*, 25 (5): 609-613.
- 10) Ellenbecker, T.S., Roetert, E.P., Bailie, D.S., Davies, G.J., and Brown, S.W. (2002) Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12):2052-2056.
- 11) Meister, K., Day, T., Horodyski, M., Kaminski, T.W., Wasik, M.P., and Tillman, S. (2005) Rotational Motion Changes in the Glenohumeral Joint of the Adolescent/Little League Baseball Player. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(5): 693-698.
- 12) Robb, A.J., Fleisig, G., Wilk, K., Macrina, L., Bolt, B., Pajaczkowski, J. (2010) Passive Ranges of Motion of the Hips and Their Relationship With Pitching Biomechanics and Ball Velocity in Professional Baseball Pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(12):2487-2493.
- 13) Harada M, Takahara M, Mura N, et al: Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *J Shoulder Elbow Surg*. 2010; 19: 502-7.
- 14) Shanley E, Rauh MJ, Michener LA, et al: Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. *Am J Sports Med*. 2011; 39: 1997-2006.

- 15) Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, et al: Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2014; 42: 2075-81.
- 16) 林田賢治, 中川滋人 : 高校野球選手の肩内外旋筋力と投球障害の関係 : 肩関節, 29, 651-4, 2005
- 17) Yukutake T, Yamada M, Aoyama T: A survey examining the correlations between Japanese little league baseball coaches' knowledge of and compliance with pitch count recommendations and player elbow pain. *Sports Health.* 2013; 5: 239-43.
- 18) Tajika T, Kobayashi T, Yamamoto A, et al: Relationship between grip, pinch strengths and anthropometric variables, types of pitch throwing among Japanese high school baseball pitchers. *Asian J Sports Med.* 2015; 6: e25330.
- 19) Scher, S., Anderson, K., Weber, N., Bajorek, J., Rand, K., and Bey, M.J. (2010) Associations among hip and shoulder range of motion and shoulder injury in professional baseball players. *Journal of Athletic Training,* 45(2): 191-197.
- 20) Shanley, E., Rauh, M.J., Michener, L.A., Ellenbecker, T.S., Garrison, J.C., and Thigpen, C.A. (2011) Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. *The American Journal of Sports Medicine,* 39(9): 1997-2006.
- 21) Myers, J.B., Laudner, K.G., Pasquale, M.R., Bradley, J.P., and Lephart, S.M. (2006) Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *The American Journal of Sports Medicine,* 34(3): 385-91.
- 22) Sweitzer, B.A., Thigpen, C.A., Shanley, E., Stranges, G., Wienke, J.R., Storey, T., Noonan, T.J., Hawkins, R.J., and Wyland, D.J. (2012) A comparison of glenoid morphology and glenohumeral range of motion between professional baseball pitchers with and without a history of SLAP repair. *Arthroscopy,* 28(9): 1206-1213.
- 23) Wilk, K.E., Macrina, L.C., Fleisig, G.S., Aune, K.T., Porterfield, R.A., Harker, P., Evans, T.J., and Andrews, J.R. (2014) Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine,* 42(9): 2075-2081.
- 24) Harada, M., Takahara, M., Mura, N., Sasaki, J., Ito, T., and Ogino T. (2010) Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery,* 19(4): 502-507.
- 25) Garrison, J.C., Cole, M.A., Conway, J.E., Macko, M.J., Thigpen, C., and Shanley, E. (2012) Shoulder range of motion deficits in baseball players with an ulnar collateral ligament tear. *The American Journal of Sports Medicine,* 40(11): 2597-603.

- 26) 米川正悟, 服部麻倫, 渡邊幹彦, 栗山節郎: 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—: 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 32(1), 70—73, 2012
- 27) 本嶋佐恵, 藤田英二: 女子軟式野球選手の投動作における真下投げの即時的効果: スポーツパフォーマンス研究, 6, 1-10, 2014
- 28) 伊藤博一, 中里浩一, 三二公治, 中嶋寛之: 女子野球選手の投動作における体幹回旋運動の特徴—体幹回旋運動と上肢投球障害—: 日本臨床スポーツ医学会誌, 12(3), 469—477, 2004

## 第2章 競技を考慮した関節可動域の検討

### 基礎論文：女子プロ野球選手の関節可動域特性

#### Range of motion of the women professional baseball players

##### はじめに

女子硬式野球人口は日本女子野球協会によると、2012年8月現在で約1000人である。日本高等学校野球連盟が加盟校の部員数を約16万8千人と報告していることと比べると、依然として規模の小さい競技である。しかし、全国高等学校女子硬式野球連盟によると、2007年には5校であった高校硬式野球部が2012年には9校となっていることから、着実に競技人口は増加している。

2009年に日本女子プロ野球機構が発足し、2010年に女子プロ野球が開幕した。2012年にはIBAF女子野球ワールドカップで、女子プロ野球選手の活躍によって日本が3連覇を果たした。2014年に行われる宮崎大会での4連覇に向け、女子野球に注目が集まりつつある。

これまで野球選手に関する報告では、男子選手の関節可動域<sup>1)</sup>や筋力<sup>2)</sup>、投球動作解析<sup>3)</sup>における研究が行われてきた。しかし、女子選手については疼痛に関するアンケート調査<sup>4)</sup>や投球動作解析<sup>5)</sup>が散見される程度であり、関節可動域特性については不明である。

投球障害の予防には、上肢・体幹・下肢の柔軟性が必要と報告されている<sup>6)7)8)</sup>。上肢に関しては、肩関節における内旋可動域の制限が投球障害につながる可能性がある<sup>9)10)</sup>。これまでわれわれは男子高校生野球選手の身体特性について調査<sup>11)</sup>し、頸部、胸腰部、股関節の回旋可動域における左右差と障害が関連することを報告した<sup>12)</sup>。

そこで本研究の目的は関節可動域に着目し、女子プロ野球選手間におけるポジションや年齢、経験年数および投球側と非投球側との差、さらに一般女性との相違について検討することによって、女子プロ野球選手の関節可動域特性を明らかにすることである。

##### 対象および方法

対象は日本女子プロ野球機構に所属する女子プロ野球選手（以下女子選手）53名（平均年齢 $21.9 \pm 2.9$ 歳）である。メディカルチェック当日に肩・肘関節等に疼痛の訴えがあり、全力投球できない選手は除外した。対照群は定期的な運動習慣のない健常女性（以下一般女性）20名（ $22.6 \pm 2.3$ 歳）とした。各群の内訳を表1に示す。

計測項目は、肩関節2ndポジションにおける外旋および内旋角度、頸部・胸腰部回旋角度（正座位）、股関節内旋および外旋角度（背臥位、股・膝関節90°屈曲位）、下肢伸展拳上（Straight leg raising : SLR）角度、踵殿間距離（heel buttock distance : HBD）とした。

計測は日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会の測定方法<sup>13)14)</sup>に準じて行った。女子選手および一般女性ともにボールを投げる側を投球側とし、反対側を非投球側とした。頸部・胸腰部回旋は非投球側への回旋を投球方向、投球側への回旋を反投球方向と定義した。SLR角度およびHBDはKiblerら<sup>15)</sup>や鳥居ら<sup>16)</sup>の方法を参考にした。SLR角度



は仰臥位で反対側下肢および骨盤を固定し、下肢を内・外旋中間位とし、大腿と体幹軸の成す角度を測定した。HBDは腹臥位で股関節内・外旋、内・外転中間位とし、骨盤を固定して殿部と踵部の距離を測定した。角度は東大型角度計を用いて1度単位、距離はメジャーを用いて1mm単位で測定した。

計測は代償動作を防ぎ、測定誤差を最小限に抑えるため、操作、固定、角度測定、記入を分担し、理学療法士4名で行った。また4名全員で、移動軸および基本軸、測定値を確認した。検者間誤差を考慮し、各項目における計測は1ブースとした。

評価は女子選手間での比較および一般女性との比較を行った。検定は女子選手間ではポジションを被験者間因子、投球側と非投球側との差を被験者内因子とし2要因分散分析を行い、また経験年数について相関分析を用いて検討した。一般女性との比較では、女子選手と一般女性との差を被験者間因子、投球側と非投球側との差を被験者内因子とし、2要因分散分析を行った。交互作用を認めたものについては単純効果の検定を行った。年齢について各群それぞれ相関分析を用いて検討した。有意水準は5%とした。統計ソフトはIBM SPSS 21(IBM, Corp., Armonk, New York)を使用した。

本研究は京都府立医科大学医学倫理委員会の承認のもと、参加者に対して、本研究の趣旨を十分に説明し、全例同意を得て行った。

## 結果

### 1. 女子選手間での比較

各関節可動域の基本統計量及び投球側と非投球側との差・ポジション差では、有意な交互作用は認めなかったため、主効果の検討を行った。肩関節外旋および内旋と胸腰部回旋では投球側と非投球側との差に有意な主効果を認めた。肩関節外旋、胸腰部回旋では非投球側（反投球方向）と比較して投球側（投球方向）が有意に高値を示し、肩関節内旋では投球側と比較して非投球側が有意に高値を示した（表2）。

経験年数との関係については、有意な相関関係を認めなかった（表3）。

### 2. 一般女性との比較

各関節可動域の基本統計量及び投球側と非投球側との差・女子野球選手と一般女性との差では、肩関節外旋および内旋、頸部回旋、そして胸腰部回旋において有意な交互作用を認めたため、単純効果を分析した。

投球側と非投球側との比較では、女子選手における肩関節外旋、頸部回旋、胸腰部回旋は投球側（投球方向）が有意に高値であった。女子選手および一般女性における肩関節内旋は非投球側が有意に高値であった。

女子選手と一般女性との比較では、女子選手における投球方向への頸部回旋、一般女性における非投球側肩関節外旋と投球側肩関節内旋、反投球方向への胸腰部回旋が有意に高値であった。

有意な交互作用を認めなかったものについて主効果の検討を行ったところ、股関節外旋および内旋と SLR で女子選手と一般女性との差に有意な主効果を認めた。股関節内旋, SLR では女子選手で、股関節外旋では一般女性で有意に高値を示した (表 4)。

年齢との関係については、一般女性の投球側 HBD のみ有意な正の相関を認めた (表 3)。

## 考察

今回われわれは競技人口が増加傾向にある女子野球選手に着目し、そのトップであるプロ選手の関節可動域について調査し、女子選手間および一般女性と比較することによってその競技特性を検討した。

女子選手間での比較では、関節可動域はポジション、年齢、経験年数いずれも有意な統計学的関係を認めなかった。

アメリカメジャーリーグの野球選手を対象とした研究<sup>17)18)</sup>では、投手は野手と比較し、肩関節における外旋可動域が大きく、内旋可動域が小さいと報告されている。非投球側の股関節に関して、lauder らは内旋が野手で大きく<sup>19)</sup>、Saurers らは統計学的に有意ではないが、外旋が投手で大きい<sup>20)</sup>と報告している。日本女子プロ野球リーグでは選手が複数のポジションを兼務しているという状況であり、ポジション間の相違が生じなかったと考えた。

関節可動域は年齢とともに減少すると報告されている<sup>21)</sup>。本研究の結果、女子選手では有意な相関関係は得られなかった。一般女性では投球側 HBD のみ有意な相関関係があり、年齢とともに大腿四頭筋の柔軟性が低下していた。経験年数に関しては、肩関節は経験年数の少ない小学生から外旋が増加し、内旋が減少するとの報告<sup>22)</sup>がある。本研究では体幹・下肢に関しても経験年数との関係が認められなかった。関節可動域は練習内容によって変化する可能性があり、そのことも踏まえた詳細な検討が必要である。

投球側 (投球方向) と非投球側 (反投球方向) との比較では、肩関節外旋、胸腰部回旋は投球側 (投球方向) が、肩関節内旋は非投球側が有意に高値であった。野球選手について、肩関節外旋角度は投球側が大きく、内旋角度は非投球側が大きいことが多数報告されている<sup>17)18)23)24)</sup>。胸腰部に関して、中学・高校生野球投手を対象とした過去のわれわれの研究<sup>1)11)</sup>では、回旋可動域は投球方向が大きく、本研究の女子選手についても同様であった。

一般女性との比較では、投球側 (投球方向) と非投球側 (反投球方向) との差は肩関節外旋、頸部・胸腰部回旋の項目で、女子選手のみ有意であった。一般的に関節可動域は左右差がないと報告されている<sup>21)</sup>。本研究で示した肩関節外旋、頸部・胸腰部回旋における投球側 (投球方向) と非投球側 (反投球方向) との差は、投球動作を繰り返し行うことによって生じたものと考えた。投球動作は下肢・体幹・上肢を用いた同一方向への繰り返し動作である (図 1)。ワインドアップ期では頸部を投球方向へ回旋し、アーリーコッキング期では、投球側股関節を外旋し、レイトコッキング期からフォロースルー期では胸腰部を投球方向へ回旋し、非投球側股関節を内旋する。頸部、肩関節、胸腰部といった全身における投球側

(投球方向) と非投球側 (反投球方向) との差は競技特性によるものと考えた。

股関節外旋は一般女性で大きく、股関節内旋は女子選手が有意に大きかった。股関節は骨盤傾斜や距骨下関節の運動連鎖の影響を受けると報告されている<sup>25)</sup>。骨盤が前傾すると股関節は内旋、後傾によって外旋、距骨下関節が回内すると股関節は内旋、回外によって外旋となる。女子選手は骨盤の前傾や距骨下関節の回内によって、股関節が内旋位となっている可能性がある。しかし、本結果からは結論付けることはできず、今後全身の姿勢評価を行っていく必要がある。また、投球動作や走行などの動作パターンによって、関節可動域が変化している可能性もあり、動作解析を含めた検討が必要と考える。

SLR は女子選手が有意に大きかった。トップレベル選手におけるタイトネスの高い筋は競技別に異なるとの報告<sup>26)</sup>があり、今後タイトネステストの項目を増やし、コンディショニング指標作成に向けた検討が必要である。

本研究から、女子選手は一般女性と異なる関節可動域特性が明らかとなり、競技特性によるものと考えた。しかし、女子選手の身体特性は関節可動域のみでは表されるものではなく、上下肢の筋力や体組成、フィールドバッテリーなどを考慮する必要がある。今回の結果を踏まえて、他の身体機能を解明すると同時に、投球動作解析などとも併せて検討していくことが今後の課題である。

#### まとめ

1. 女子選手と一般女性の関節可動域を測定した。
2. 女子選手間での比較では、ポジション、年齢、経験年数において、有意な関係は認めなかった。
3. 女子選手は一般女性と比較し、上肢・体幹において投球側と非投球側との差が生じていた。
4. 女子選手の関節可動域における競技特性が明らかとなった。

#### 文献

- 1) 平本真知子ほか：中学生野球選手の経年的な可動域の変化 中学入学時と3年生時との比較，同志社スポーツ健康科学，4，1—4，2012.
- 2) 林田賢治：野球選手の肩内外旋筋力と投球障害，骨・関節・靭帯，20(4)，347—350，2007.
- 3) 瀬尾和弥ほか：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，日本臨床スポーツ医学会誌，21(3)，618—622，2013.
- 4) 米川正悟：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—，日本整形外科スポーツ医学会雑誌，32(1)，70—73，2012.
- 5) 伊藤博一ほか：女子野球選手の投動作における体幹回旋運動の特徴—体幹回旋運動と上肢投球障害—，日本臨床スポーツ医学会誌，12(3)，469—477，2004.

- 6) 浜田純一郎ほか：高校野球選手に見られる肩・肘障害の縦断的調査結果，肩関節，33(2)，519—522，2009.
- 7) 藤井康成ほか：投球スポーツにおける体幹機能の特徴 Trunk rotation test の有用性，肩関節，29(3)，663—666，2005.
- 8) Garrison,JC et al. : Shoulder range of motion deficits in baseball players with an ulnar collateral ligament tear, The American Journal of Sports Medicine, 40(11), 2597—603, 2012.
- 9) Shanley,E et al. : Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players, The American Journal of Sports Medicine, 39(9), 1997—2006, 2011.
- 10) Wilk,KE et al. : Correlation of glenohumeral internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers, The American Journal of Sports Medicine, 39(2), 329—335, 2011.
- 11) 松井知之ほか：中学生・高校生野球投手における身体特性 上下肢可動域の左右差に着目して，日本整形外科学会スポーツ医学会雑誌，31(1)，93—97，2011.
- 12) 松井知之ほか：頸部・胸腰部・股関節回旋角度の左右差に着目した投球障害予測，体力科学，62(3)，223—226，2013.
- 13) 日本整形外科学会身体障害委員会，日本リハビリテーション医学会評価基準委員会：関節可動域表示ならびに測定法：リハビリテーション医学，11(2)，127—132，1974.
- 14) 米本恭三ほか：関節可動域表示ならびに測定法（平成7年4月改訂）：リハビリテーション医学，32(4)，207—217，1995.
- 15) Kibler,WB et al. : A musculoskeletal approach to the preparticipation physical examination Preventing injury and improving performance, The American Journal of Sports Medicine, 17(4), 525—531, 1989.
- 16) 鳥居 俊ほか：発育期のスポーツ傷害防止のための整形外科的メディカルチェック（第1報）体格・柔軟性の変化と傷害既往との関係，日本整形外科学会スポーツ医学会雑誌，12，239—243，1993.
- 17) Brown,LP et al. : Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players, The American Journal of Sports Medicine, 16(6), 2487—2493, 1988.
- 18) Bigliani,LU et al. : Shoulder Motion and Laxity in the Professional Baseball Player, The American Journal of Sports Medicine, 25 (5), 609—613, 1997.
- 19) Laudner,KG et al. : Functional hip characteristics of baseball pitchers and position players, The American Journal of Sports Medicine, 38(2), 383—387, 2010.
- 20) Sauers,EL et al. : Hip and glenohumeral rotational range of motion in healthy professional baseball pitchers and position players, The American Journal of Sports

Medicine, 42(2), 430—436, 2014.

21) 渡邊英夫ほか：健康日本人における四肢関節可動域について—年齢による変化—, 日本整形外科学会雑誌, 53(3), 275—291, 1979.

22) 武田芳嗣ほか：野球選手の上腕骨後捻角増大はいつ生じるか, 肩関節, 28(2), 325—328, 2004.

23) Ellenbecker, TS et al. : Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers, Medicine & Science in Sports & Exercise, 34(12), 2052—2056, 2002.

24) Meister, K et al : Rotational Motion Changes in the Glenohumeral Joint of the Adolescent/Little League Baseball Player, The American Journal of Sports Medicine, 33(5), 693—698, 2005.

25) Tateuchi, H et al. : Effects of calcaneal eversion on three-dimensional kinematics of the hip, pelvis and thorax in unilateral weight bearing, Human Movement Science, 30, 566—573, 2011.

26) 高橋佐江子ほか：国内トップレベル陸上競技疾走系種目選手の筋タイトネスの特徴, 日本臨床スポーツ医学会誌, 20(1), 41—48, 2012.

図表

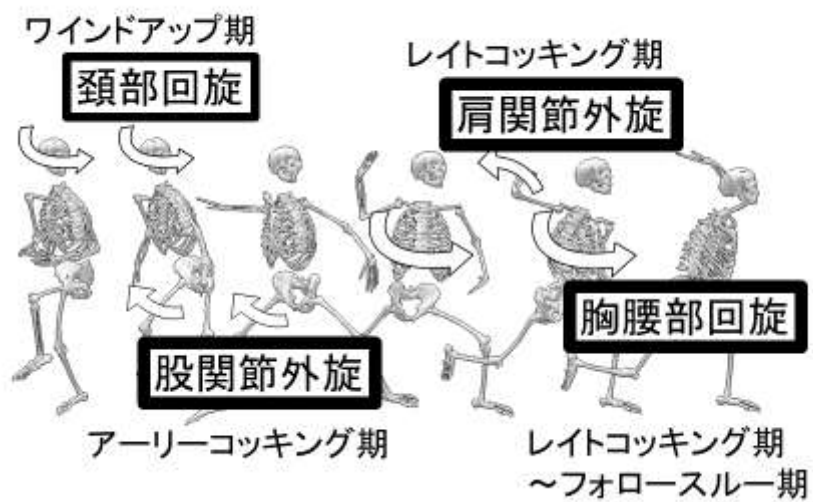


図 1 : 投球動作

表 1 : 対象の基本データ

	all player n = 53	pitcher n = 16	fielder n = 37	woman n = 20
Age, year	21.9 ± 2.9	21.5 ± 3.1	21.9 ± 2.7	22.6 ± 2.3
Height, cm	162.9 ± 5.1	162.3 ± 4.8	163.2 ± 5.2	160.6 ± 6.5
Weight, kg	60.1 ± 6.3	58.7 ± 6.3	60.7 ± 6.2	53.4 ± 7.0
dominant	Rt 45 / Lt 8	Rt 12 / Lt 4	Rt 33 / Lt 4	-
experience, year	11.7 ± 3.9	12.4 ± 3.4	11.4 ± 4.1	-
Mean ± SD.				

表 2 : 女子選手間の比較

	pitcher		fielder		position	dominant/ non-dominant	Interaction
	Dominant side	Non-dominant side	Dominant side	Non-dominant side			
Shoulder external rotation at 90°	137.8 ± 8.3	122.9 ± 6.6	132.1 ± 8.2	122.1 ± 7.5	3.00	83.8	** 3.30
Shoulder internal rotation at 90°	31.4 ± 9.4	44.9 ± 8.4	30.4 ± 9.4	44.4 ± 11.4	0.09	105.3	** 0.04
Neck rotation, deg	94.3 ± 9.1	92.8 ± 5.5	94.6 ± 7.7	91.5 ± 7.3	0.06	4.00	0.46
Trunk rotation, deg	55.7 ± 8.7	53.3 ± 9.5	58.4 ± 9.1	53.9 ± 7.4	0.53	9.20	** 0.85
Hip external rotation, deg	56.1 ± 10.2	55.5 ± 10.6	57.4 ± 9.4	54.2 ± 8.5	0.00	2.00	0.91
Hip internal rotation, deg	48.6 ± 11.8	46.8 ± 10.6	48.7 ± 10.7	50.7 ± 10.4	0.45	0.01	2.10
SLR, deg	73.0 ± 12.6	75.0 ± 10.7	70.2 ± 10.1	69.5 ± 10.8	1.80	0.43	1.80
HBD, cm	4.5 ± 3.1	5.2 ± 3.7	4.3 ± 3.0	4.8 ± 3.5	0.21	3.58	0.39

Mean ± SD.

Interaction was calculated by repeated two-way ANOVA with measurement side as an intra-subject factor and group as an inter-subject factor.

\*, \*\* statistically significant ( $P < .05$ ,  $.01$ , respectively).



表 3 : 野球歴, 年齢との関係

	r		
	players		women
	experience	age	age
Shoulder external rotation at 90°(d), deg	0.18	0.21	-0.4
Shoulder external rotation at 90°(n-d), deg	0.15	-0.001	-0.33
Shoulder internal rotation at 90°, deg	-0.2	-0.08	-0.01
Shoulder internal rotation at 90°(n-d), deg	-0.08	-0.18	-0.02
Neck rotation(d), deg	-0.11	-0.26	-0.32
Neck rotation(n-d), deg	-0.12	-0.09	-0.17
Trunk rotation(d), deg	0.08	-0.21	-0.27
Trunk rotation(n-d), deg	0.19	-0.05	0.01
Hip external rotation(d), deg	0.1	0.01	-0.11
Hip external rotation(n-d), deg	0.14	0.005	-0.31
Hip internal rotation(d), deg	-0.17	-0.04	-0.13
Hip internal rotation(n-d), deg	-0.11	-0.13	0.11
SLR(d), deg	0.07	0.23	-0.08
SLR(n-d), deg	0.18	0.24	0.3
HBD(d), cm	0.06	0.05	0.46 *
HBD(n-d), cm	0.1	0.11	0.41

Correlation(r) Values.

\*, \*\* statistically significant correlation( $P < .05$ ,  $.01$ , respectively).

表 4 : 女子選手と一般女性との比較

	players		women		attribute	dominant/ non-dominant	Interaction
	Dominant side	Non-dominant side	Dominant side	Non-dominant side			
Shoulder external rotation at 90°, deg	133.8 ± 8.6	122.4 ± 7.2	129.7 ± 18.0	129.9 ± 10.0	0.50	19.0	** 20.40 *
Shoulder internal rotation at 90°, deg	30.7 ± 9.3	44.6 ± 10.5	38.7 ± 11.5	47.1 ± 10.3	4.66 *	97.5	** 6.02 *
Neck rotation, deg	94.5 ± 8.1	91.9 ± 6.8	88.0 ± 7.6	89.9 ± 6.2	6.94 *	0.10	4.92 *
Trunk rotation, deg	56.8 ± 12.0	51.9 ± 12.3	56.9 ± 8.9	58.8 ± 8.1	1.73	1.30	6.72 *
Hip external rotation, deg	57.0 ± 9.6	54.6 ± 9.1	62.1 ± 9.9	61.4 ± 8.2	8.09 **	1.50	0.51
Hip internal rotation, deg	48.7 ± 11.0	49.5 ± 10.5	43.7 ± 8.4	41.6 ± 9.7	6.87 *	0.28	1.70
SLR, deg	71.1 ± 10.9	71.2 ± 10.9	54.7 ± 6.0	54.8 ± 9.5	42.60 **	0.01	0.00
HBD, cm	4.3 ± 3.0	4.8 ± 3.5	3.2 ± 4.3	2.9 ± 4.7	2.70	0.07	2.69

Mean ± SD.

Interaction was calculated by repeated two-way ANOVA with measurement side as an intra-subject factor and group as an inter-subject factor.

\*, \*\* statistically significant ( $P < .05$ ,  $.01$ , respectively).

### 第3章 性差を考慮した関節可動域の検討

基礎論文：女子プロ野球選手の関節可動域特性－男子大学生との比較－

#### Range of motion of the women professional baseball players

-comparison study with men college baseball players-

はじめに

女子硬式野球人口は全日本女子野球連盟によると、2017年2月現在で約1811人である。日本高等学校野球連盟が加盟校の部員数を約16万8千人と報告していることと比べると、まだまだ規模の小さい競技である。しかし、全国高等学校女子硬式野球連盟によると、2007年には5校であった高校硬式野球部が2016年には26校となっていることから、着実に競技人口は増加している。

2009年に日本女子プロ野球機構が発足し、2010年に女子プロ野球が開幕した。2016年にはIBAF女子野球ワールドカップで、女子プロ野球選手の活躍によって日本が5連覇を果たした。

これまで野球選手に関する報告では、男子選手の関節可動域<sup>1)</sup>や筋力<sup>2)</sup>、投球動作解析<sup>3)</sup>における研究が行われてきた。しかし、女子選手については疼痛に関するアンケート調査<sup>4)</sup>や投球動作解析<sup>5)</sup>が散見される程度であり、関節可動域特性については不明である。

今回われわれは、女子野球の頂点に立つ女子プロ野球選手の身体特性を明らかにするためのメディカルチェックと、パフォーマンス向上を目的とするフィジカルチェックを行った。

投球障害の予防には、体幹・下肢の柔軟性が必要と報告されている<sup>6)7)</sup>。これまでわれわれは男子高校生野球選手の身体特性について調査<sup>8)</sup>し、頸部、胸腰部、股関節の回旋可動域における左右差と障害が関連することを報告した<sup>9)</sup>。

本研究の目的は関節可動域に着目し、男女差および左右差について検討することによって、女子プロ野球選手の関節可動域特性を明らかにすることである。

#### 対象および方法

対象は日本女子プロ野球機構に所属する女子プロ野球選手53名(平均年齢21.9±2.9歳)、関西学生野球連盟に加盟する男子大学生野球選手23名(19.8±0.8歳)である。メディカルチェック当日に肩・肘関節等に疼痛の訴えがない選手とし、全力投球できない選手は除外した。各群の内訳を表1に示す。

計測項目は、肩関節2ndポジションにおける外旋および内旋角度、頸部・胸腰部回旋角度(正座位)、股関節内旋および外旋角度(背臥位、股・膝関節90°屈曲位)、下肢伸展拳上(Straight leg raising: SLR)角度、踵殿間距離(heel buttock distance: HBD)とした。

計測は日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会の測定方法<sup>10) 11)</sup>に準じて行った。SLR角度およびHBDはKiblerら<sup>12)</sup>や鳥居ら<sup>13)</sup>の方法を参考にした。SLR角度は

仰臥位で反対側下肢および骨盤を固定し、下肢を内・外旋中間位とし、大腿と体幹軸の成す角度を測定した。HBDは腹臥位で股関節内・外旋、内・外転中間位とし、骨盤を固定して殿部と踵部の距離を測定した。角度は東大型角度計を用いて1度単位、距離はメジャーを用いて1mm単位で測定した。

計測は代償動作を防ぎ、測定誤差を最小限に抑えるため、操作、固定、角度測定、記入を分担し、理学療法士4名で行った。また4名全員で、移動軸および基本軸、測定値を確認した。検者間誤差を防ぐために、各項目における計測は1ブースとした。

検定は男女差を被験者間因子、左右差を被験者内因子とする2要因分散分析を行った。交互作用を認めたものについては単純効果の検定を行った。有意水準は5%とした。統計ソフトはIBM SPSS 21(IBM, Corp., Armonk, New York)を使用した。

本研究は京都府立医科大学医学倫理委員会の承認のもと、参加者に対して、本研究の趣旨を十分に説明し、全例同意を得て行った。

## 結果

各関節可動域の基本統計量及び男女差・左右差では、肩関節内旋において有意な交互作用を認めたため、単純主効果を分析した。その結果、肩関節内旋では、男女ともに非投球側が投球側と比較して有意に高値であった。また、男女差については、非投球側、投球側ともに有意な差を認めなかった。

有意な交互作用を認めなかったものについて主効果の検討を行ったところ、股関節内旋とSLR、HBDでは男女差に有意な主効果を認めた。股関節内旋、SLRでは女子選手で、HBDでは男子選手で有意に高値を示した。また、肩関節外旋、頸部回旋、胸腰部回旋、股関節外旋、HBDでは左右差に有意な主効果を認めた。肩関節外旋、股関節外旋では非投球側と比較して投球側が有意に高値を示し、頸部回旋、胸腰部回旋、HBDでは投球側と比較して非投球側が有意に高値を示した(表2)。

## 考察

今回われわれは、骨格や筋力が男子選手と異なる女子選手に着目し、関節可動域について調査し、その特性について検討した。比較対照群として、ほぼ同年代である男子大学生を選択した。

女子選手と男子選手との比較では、股関節内旋、SLRおよびHBDの項目において女子選手が有意に大きく、男女差を生じていた。

一般健常人では股関節内旋、SLRの角度はいずれも女性が高値であると報告されている<sup>14) 15)</sup>。高橋ら<sup>16)</sup>は国内トップレベルの女子陸上選手における股関節内旋、SLRの角度は男子選手より高値であり、HBDは低値であるとしている。また、エリートテニス選手を対象とした研究<sup>17)</sup>では女子選手の股関節内旋角度が男子選手より高いと報告されている。股関節内旋、SLRおよびHBDの項目において女子選手が男子選手より大きい関節可動域

や筋柔軟性を有していることは競技特性ではなく、男女差であると考えた。

左右の比較では、肩関節外旋・内旋，頸部・胸腰部回旋，股関節外旋，HBDの項目において有意差を生じていた。

野球選手について、肩関節外旋角度は投球側が大きく、内旋角度は非投球側が大きいことが多数報告されている<sup>18)19)20)21)</sup>。頸部・胸腰部に関して、中学・高校生野球投手を対象とした過去のわれわれの研究<sup>1)8)</sup>では、回旋可動域は非投球側が大きく、本研究の女子選手についても同様であった。

股関節回旋可動域について、西野ら<sup>22)</sup>は11歳から18歳の野球投手について左右差が認められなかったとしている。プロ野球投手を対象とした研究<sup>23)</sup>では、股関節回旋可動域は投球側で大きいことが報告されている。本研究では股関節外旋角度に左右差を生じていた。

投球動作は下肢・体幹・上肢を用いた同一方向への繰り返し動作である(図1)。ワインドアップ期では頸部を非投球側へ回旋し、アーリーコッキング期では、投球側股関節を外旋し、レイトコッキング期からフォロースルー期では胸腰部を非投球側への回旋し、非投球側股関節を内旋する。頸部，肩関節，胸腰部，股関節といった全身における左右差は競技特性によるものと考えた。

今回の研究では、男子選手との比較によって女子選手の関節可動域特性を明らかにし、リハビリテーションやコンディショニングを行う上での基準値が得られた。しかし、女子選手の身体特性は関節可動域のみでは表されるものではなく、上下肢の筋力や体組成、フィールドバッテリーなどを考慮する必要がある。今回の結果を踏まえて、他の身体機能を解明するとともに、投球動作解析なども併せて検討していくことが今後の課題である。

#### まとめ

- 1.女子プロ野球選手と男子大学生野球選手の関節可動域を測定した。
- 2.女子選手は男子選手と比較し、下肢の柔軟性で高値を示した。
- 3.女子選手は男子選手同様に四肢・体幹可動域において左右差を生じていた。
- 4.本研究の結果は、女子選手のコンディショニングを行う上で基準値となると考えた。

#### 文献

- 1) 平本真知子ほか：中学生野球選手の経年的な可動域の変化 中学入学時と3年生時との比較，同志社スポーツ健康科学，4，1-4，2012。
- 2) 林田賢治：野球選手の肩内外旋筋力と投球障害，骨・関節・靭帯，20(4)，347-350，2007
- 3) 瀬尾和弥ほか：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，日本臨床スポーツ医学会誌，21(3)，618-622，2013。
- 4) 米川正悟：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—，日本整形外科スポーツ医学会雑誌，32(1)，70-73，2012
- 5) 伊藤博一ほか：女子野球選手の投動作における体幹回旋運動の特徴—体幹回旋運動と上

- 肢投球障害一，日本臨床スポーツ医学会誌，12(3)，469-477，2004.
- 6) 浜田純一郎ほか：高校野球選手に見られる肩・肘障害の縦断的調査結果，肩関節，33(2)，519-522，2009.
- 7) 藤井康成ほか：投球スポーツにおける体幹機能の特徴 Trunk rotation test の有用性，肩関節，29(3)，663-666，2005.
- 8) 松井知之ほか：中学生・高校生野球投手における身体特性 上下肢可動域の左右差に着目して，日本整形外科スポーツ医学会雑誌，31(1)，93-97，2011.
- 9) 松井知之ほか：頸部・胸腰部・股関節回旋角度の左右差に着目した投球障害予測，体力科学，62(3)，223-226，2013.
- 10) 日本整形外科学会身体障害委員会，日本リハビリテーション医学会評価基準委員会：関節可動域表示ならびに測定法：リハビリテーション医学，11(2)，127-132，1974
- 11) 米本恭三ら：関節可動域表示ならびに測定法（平成7年4月改訂）：リハビリテーション医学，32(4)，207-217，1995
- 12) Kibler,WB et al. : A musculoskeletal approach to the preparticipation physical examination Preventing injury and improving performance, The American Journal of Sports Medicine, 17(4), 525-531, 1989.
- 13) 鳥居 俊ほか：発育期のスポーツ傷害防止のための整形外科的メディカルチェック（第1報）体格・柔軟性の変化と傷害既往との関係，日本整形外科スポーツ医学会雑誌，12，239-243，1993.
- 14) 岡部とし子ほか：各年代における健康人の関節可動域について一性別による変化一，総合リハビリテーション，8(1)，41-56，1980
- 15) 井戸仁ほか：Clinical significance of the straight-leg-raising test., 日本整形外科雑誌，65(11)，1035-44，1991.
- 16) 高橋佐江子ほか：国内トップレベル陸上競技疾走系種目選手の筋タイトネスの特徴，日本臨床スポーツ医学会誌，20(1)，41-48，2012
- 17) Ellenbecker,TS et al. : Descriptive Profile of Hip Rotation Range of Motion in Elite Tennis Players and Professional Baseball Pitchers, The American Journal of Sports Medicine, 35(8), 1371-1376, 2007.
- 18) Brown,LP et al. : Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players, The American Journal of Sports Medicine, 16(6), 2487-2493, 1988.
- 19) Bigliani,LU et al. : Shoulder Motion and Laxity in the Professional Baseball Player, The American Journal of Sports Medicine, 25 (5), 609-613, 1997.
- 20) Ellenbecker,TS et al. : Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers, Medicine & Science in Sports & Exercise, 34(12), 2052-2056, 2002

21) Meister,K et al : Rotational Motion Changes in the Glenohumeral Joint of the Adolescent/Little League Baseball Player, The American Journal of Sports Medicine, 33(5), 693-698, 2005.

22) 西野勝敏ほか:若年期野球選手の投球障害予防のための整形外科的メディカルチェックと投球動作分析による生体力学的調査, 日本臨床スポーツ医学会誌, 20(1), 79-86, 2012

23) Robb,AJ et al. : Passive Ranges of Motion of the Hips and Their Relationship With Pitching Biomechanics and Ball Velocity in Professional Baseball Pitchers , The American Journal of Sports Medicine, 38(12), 2487-2493, 2010.

図表

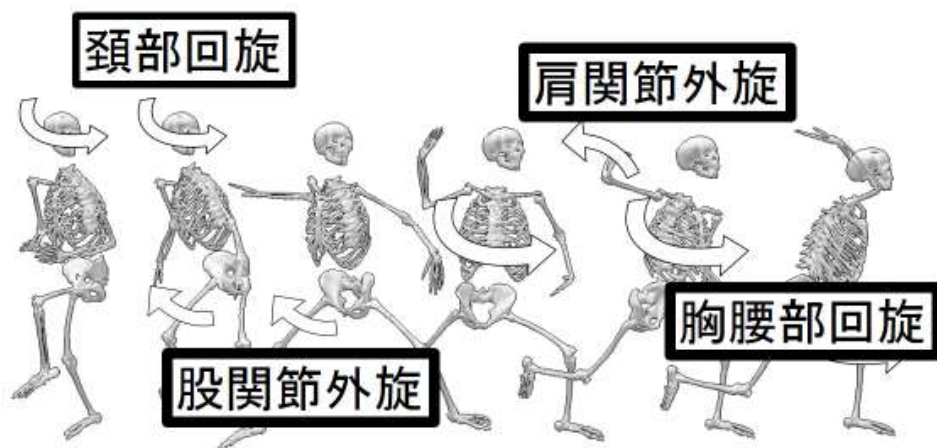


図 1 : 投球動作



表 1 : 対象の基本データ

	women n = 53	men n = 16
Age, year	21.9 ± 2.9	19.8 ± 0.8
Height, cm	162.9 ± 5.1	175.9 ± 4.1
Weight, kg	60.1 ± 6.3	72.9 ± 4.3
pitcher	16	14
catcher	6	2
infielder	20	5
outfielder	11	2
Mean ± SD.		

表 2 : 基本統計量と主効果の検討

	women		men		gender	dominant/ non-dominant	Interaction
	Dominant side	Non-dominant side	Dominant side	Non-dominant side			
Shoulder external rotation at 90°, deg	133.8 ± 8.6	122.4 ± 7.2	134.7 ± 9.6	121.4 ± 7.9	0.00	114.5	** 0.59
Shoulder internal rotation at 90°, deg	30.7 ± 9.3	44.6 ± 10.5	26.0 ± 11.1	45.6 ± 8.8	0.73	188.6	** 5.48 *
Neck rotation, deg	91.9 ± 6.8	94.6 ± 8.1	91.8 ± 4.6	96.6 ± 5.6	0.44	17.63	** 1.40
Trunk rotation, deg	53.8 ± 8.0	57.6 ± 9.0	58.0 ± 8.2	60.6 ± 7.7	3.73	12.10	** 0.47
Hip external rotation, deg	57.0 ± 9.6	54.6 ± 9.1	58.2 ± 8.6	56.4 ± 7.3	0.59	4.06	* 0.11
Hip internal rotation, deg	48.7 ± 11.0	49.5 ± 10.5	35.6 ± 6.8	37.9 ± 7.6	30.74 **	2.34	0.46
SLR, deg	71.1 ± 10.9	71.2 ± 10.9	58.0 ± 9.1	61.5 ± 6.9	23.20 **	3.76	3.30
HBD, cm	4.3 ± 3.0	4.8 ± 3.5	6.5 ± 3.5	7.4 ± 3.3	10.86 **	9.01	** 1.44

Mean ± SD.

Interaction was calculated by repeated two-way ANOVA with measurement side as an intra-subject factor and group as an inter-subject factor.

\*, \*\* statistically significant (P < .05, .01, respectively).

## 第4章 年代を考慮した関節可動域の検討

### 基礎論文 ; Hip, trunk, and shoulder rotational range of motion in healthy Japanese youth and high school baseball pitchers

はじめに

投球動作は上肢、体幹、下肢の適切な協調性が必要な全身運動である。ボールを投げるために投球方向へ身体を回旋させる野球のようなスポーツは体幹や下肢の回旋可動域を変化させる可能性がある。これまでに肩関節の回旋可動域は投球側と非投球側とに左右差があると報告されている<sup>1)2)3)4)</sup>。しかし、頸部、体幹、下肢の回旋可動域の左右差については明らかではない<sup>5)</sup>。

若年からのスポーツ参加の増加とともに、スポーツ障害の増加が危惧され、スポーツ医学では障害予防が重要視されている<sup>6)</sup>。スポーツ障害は女児では11歳、男児では13歳から始まる成長期にしばしば生じ<sup>7)</sup>、野球選手においては肩肘障害が問題となる。障害は投球機会の多い投手で生じやすい<sup>8)</sup>。回旋可動域と筋力は投球障害の予防と投球を継続する上で重要である。一般的に成長期では関節可動域は減少すると報告されているが<sup>9)10)</sup>、野球選手の頸部、体幹、下肢の関節可動域における年齢や利き手の影響については不明である<sup>5)</sup>。

投球障害選手には、基本的にリハビリテーションを含めた保存療法がおこなわれる<sup>11)12)</sup>。肩肘障害のリハビリテーションでは、損傷した肩や肘の関節可動域だけではなく、体幹や下肢の関節可動域を評価することが重要である。したがって、健常若年野球選手の関節可動域を理解することは障害を有する選手を評価するときの指標になると考えられる。

われわれは年齢とともに野球投手における頸部、肩、体幹、股関節の関節可動域が減少すると仮説を立てた。本研究の目的は野球選手の利き手の特徴を検討することと若年野球投手と高校生野球投手の左右差を比較することとした。

## 対象と方法

### 対象

356名の男子野球投手を対象とした。年齢は9歳～17歳（小・中学生9～14歳、高校生15～17歳）であった。身長は127～190cm（小・中学生127～176cm、高校生161～190cm）であった。体重は24～86kg（小・中学生24～79kg、高校生48～86kg）であった。経験年数は3～13年（小・中学生5～12年、高校生3～13年）であった。投手経験は1～14年（小・中学生1～8年、高校生3～14年）であった。すべての投手が検診時に疼痛なく全力投球可能であった。上・下肢障害や手術の既往、関節可動域測定時に疼痛のある選手は除外した。本研究は京都府立医科大学医学倫理委員会の承認を得た。選手と保護者および監督に対して、本研究の趣旨を十分に説明し、全員から同意を得て行った。

### 方法

計測項目は、肩関節2ndポジションにおける外旋および内旋角度、頸部・胸腰部回旋角度

(正座位), 股関節内旋および外旋角度 (背臥位, 股・膝関節 90° 屈曲位), 下肢伸展拳上 (Straight leg raising : SLR) 角度, 踵殿間距離 (heel buttock distance : HBD) とした.

計測は日本整形外科学会, 日本リハビリテーション医学会の測定方法<sup>13)</sup>に準じて行った. SLR 角度および HBD は Kibler ら<sup>14)</sup>の方法を参考にした. SLR 角度は仰臥位で反対側下肢および骨盤を固定し, 下肢を内・外旋中間位とし, 大腿と体幹軸の成す角度を測定した. HBD は腹臥位で股関節内・外旋, 内・外転中間位とし, 骨盤を固定して殿部と踵部の距離を測定した. 角度は東大型角度計を用いて 1 度単位, 距離はメジャーを用いて 1mm 単位で測定した.

計測は代償動作を防ぎ, 測定誤差を最小限に抑えるため, 操作, 固定, 角度測定, 記入を分担し, 理学療法士 4 名で行った (Fig.1). また 4 名全員で, 移動軸および基本軸, 測定値を確認した. 検者間誤差を考慮し, 各項目における計測は 1 ブースとした.

ボールを投げる側を投球側とし, 反対側を非投球側とした. 頸部・胸腰部回旋は非投球側への回旋を投球方向, 投球側への回旋を反投球方向と定義した.

#### 統計

評価は利き手と非利き手での比較および投球側と非投球側との比較を行った. 検定は利き手と非利き手の差を被験者間因子, 投球側と非投球側との差を被験者内因子とし 2 要因分散分析を用いて検討した. 年代の比較では, 若年者と高校生との差を被験者間因子, 投球側と非投球側との差を被験者内因子とし, 2 要因分散分析を行った. 交互作用を認めたものについては単純効果の検定を行った. 有意水準は 5% とした. 統計ソフトは IBM SPSS 21 (IBM, Corp., Armonk, New York) を使用した.

#### 結果

本研究では 356 名の関節可動域を測定した. 左投手は 74 名であった (小・中学生 28 名, 高校生 46 名). すべて男性であった.

右投手と左投手の差異については表 2 に示した. 肩関節外旋は投球側と利き手との間に交互作用をみとめた ( $p < 0.001$ ). 単純効果を分析した結果, 肩関節外旋は有意に右投手の右側が, 左投手の左側が大きかった ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.05$ ). 肩関節内旋は投球側と利き手との間に有意な交互作用をみとめた ( $p < 0.001$ ). 肩関節内旋は右投手の左が有意に大きかった ( $p < 0.001$ ). 頸部回旋は投球側と非投球側で有意な主効果をみとめた ( $p < 0.001$ ). 投球側と利き手との間に有意な交互作用はみとめなかった.

表 3 は投球側と非投球側の小・中学生と高校生の差異を示した. 肩関節外旋と内旋は投球側と非投球側において有意な主効果をみとめた ( $p < 0.001$ ). 投球側と年齢との間に有意な交互作用はみとめなかった. 頸部回旋は年齢において有意な主効果をみとめた ( $p < 0.001$ ). 投球側と年齢の間に有意な交互作用はみとめなかった. 体幹回旋は投球側と年齢の間に有意な交互作用をみとめた ( $p < 0.001$ ). 単純効果を分析した結果, 体幹回旋は高校生で有意に大

大きく ( $p < 0.001$ ), 小・中学生の投球方向で有意に大きかった ( $p < 0.001$ ). 股関節外旋は年齢において有意な主効果をもとめた ( $p < 0.01$ ). 投球側と年齢との間に有意な交互作用はみとめなかった. 股関節内旋は投球側と年齢との間に有意な交互作用をもとめた ( $p < 0.05$ ). 単純効果を分析した結果, 股関節内旋は小・中学生で有意に大きく ( $p < 0.05$ ), 小・中学生の非投球側で大きかった ( $p < 0.001$ ).

## 考察

本研究では健全な野球投手の頸部, 肩関節, 体幹, 股関節の回旋可動域における利き手と年齢の差異を検討した.

### 右投手と左投手

野球投手の投球側上肢において, 肩関節外旋が大きく内旋が小さいことはよく知られている<sup>1)2)3)4)</sup>. 右投手と左投手を比較すると, 肩関節外旋が右投手の右側が, 左投手の左側が有意に大きかった. 肩関節内旋は右投手の左側が, 左投手の右側が有意に大きかった. この研究では過去の研究<sup>1)2)3)4)</sup>と同様に, 肩関節回旋が利き手に関わらず, 投球側の外旋が大きく, 内旋が小さいことが明らかとなった.

体幹, 股関節可動域は右投手と左投手で有意差が生じていたが, 2度以下の差異であり, 臨床的にはほとんど意味がないと考える.

### 回旋可動域の年代間と左右の違い

肩関節回旋可動域の特徴はこれまでの研究<sup>1)2)3)4)</sup>と同様であった. 一般的に, 関節可動域は年齢とともに減少する. しかしながら, 肩関節内旋と外旋は小・中学生と高校生投手で交互作用をもとめなかった. 投球動作を繰り返し行う競技特性のためと考えた.

加えて, 体幹回旋は小・中学生より高校生で有意に大きかった. Ishida et al.<sup>15)</sup> はワインドアップからフットコンタクトにかけての投球方向への体幹回旋と最大外旋からボールリリースにかけての反対方向への回旋が投球に必要であると報告している. Stodden et al.<sup>16)</sup> は投球動作中に球速の増加に伴い, 体幹の投球方向への回旋角度が増加すると報告している. Lorson KM et al.<sup>17)</sup> は高校生投手が下肢と体幹を効率的に回旋させ, より発達した様式で投球すると報告した. 体幹がボールを投げるために投球方向と反対方向へ回旋する<sup>18)19)</sup> することは回旋可動域を変化させるかもしれない. 繰り返しの投球が体幹回旋の可動域における年齢の影響を打ち消すのかもしれない.

投球方向への頸部回旋は小・中学生と高校生において反対方向より有意に大きかった. しかしながら, この違いは1度未満であり, 臨床的意義は少ないかもしれない. 頸部回旋は年齢とともに減少すると報告<sup>20)21)</sup>されており, 本結果と同様であった.

小・中学生の股関節外旋は軸足で, 内旋はステップ足で有意に大きかった. しかしながらその違いは1°程度であり, 臨床的意義は少ないかもしれない.

## 結論

日本の小・中学生と高校生野球投手の上肢・体幹・下肢における年代と左右差の影響が明らかとなった。左右差は肩関節回旋でみとめられた。高校生において非投球側の肩関節内旋や体幹回旋は増加していたが、下肢や頸部の関節可動域は低下していた。関節可動域の左右差や年代間における高校生での関節可動域増加は成長過程による変化と投手の関節可動域特性である可能性がある。これらの結果は、投球障害を有する若年選手のリハビリテーションにおけるストレッチの具体的な数値目標として、また、障害予防のコンディショニングにおける参考値として使用できる可能性がある。

## 限界

われわれは投球障害を有さない選手の関節可動域を明らかにした。しかしながら、この研究は横断研究である。投球障害を有する選手の関節可動域の特徴は不明である。今後は障害予防に向けた縦断研究が必要である。

## 文献

- 1) Ellenbecker TS, Roetert EP, Bailie DS, Davies GJ, Brown SW: Shoulder joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(12):2052-2056.
- 2) Bigliani LU, Codd TP, Connor PM, Levine WN, Littlefield MA, Hershon SJ: Shoulder motion and laxity in the professional baseball player. *Am J Sports Med* 1997; 25(5):609-613.
- 3) Brown LP, Niehues SL, Harrah A, Yavorsky P, Hirshman HP: Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *Am J Sports Med* 1988; 16(6):577-585.
- 4) Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, Porterfield R, Simpson CD 2nd, Harker P, Paparesta N, Andrews JR: Correlation of shoulder internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 2011; 39(2):329-335.
- 5) Matsui T, Morihara T, Azuma Y, Seo K, Hiramoto M, Kida Y, Takashima M, Horii M, Kubo T: The prediction of pitching injuries of the shoulder and elbow by comparing the ROM between dominant and non-dominant side on neck/trunk rotations and hip internal rotation [in Japanese]. *Jpn J Phys Fitness Sports Med* 2013; 62(3): 223-226.
- 6) Lam KC, Snyder Valier AR, Valovich McLeod TC: Injury and treatment characteristics of sport-specific injuries sustained in interscholastic athletics: a report from the athletic training practice-based research network. *Sports Health* 2015; 7(1):67-74.
- 7) Gugenheim JJ, Stanley RF, Woods GW, Tullos HS: Little League survey: the Houston study. *Am J Sports Med* 1976; 4(5):189-200.
- 8) Wilk KE, Macrina LC, Arrigo C: Passive range of motion characteristics in the overhead baseball pitcher and their implications for rehabilitation. *Clin Orthop Relat Res* 2012; 470(6):1586-1594.

- 9) Barnes CJ, Van Steyn SJ, Fischer RA: The effects of age, sex, and shoulder dominance on range of motion of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 2001; 10(3):242-246.
- 10) Boone DC, Azen SP: Normal range of motion of joints in male subjects. *J Bone Joint Surg Am* 1979; 61(5):756-759.
- 11) Reinold MM, Gill TJ, Wilk KE, Andrews JR: Current concepts in the evaluation and treatment of the shoulder in overhead throwing athletes, part 2: injury prevention and treatment. *Sports Health* 2010; 2(2):101-115.
- 12) Wilk KE, Meister K, Andrews JR: Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *Am J Sports Med* 2002; 30(1):136-151.
- 13) Yonemoto, K., Ishigami, J., & Kondo, T. (1995). Measurement Method for Range of Joint Motion. *Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, 32, 207-217. in Japanese
- 14) Kibler WB, Chandler TJ, Uhl T, Maddux RE: A musculoskeletal approach to the preparticipation physical examination. Preventing injury and improving performance. *Am J Sports Med* 1989; 17(4):525-531.
- 15) Ishida K, Hirano Y: Effects of Non-throwing Arm on Trunk and Throwing Arm Movements in Baseball Pitching. *International Journal of Sport and Health Science* 2004; 2:119-128.
- 16) Stodden DF, Langendorfer SJ, Fleisig GS, Andrews: Kinematic constraints associated with the acquisition of overarm throwing part I: step and trunk actions. *JR Res Q Exerc Sport* 2006; 77(4):417-427.
- 17) Lorson KM, Stodden DF, Langendorfer SJ, Goodway JD: Age and gender differences in adolescent and adult overarm throwing. *Res Q Exerc Sport* 2013; 84(2):239-244.
- 18) Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR: Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993; 18(2):402-408.
- 19) Pappas AM, Zawacki RM, Sullivan TJ: Biomechanics of baseball pitching. A preliminary report. *Am J Sports Med* 1985; 13(4):216-222.
- 20) James W Youdas, Tom R Garrett, Vera J Suman, Connie L Bogard, Horace O Hallman and James R Carey: Normal Range of Motion of the Cervical Spine: An Initial Goniometric Study. *PHYS THER* 1992; 72:770-780.
- 21) Nilsson N, Hartvigsen J, Christensen HWJ: Normal ranges of passive cervical motion for women and men 20-60 years old. *Manipulative Physiol Ther* 1996; 19(5):306-309

図表

表 1 右投手と左投手の基本情報

	Right-handed n = 282	Left-handed n = 74	<i>P</i>
Age, year	14.2 ± 2.4	14.7 ± 2.3	.15
Height, cm	163.8 ± 15.1	164.2 ± 12.9	.84
Weight, kg	55.1 ± 14.5	54.9 ± 12.8	.91
BMI, kg/m <sup>2</sup>	20.5 ± 8.7	20.0 ± 2.3	.63
Beginning age of pitching, year	8.0 ± 1.7	8.3 ± 1.8	.18
Pitching experience, year	6.2 ± 2.6	6.4 ± 2.3	.62

Mean ± SD.

BMI, body mass index.



図2 右投手と左投手の比較

		Right-handed	Left-handed	dominant/non-dominant	side	Interaction
		n = 282	n = 74	P	P	P
Shoulder external rotation at 90°, deg	Dominant side	126.0 ± 12.0	123.4 ± 11.4	<.001	.71	<.001
	Non-dominant side	119.0 ± 12.5	120.5 ± 9.9			
Shoulder internal rotation at 90°, deg	Dominant side	34.4 ± 11.7	42.9 ± 11.7	<.001	.75	<.001
	Non-dominant side	50.5 ± 11.9	42.9 ± 11.6			
Neck rotation, deg	Dominant side	82.8 ± 10.9	78.3 ± 9.7	<.001	.29	.17
	Non-dominant side	80.4 ± 8.4	82.4 ± 11.4			
Trunk rotation, deg	Dominant side	52.6 ± 11.1	53.6 ± 13.2	.10	.96	.02
	Non-dominant side	52.2 ± 11.6	51.3 ± 11.7			
Hip external rotation, deg	Dominant side	59.6 ± 11.2	59.1 ± 11.0	.61	.60	.34
	Non-dominant side	59.4 ± 11.0	58.4 ± 10.5			
Hip internal rotation, deg	Dominant side	39.3 ± 13.1	38.3 ± 12.1	.68	.65	.04
	Non-dominant side	40.4 ± 14.9	39.9 ± 10.7			

Mean ± SD.

Interaction was calculated by repeated two-way ANOVA with measurement side as an intra-subject factor and group as an inter-subject factor.

図3 小・中学生と高校生の比較

		Youth 9-14 yrs old n = 155	High-school 15-17 yrs old n = 201	dominant/non- dominant <i>P</i>	age <i>P</i>	Interaction <i>P</i>
Shoulder external rotation at 90°, deg	Dominant side	125.5 ± 14.4	125.4 ± 9.5	<.001	.38	.13
	Non-dominant side	120.4 ± 13.2	118.5 ± 11.0			
Shoulder internal rotation at 90°, deg	Dominant side	35.4 ± 14.4	36.7 ± 10.1	<.001	.06	.31
	Non-dominant side	47.3 ± 13.6	50.1 ± 10.9			
Neck rotation, deg	Dominant side	84.6 ± 9.8	79.8 ± 11.1	.03	<.001	.73
	Non-dominant side	83.3 ± 9.0	78.9 ± 8.7			
Trunk rotation, deg	Dominant side	49.7 ± 12.6	55.2 ± 10.0	.27	<.001	.00
	Non-dominant side	47.2 ± 12.4	55.7 ± 9.5			
Hip external rotation, deg	Dominant side	61.2 ± 12.2	58.2 ± 10.1	.38	.01	.57
	Non-dominant side	60.6 ± 12.8	58.0 ± 9.1			
Hip internal rotation, deg	Dominant side	42.0 ± 13.4	36.9 ± 12.1	.01	<.001	.02
	Non-dominant side	44.5 ± 15.1	37.0 ± 12.3			

Mean ± SD.

Interaction was calculated by repeated two-way ANOVA with measurement side as an intra-subject factor and group as an inter-subject factor.

## 第5章 関節可動域の縦断検討

基礎論文：中学生野球選手の経年的な可動域の変化—中学入学時と3年生時との比較—

### The change of range of motion in junior high school baseball players

#### I. 緒言

野球は日本で人気の高いスポーツのひとつであり、小学校低学年から練習を開始する選手も多い。伊藤ほか<sup>1)</sup>は高校生を対象としたアンケート調査で、肩関節部痛は高校生から、肘関節部痛は小・中学生からの発生が多いと報告している。町田ほか<sup>2)</sup>は15歳以下の子どもを対象に投球フォームの解析を行い、大人の投球フォームと比較して上肢に負担がかかる可能性を報告している。成長期には肩・肘関節を中心とした障害が多く、中には障害を残す子どもも存在する。

投球動作には体幹、股関節および肩関節を中心とした回旋エネルギーが重要であり、これらの可動域が減少していると肩関節や腰部に重大な障害をもたらす可能性がある<sup>3)</sup>。また肩関節内旋の可動域制限は肘関節の障害を発生させる危険因子<sup>3) 4)</sup>とされている。

投球動作は上肢帯のみならず体幹・下肢の運動連鎖の影響を受ける<sup>5) 6) 7)</sup>ため、身体各部位のわずかな機能低下が投球側の肩・肘関節へ影響を及ぼし、外傷を発生させる<sup>4)</sup>。肩・肘関節に障害が出現することなく、競技を続けていくためには障害予防に視点をおいた身体づくりが必要である<sup>3) 4)</sup>。

そこでわれわれは、経年的な可動域の変化と野球に伴う障害の状況を知る目的で中学校3校の協力を得て、2009年から2011年の3年間、野球肘検診を行った。中学校入学時と3年生時における肩・肘関節の自覚症状の有無と投球動作に必要な可動域の変化を検討したので報告する。

#### II. 方法

3中学校硬式野球部の1年生新入部員63名(12-13歳、全員男子)を対象として、入部後約3カ月の時点で野球肘検診を実施した。事前にアンケート調査を実施し、小学校までの野球歴、外傷および障害歴、現在及び過去の肩・肘関節の痛みの自覚について質問した。検診はそれぞれの中学校で練習の合間に実施した。直接検診では理学療法士が可動域測定を行い、医師が超音波を用いて肘関節を診察した<sup>8)</sup>。3年生時も同様に検診を実施し、対象者は53名(14-15歳、全員男子)であった。

可動域の測定項目は肩関節外旋・内旋(2nd)、股関節内旋(股・膝関節90°屈曲位)、頸部・体幹回旋(正座)の5項目とした。測定は代償動作を防ぐため、理学療法士3名で操作・固定・計測を分担して実施した(図1)。計測はゴニオメーターを用いて、1度単位で実施した。

回収したアンケートから収集した現在の肩・肘関節の痛みを自覚している人数と測定した可動域について、中学入学時と3年生時とを比較・検討した。

統計は対応のないt検定を使用し、有意基準は5%未満とした。

対象者および保護者には事前に本検診の目的、評価方法を説明し、個人情報保護を基に書面で同意を得た。

### III. 結果

アンケート調査では“現在肩関節に疼痛がある”と回答した選手は入学時で3名，“肘関節に疼痛がある”と回答した選手は11名であった。それに対して3年生時では肩関節痛の訴えがある選手は6名，肘関節痛の訴えがある選手は22名と増加した。

入学時の肩関節外旋は投球側  $140.2 \pm 9.9^\circ$  ・非投球側  $130.6 \pm 10.9^\circ$  ，肩関節内旋は投球側  $40.6 \pm 10.1^\circ$  ・非投球側  $52.5 \pm 9.8^\circ$  ，股関節内旋は投球側  $40.3 \pm 11.3^\circ$  ・非投球側  $40.8 \pm 10.4^\circ$  ，頸部回旋は投球側  $67.5 \pm 8.1^\circ$  ・非投球側  $70.5 \pm 8.9^\circ$  ，体幹回旋は投球側  $58.5 \pm 9.9^\circ$  ・非投球側  $57.5 \pm 9.5^\circ$  であった。

3年生時の肩関節外旋は投球側  $131.5 \pm 10.9^\circ$  ・非投球側  $121.5 \pm 12.5^\circ$  ，肩関節内旋は投球側  $32.3 \pm 10.0^\circ$  ・非投球側  $45.4 \pm 12.8^\circ$  ，股関節内旋は投球側  $29.3 \pm 11.3^\circ$  ・非投球側  $27.0 \pm 11.0^\circ$  ，頸部回旋は投球側  $83.4 \pm 11.4^\circ$  ・非投球側  $84.2 \pm 10.4^\circ$  ，体幹回旋は投球側  $55.8 \pm 6.4^\circ$  ・非投球側  $57.3 \pm 7.3^\circ$  であった。

入学時と3年生時を比較すると，肩関節外旋・内旋（2nd）および股関節内旋の可動域は有意に減少（ $p < 0.01$ ）した。頸部回旋の可動域は有意に増加（ $p < 0.01$ ）したが，体幹回旋の可動域は有意差を認めなかった。

### IV. 考察

野球選手では肩関節の外旋角度が増加することや内旋角度が減少することが多数報告されている<sup>9) 3) 10) 11) 12) 13) 14)</sup>。肩関節外旋可動域の増大は上腕骨後捻角の増加という骨性要因であるが，一方で内旋制限は肩関節の後方関節包および肩関節周囲筋群の伸張性低下という軟部組織性要因である<sup>15)</sup>とされ，障害予防には肩関節周囲のストレッチを行うことが重要<sup>12) 13)</sup>である。

しかし，投球動作は全身運動<sup>10) 14)</sup>であり，肩関節や肘関節自体の問題から投球障害が生じることは少ない<sup>16)</sup>。障害予防を考える上で肩関節や肘関節だけでなく，頸部・体幹や股関節など全身の関節アライメントや筋力，関節可動域などを捉えることが必要である<sup>5) 17)</sup>。

入学時と3年生時を比較し，肩・肘関節に疼痛を自覚する選手が増加していた。成長期の疼痛の原因として未熟な投球技術やオーバーユース，コンディショニング不足が挙げられる<sup>18) 17)</sup>。

本検診の結果，非投球側の肩関節外旋角度・内旋角度とも同様に減少していた。上腕骨頭の後捻は成長過程で減少することが報告されており<sup>19)</sup>，それに伴い肩関節の外旋可動域が減少し，内旋可動域が増大する。外旋角度の減少は生理的な変化と捉えることができるが，内旋角度の減少は骨性ではなく軟部組織性要因が大きいと考える。また，肩関節だけでなく，股関節内旋の可動域も減少していた。可動域制限により股関節の機能不全が生じると，投球

動作で肩関節の過剰な内旋が必要となり、投球障害の原因となりうる<sup>6)</sup>。今回の結果のみでは結論付けることはできないが、可動域の減少が肩・肘関節に疼痛を訴える選手の増加と何らかの関連性があると考えられる。

岩本ほか<sup>9)</sup>や矢澤ほか<sup>11)</sup>はメディカルチェックおよびフィードバックを行うことによって、肩後方ストレッチを適切に行う選手が増え、肩関節内旋（2nd）制限が改善したと報告している。障害予防には投球動作の正しい技術を習得するとともに、オーバーユースを避け、適切なコンディショニングを行うことが重要<sup>3) 11) 13)</sup>である。それに加えて、定期的に野球肘検診を行うことは投球障害の早期発見・早期治療となるだけでなく、選手や保護者・指導者への意識付けともなり、障害予防に有用である。

## V. 結論

中学生野球選手を対象に、入学時と3年生時に野球肘検診を行い、入学時と3年生時とを比較した結果、肩・肘関節に疼痛を自覚する選手が増加し、肩関節内・外旋および股関節内旋の可動域は低下していた。このことから、投球障害予防のためには適切なコンディショニングが必要であり、定期的な検診が有用であると考えられる。

## 謝辞

本研究は、京都府医師会スポーツ医学委員会からの助成を受けて行った。

## 参考文献

- 1) 伊藤直之, 山崎孝, 勝尾信一: 高校野球部員における肩及び肘痛に関するアンケート調査—発生時期と守備位置との関係について—: 理学療法福井, 10, 32-35, 2006
- 2) 町田明敏, 橋本淳, 信原克哉: 子供の投球フォーム: 肩関節 26, 577-580, 2002
- 3) 高橋亮輔, 林英俊, 澁川正人, 中村崇, 関賢一, 飯島圭子, 武藤芳照, 森健躬: 若年野球選手の上肢・下肢の可動域について—障害予防の観点から—: 身体教育医学研究, 6, 31-37, 2005
- 4) 宮下浩二, 小林寛和, 横江清司: 投球の加速運動における上肢関節運動の検討: *Journal of Athletic Rehabilitation*, 2, 111-117, 1999
- 5) 宮下浩二: 投球障害のアプローチへの実践: *Sportsmedicine*, 91, 2007
- 6) 岩本仁: 投球障害肩と理学療法②, 福井勉, 小柳磨毅; 理学療法 MOOK 9 スポーツ傷害の理学療法第2版: 125-136, 2009, 東京, 三輪書店
- 7) 浜田純一郎, 櫻庭龍也, 遠藤和博: 投球の運動連鎖と肩・肘障害: *Medical Rehabilitation*, 137, 23-29, 2011
- 8) 北條達也, 木田圭重, 松井知之, 瀬尾和弥, 東善一, 平本真知子, 山端志保, 清水長司: 中学校野球部新入部員に対する超音波を用いた野球肘検診: 同志社スポーツ健康科学, 3, 1-5, 2011

- 9) 岩本賢, 平井達也, 飯田博己, 大橋朗, 岩堀祐介:少年野球選手における肩関節内旋可動域の変化ーメディカルチェックおよびフィードバックの効果ー:日本私立医科大学理学療法学会誌, 21, 61-63, 2004
- 10) 佐藤英樹, 石橋恭之, 塚田晴彦, 藤哲:小中学野球選手の肩関節内外旋可動域ー野球とサッカー選手の身体所見についてー:肩関節, 29, 421-425, 2005
- 11) 矢澤浩成, 飯田博己, 岩本賢, 加藤貴志, 水谷仁一, 川尻貴大, 大橋朗, 岩堀祐介, 加藤真, 青山効司, 大須賀友晃, 佐藤啓二:少年野球チームに対する障害予防活動について:スポーツ障害フォーラム, 11, 33-35, 2006
- 12) 三原研一:少年野球選手の肩関節可動域:骨・関節・靭帯, 20, 317-322, 2007
- 13) 大須賀友晃, 岩堀祐介, 加藤真, 佐藤啓二:小学生と高校生の肩関節可動域ー野球選手の内旋減少・外旋拡大についてー:骨・関節・靭帯 20.325-335, 2007
- 14) 松井知之, 森原徹, 木田圭重, 東善一, 北條達也, 長谷齊:中学生・高校生野球選手における身体特性ー上下肢可動域の左右差に注目してー:日本整形外科スポーツ医学会誌, 31, 93-97, 2011
- 15) Crockers HC, Gross LB, Wilk KE, Schwartz ML, Reed J, O'Mara J, Reilly MT, Dugas JR, Meister K, Lyman S and Andrews JR:Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. : Am J Sports Med, 30. 20-26, 2002
- 16) 菅谷啓之:スポーツ障害肩の診断と治療方針の選択:Medical Rehabilitation, 110, 53-59, 2009
- 17) 橋口宏, 伊藤博元, 大場俊二:リトルリーグショルダーに対するメディカルチェック:骨・関節・靭帯, 20, 309-314, 2007
- 18) 亀山泰, 横江清司, 大島祐之:成長期のスポーツ障害例の検討:スポーツ医・科学, 17, 11-15, 2004
- 19) 山本宣幸:投球障害の最近の話題ー内旋可動域の低下ー関節外科 25.17-20, 2006

図表

図1 関節可動域測定風景



## 第6章 関節可動域とスポーツ障害との関係

基礎論文：高校生野球投手における関節可動域と肘関節障害の関係

Relationship between Range of Motion and Elbow Injury in High School Baseball Players

### 【緒言】

投球障害は投球動作の繰り返しによって発生する慢性障害である。これまでに体格<sup>1)</sup>や関節可動域<sup>2)3)</sup>、筋力<sup>4)</sup>、投球数<sup>5)</sup>、ポジション<sup>6)</sup>などについて研究が行われてきた。関節可動域に関して、肩関節内旋の減少は肘関節障害と関連するとの報告<sup>2)</sup>がある。しかし、関連を否定する報告<sup>3)</sup>もあり、単一の関節可動域と投球障害との関係は不明である。一方、投球動作は全身運動であり、障害部位である肩関節や肘関節だけでなく、股関節や体幹についても評価する必要がある。これまでに障害を有する選手の特徴として、SLRの低下や股関節可動域の低下が報告されている<sup>7)</sup>。全身の関節可動域を測定し、健常選手と比較することによって、障害を有する選手の関節可動域特性を明らかにできる可能性がある。

本研究では、高校生野球投手を対象に、ストレステストによる肘関節障害の有無を判定し、障害の有無と各関節可動域の関連について検討することを目的とした。

### 【対象および方法】

#### 1. 対象者

京都府高等学校野球連盟に所属し、理学所見および関節可動域測定を実施できた野球投手164名を対象とした。平均年齢は $16.2 \pm 0.7$ 歳であり、競技経験年数は $7.9 \pm 2.0$ 年であった。体格として、平均身長が $173.7 \pm 5.4$ cmであり、平均体重が $64.7 \pm 7.2$ kgであった。なお、本研究は京都府立医科大学医学倫理委員会の承認を得た後に、参加者に対し、測定の意義、重要性の説明をおこない、全員から同意を得て実施した。

#### 2. 測定内容および測定方法

##### (1) 肘関節障害の判定

整形外科医師が疼痛誘発テストとして、肘関節内側障害<sup>8,9)</sup>に対する肘外反ストレステスト、肘関節後方障害<sup>10,11)</sup>に対する肘過伸展テストをおこなった。選手に対し、各テストを実施し、疼痛を訴えた場合を陽性とし、いずれかのテストが陽性であった場合に、障害を有する選手と判定した。

##### (2) 関節可動域

関節可動域の測定箇所は、肩関節 2nd 外旋および内旋角度（肩関節 90 度外転位・肘関節 90 度屈曲位）、肩関節 3rd 内旋（肩および肘関節 90 度屈曲位）、股関節屈曲および外転、股関節外旋および内旋角度（股および膝関節 90 度屈曲位）、頸部および体幹回旋角度（正坐位）とした。

測定は日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会の測定方法<sup>12)</sup>に準じて4名の理学療法士によって実施した。4名のうち1名が対象者の身体を固定し、1名が対象者の身



体を動かし、1名が角度および距離を測定し、1名が記録した。なお、角度は東大型角度計を用いて1度単位で測定した。

上肢の関節可動域は右投手の場合、右上肢を投球側、左上肢を非投球側と定義した。頸部および体幹回旋は右投手の場合、左回旋を投球側、右回旋を非投球側と定義した。下肢の関節可動域は右投手の場合、右下肢を投球側、左下肢を非投球側と定義した。

### 3. 統計

障害の有無による被験者特性と関節可動域の違いについて対応のない t 検定を用いて分析した。なお、有意水準は5%とし、統計ソフトは IBM SPSS 21 (IBM, Corp., Armonk, New York) を使用した。

#### 【結 果】

障害判定で陽性と判断されたのは、外反ストレステスト 38 名、過伸展テスト 28 名、なお、これら3つのテストのいずれかで陽性となった選手は 42 名であった。

障害の有無別に被験者特性を検討したところ、肘関節障害を有すると判定された群で障害の有無で有意差をみとめなかった(表 1)。関節可動域は全ての変数において障害の有無で有意差をみとめなかった(表 2)。

#### 【考 察】

本研究では野球投手の関節可動域を測定し、障害を有する選手と健常投手とを比較した結果、肘関節障害の有無で関節可動域に有意差はみとめなかった。これは肘関節内側側副靭帯損傷との関連性はないとする報告<sup>3)</sup>と一致した。投球動作は上肢・体幹・下肢の運動連鎖で行われる。単一の関節可動域の制限が生じても他の関節で代償できれば、障害を発症することなく、投球できる可能性がある。単一の関節可動域では障害を有する選手の特性を明らかにすることはできず、複合的に考慮していく必要があると考えた。

投球障害の原因は関節可動域や体格だけではなく、ポジションや投球フォームに加え、投球数など多くの因子が関係している。また、関節可動域自体も年齢や体格、筋力など様々な因子に影響を受けるため、今後は多因子での検討を進める必要がある。

#### 【結 語】

1. 高校生野球投手を対象に、ストレステストと関節可動域測定を実施した。
2. 単一の関節可動域と肘関節障害との関連はみとめなかった。
3. 投球障害の原因は多岐にわたるため、多因子での検討が必要と考えた。

#### 【文 献】

- 1) Harada M, Takahara M, Mura N, et al: Risk factors for elbow injuries among young baseball players. J Shoulder Elbow Surg. 2010; 19: 502-7.

- 2) Shanley E, Rauh MJ, Michener LA, et al: Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. *Am J Sports Med.* 2011; 39: 1997-2006.
- 3) Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, et al: Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2014; 42: 2075-81.
- 4) 林田賢治, 中川滋人: 高校野球選手の肩内外旋筋力と投球障害の関係. 肩関節. 2005 ; 29 : 651-4.
- 5) Yukutake T, Yamada M, Aoyama T: A survey examining the correlations between Japanese little league baseball coaches' knowledge of and compliance with pitch count recommendations and player elbow pain. *Sports Health.* 2013; 5: 239-43.
- 6) Tajika T, Kobayashi T, Yamamoto A, et al: Relationship between grip, pinch strengths and anthropometric variables, types of pitch throwing among Japanese high school baseball pitchers. *Asian J Sports Med.* 2015; 6: e25330.
- 7) 山口 健, 三原 研一, 鈴木 一秀ほか: 少年野球肘に対する運動療法と治療成績. 整スポ会誌. 2008 ; 27(3) : 321-4.
- 8) 原 正文: 【投球障害肩】投球障害肩患者に対する診察と病態把握のポイント. *Orthopaedics.* 2007 ; 20 : 29-38.
- 9) 原 正文: 【予防としてのスポーツ医学 スポーツ外傷・障害とその予防・再発予防】野球肩 発症メカニズムとその予防・再発予防. *臨スポーツ医.* 2008 ; 25 : 173-8.
- 10) Wilson FD, Andrews JR, Blackburn TA, et al: Valgus extension overload in the pitching elbow. *Am J Sports Med.* 1983; 11: 83-8.
- 11) 山崎哲也: 野球肘障害の治療と予防 野球選手の肘後方インピンジメント障害に対する鏡視下手術. *日臨スポーツ医会誌.* 2012 ; 20 : 230-2.
- 12) 米本恭三, 石神重信, 近藤 徹: 関節可動域表示ならびに測定法 (平成7年4月改訂). *リハ医.* 1995 ; 32 : 207-17.

【図表】

表 1 健常群と肘痛群の基本情報

	健常群n=122	肘痛群n=42	t値	p値
	Mean±SD	Mean±SD		
年齢 (yr)	16.2 ± 0.7	16.2 ± 0.7	-1.18	0.24
開始年齢 (yr)	8.4 ± 1.9	8.4 ± 1.7	-0.51	0.61
身長 (cm)	173.3 ± 5.4	174.5 ± 5.3	-0.46	0.65
体重 (kg)	64.5 ± 7.4	65.1 ± 6.8	0.02	0.99

表 2 健常群と肘痛群の関節可動域比較

	健常群n=122		肘痛群n=42		t値	p値
	Mean±SD		Mean±SD			
肩関節2nd外旋 (T)	125.9 ± 9.4		128.9 ± 8.2		-1.81	0.07
肩関節2nd外旋 (n-T)	120.1 ± 11.0		121.0 ± 7.7		-0.49	0.62
肩関節2nd内旋 (T)	38.9 ± 10.5		39.5 ± 10.5		-0.32	0.75
肩関節2nd内旋 (n-T)	52.3 ± 10.9		52.0 ± 9.2		0.14	0.89
肩関節3rd内旋 (T)	10.7 ± 11.6		13.0 ± 11.0		-1.09	0.28
肩関節3rd内旋 (n-T)	20.3 ± 10.4		19.3 ± 7.9		0.54	0.59
肩関節3rd外旋 (T)	107.2 ± 12.8		110.1 ± 11.1		-1.09	0.28
肩関節3rd外旋 (n-T)	105.7 ± 11.6		107.8 ± 9.1		-0.88	0.38
体幹回旋 (T)	54.0 ± 9.9		56.0 ± 10.9		-1.05	0.29
体幹回旋 (n-T)	54.2 ± 9.7		56.8 ± 9.9		-1.05	0.29
頸部回旋 (T)	85.1 ± 8.8		83.0 ± 9.0		1.10	0.28
頸部回旋 (n-T)	81.1 ± 7.6		81.1 ± 7.0		-1.50	0.13
股関節内旋 (T)	34.2 ± 12.1		35.0 ± 10.7		-1.91	0.06
股関節内旋 (n-T)	32.7 ± 11.6		34.5 ± 12.5		-0.87	0.39
股関節外旋 (T)	59.6 ± 7.8		59.5 ± 9.8		0.07	0.95
股関節外旋 (n-T)	58.6 ± 8.9		58.4 ± 10.1		0.10	0.92
股関節外転 (T)	41.0 ± 6.7		41.7 ± 5.9		-0.50	0.62
股関節外転 (n-T)	41.6 ± 7.6		40.3 ± 6.3		0.82	0.41
股関節屈曲 (T)	92.9 ± 18.7		90.4 ± 22.9		0.71	0.48
股関節屈曲 (n-T)	91.8 ± 19.5		87.7 ± 22.4		1.14	0.26
SLR (T)	54.7 ± 12.9		52.8 ± 14.0		0.81	0.42
SLR (n-T)	54.6 ± 13.9		51.8 ± 15.0		1.10	0.27
HBD (T)	11.5 ± 7.5		12.2 ± 8.1		-0.48	0.63
HBD (n-T)	11.6 ± 7.6		11.8 ± 8.2		-0.19	0.85

T:Throwing side

n-T:non-Throwing side

## 基礎論文：女子プロ野球選手における関節可動域と肘関節障害の関係

### 【緒 言】

投球障害は投球動作の繰り返しによって発生する慢性障害である。その原因として、体格<sup>1)</sup>や関節可動域<sup>2)3)</sup>、筋力<sup>4)</sup>などの内的要因や投球数<sup>5)</sup>、ポジション<sup>6)</sup>などの環境要因といったものが挙げられる。関節可動域に関して、肩関節内旋の減少は肘関節障害と関連するとの報告<sup>2)</sup>がある。しかし、関連を否定する報告<sup>3)</sup>もあり、単一の関節可動域と投球障害との関係は不明である。一方、全身運動である投球動作を考慮し、肩関節と股関節の相関関係について評価する必要性が示されてきている。Scher et al.<sup>7)</sup>は肩関節回旋と股関節内旋・伸展の相関関係を評価し、肩関節障害との既往を、Sauers et al.<sup>8)</sup>は肩関節回旋と股関節回旋の相関関係を評価し、投手と野手の可動域特性を検討している。しかし、これまでの報告は男子選手のみを対象としており、女子野球選手の身体特性や障害に関する報告は少ない<sup>9-11)</sup>。

本研究では、女子プロ野球選手を対象に、ストレステストによる肘関節障害の有無を判定し、第一に障害の有無と各関節可動域の関連について、第二に肩関節と股関節の相関関係について検討することを目的とした。

### 【方 法】

#### 1. 対象者

日本女子プロ野球機構に所属するプロ野球選手全 63 選手中、肩過外旋テスト陽性である選手を除いた 51 名を対象とした。平均年齢は  $21.8 \pm 2.8$  歳であり、競技経験年数は  $13.3 \pm 3.8$  年であった。体格として、平均身長が  $162.7 \pm 5.0$ cm であり、平均体重が  $59.9 \pm 5.9$ kg であった。守備位置の内訳は、投手が 19 名、捕手が 5 名、内野手が 18 名、外野手が 9 名であった。なお、本研究は京都府立医科大学医学倫理委員会の承認を得た後に、参加者に対し、測定の意味、重要性の説明をおこない、全員から同意を得て実施した。

#### 2. 測定内容および測定方法

##### (1) 肘関節障害の判定

整形外科医師が疼痛誘発テストとして、肘関節内側障害<sup>12,13)</sup>に対する肘外反ストレステスト、肘関節後方障害<sup>14,15)</sup>に対する肘過伸展テストをおこなった。圧痛は内側上顆と肘頭を調査した<sup>16)</sup>。選手に対し、各テストを実施し、疼痛を訴えた場合を陽性とし、いずれかのテストが陽性であった場合に、障害を有する選手と判定した。

##### (2) 関節可動域

関節可動域の測定箇所は、肩関節 2nd 外旋および内旋角度（肩関節 90 度外転位・肘関節 90 度屈曲位）、肩関節 3rd 内旋（肩および肘関節 90 度屈曲位）、股関節屈曲および外転、股関節外旋および内旋角度（股および膝関節 90 度屈曲位）、頸部および体幹回旋角度（正坐位）とした。

測定は日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会の測定方法<sup>17)</sup>に準じて 4 名の理学療法士によって実施した。4 名のうち 1 名が対象者の身体を固定し、1 名が対象者の身体を動かし、1 名が角度および距離を測定し、1 名が記録した。なお、角度は東大型角度計

を用いて1度単位で測定した。

上肢の関節可動域は右投手の場合、右上肢を投球側、左上肢を非投球側と定義した。頸部および体幹回旋は右投手の場合、左回旋を投球側、右回旋を非投球側と定義した。下肢の関節可動域は右投手の場合、右下肢を投球側、左下肢を非投球側と定義した。

### 3. 統計

障害の有無による被験者特性と関節可動域の違いについて対応のない t 検定を用いて分析した。障害とポジションについてはカイ二乗検定を用いた。肩関節と股関節の関係についてはピアソンの相関係数を用いた。なお、有意水準は5%とし、統計ソフトは IBM SPSS 21 (IBM, Corp., Armonk, New York) を使用した。

#### 【結 果】

障害判定で陽性と判断されたのは、外反ストレステスト8名、過伸展テスト13名、内側上顆圧痛8名、肘頭圧痛1名であった。なお、これら3つのテストのいずれかで陽性となった選手は20名であった。陽性と判断された選手のポジションを検討すると、投手は10名(全投手中52.6%)、捕手は3名(全捕手中60%)、内野手は6名(全内野手中33.3%)、外野手は1名(全外野手中11.1%)であった。障害の有無とポジションの関係をカイ二乗検定で検討した結果、有意な違いは確認できなかった( $\chi^2=6.1$ ,  $P=.11$ )。

障害の有無別に被験者特性を検討したところ、肘関節障害を有すると判定された群で有意に身長、体重が高値を示した(表1)。関節可動域について投球側と非投球側との相関関係を検討したところ、すべての変数で高い相関関係をみとめたため(表2)、今回は投球側を採用し、以後の検討を行った。関節可動域は全ての変数において障害の有無で有意差をみとめなかった(表3)。肩関節と股関節の相関関係については健常群・肘関節障害を有すると判定された群ともに有意な相関関係をみとめなかった(表4・5)。

#### 【考 察】

本研究では肘関節障害の有無で関節可動域に有意差はみとめなかった。これは肘関節内側副靭帯損傷との関連性はないとする報告<sup>3,17)</sup>と一致した。

健常群と肘関節障害を有すると判定された群ともに、肩関節と股関節の有意な相関関係はみとめなかった。本研究では投球動作が回旋可動域を多用することを考慮し、Sauers et al.<sup>8)</sup>の報告を参考に回旋可動域のみの検討とした。Sauers et al.<sup>8)</sup>は、肩関節回旋と股関節回旋との関係はほとんどみとめなかったと報告している。Scher et al.<sup>7)</sup>は肩関節障害の既往の有無に関わらず、肩関節外旋と股関節内旋において有意な関係をみとめなかったと報告している。これらは本結果と一致し、男子選手と女子選手という性差はあるものの、投球動作の観点からの肩関節と股関節の関係は同一である可能性を考えた。一方、肩関節内旋と外旋を加えた肩関節回旋角度の減少と肘関節障害との関連<sup>18)</sup>が報告され、複合的に関節可動域を評価する必要性が示されてきている。投球動作は上肢・体幹・下肢の運動連鎖で行われる。関節可動域も単一ではなく、複数の組み合わせで評価する必要性を考えた。

本研究では、肘関節障害を有すると判定された群の身長・体重が有意に高値であった。

Harada et al.<sup>1)</sup> は若年野球選手で、肘障害の危険因子のひとつとして高身長を挙げており、今回の結果と一致する。ただし、成長期である若年者と青年期である女子プロ野球選手とは病態が異なる可能性がある。投球障害の原因は関節可動域や体格だけではなく、多くの因子が関係しているため、今後変数を増やし、さらに検討を進める必要がある。

#### 【結 語】

1. 女子プロ野球選手を対象に、ストレステストと関節可動域測定を実施した。
2. 単一の関節可動域と肘関節障害との関連はみとめなかった。
3. 肩関節と股関節の有意な相関関係はみとめなかった。
4. 肩関節だけでなく、体幹・下肢を含めた全身の複合評価が必要と考えた。

#### 【文 献】

- 1) Harada M, Takahara M, Mura N, et al: Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010; 19: 502-7.
- 2) Shanley E, Rauh MJ, Michener LA, et al: Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. *Am J Sports Med.* 2011; 39: 1997-2006.
- 3) Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, et al: Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2014; 42: 2075-81.
- 4) 林田賢治, 中川滋人: 高校野球選手の肩内外旋筋力と投球障害の関係. 肩関節. 2005 ; 29 : 651-4.
- 5) Yukutake T, Yamada M, Aoyama T: A survey examining the correlations between Japanese little league baseball coaches' knowledge of and compliance with pitch count recommendations and player elbow pain. *Sports Health.* 2013; 5: 239-43.
- 6) Tajika T, Kobayashi T, Yamamoto A, et al: Relationship between grip, pinch strengths and anthropometric variables, types of pitch throwing among Japanese high school baseball pitchers. *Asian J Sports Med.* 2015; 6: e25330.
- 7) Scher S, Anderson K, Weber N : Associations among hip and shoulder range of motion and shoulder injury in professional baseball players. *J Athl Train.* 2010; 45: 191-7.
- 8) Sauers EL, Huxel Bliven KC, Johnson MP, et al: Hip and glenohumeral rotational range of motion in healthy professional baseball pitchers and position players. *Am J Sports Med.* 2014; 42: 430-6.
- 9) 伊藤博一, 中里浩一, 渡會公治ほか: 女子野球選手の投動作における体幹回旋運動の特徴ー体幹回旋運動と上肢投球障害ー. 日臨スポーツ医学会誌. 2004 ; 12 : 469-77.
- 10) 米川正悟: 女子硬式野球選手の肩・肘投球障害の検討ーアンケート調査を用いてー. 整スポ会誌. 2012 ; 32 : 70-3.

- 11) 平本真知子, 森原 徹, 松井知之ほか: 女子プロ野球選手の関節可動域特性. 日臨スポーツ医学会誌. 2014 ; 22 : 545-51.
- 12) 原 正文: 【投球障害肩】投球障害肩患者に対する診察と病態把握のポイント. Orthopaedics. 2007 ; 20 : 29-38.
- 13) 原 正文: 【予防としてのスポーツ医学 スポーツ外傷・障害とその予防・再発予防】野球肩 発症メカニズムとその予防・再発予防. 臨スポーツ医. 2008 ; 25 : 173-8.
- 14) Wilson FD, Andrews JR, Blackburn TA, et al: Valgus extension overload in the pitching elbow. Am J Sports Med. 1983; 11: 83-8.
- 15) 山崎哲也: 野球肘障害の治療と予防 野球選手の肘後方インピンジメント障害に対する鏡視下手術. 日臨スポーツ医学会誌. 2012 ; 20 : 230-2.
- 16) 森原 徹, 木田圭重, 岩田圭生ほか: 京都府高等学校硬式野球選手に対する肩・肘障害予防の取り組み コンディショニング指導を含めたメディカルチェック. 日臨スポーツ医学会誌. 2014 ; 22 : 309-17.
- 17) 米本恭三, 石神重信, 近藤 徹: 関節可動域表示ならびに測定法 (平成7年4月改訂). リハ医. 1995 ; 32 : 207-17..
- 18) Garrison JC, Cole MA, Conway JE, et al: Shoulder range of motion deficits in baseball players with an ulnar collateral ligament tear. Am J Sports Med. 2012; 40: 2597-603.



図表

表 1 健常群と肘痛群の基本情報

	健常群n=31	肘痛群n=20	t値	p値
	Mean±SD	Mean±SD		
年齢 (yr)	21.9 ± 3.0	21.7 ± 2.7	0.21	0.84
経験年数 (yr)	13.3 ± 4.1	13.2 ± 3.5	0.08	0.94
身長 (cm)	161.2 ± 4.4	165.0 ± 5.2	-2.78	0.01 **
体重 (kg)	58.4 ± 5.3	62.3 ± 6.2	-2.39	0.02 *

\*, \*\* statistically significant (P<.05, .01, respectively).

表2 投球側と非投球側における相関関係

	r
1 肩関節2nd外旋	.31 *
2 肩関節2nd内旋	.56 **
3 肩関節3rd内旋	.49 **
4 体幹回旋	.64 **
5 頸部回旋	.45 **
6 股関節内旋	.76 **
7 股関節外旋	.54 **
8 股関節外転	.63 **
9 股関節屈曲	.83 **

Correlation(r) Values.

\*, \*\* statistically significant correlation (P<.05, .01, respectively).

表3 健常群と肘痛群の関節可動域比較における相関関係

	健常群n=31		肘痛群n=20		t値	p値
	Mean	±SD	Mean	±SD		
1 肩関節2nd外旋	133.9	± 8.0	134.6	± 8.0	-0.29	0.77
2 肩関節2nd内旋	28.9	± 9.2	31.2	± 9.4	-0.88	0.38
3 肩関節3rd内旋	13.0	± 7.5	13.5	± 7.9	-0.24	0.81
4 体幹回旋	58.0	± 8.3	57.4	± 8.5	0.24	0.81
5 頸部回旋	94.8	± 8.9	94.3	± 8.1	0.19	0.85
6 股関節内旋	47.2	± 12.3	47.6	± 10.9	-0.12	0.90
7 股関節外旋	58.0	± 10.7	57.8	± 6.2	0.08	0.93
8 股関節外転	48.1	± 8.3	48.8	± 6.0	-0.34	0.73
9 股関節屈曲	111.3	± 10.6	113.5	± 7.2	-0.83	0.41

表 4 健常群における関節可動域の相関関係

	r		
	1 肩関節2nd外旋	2 肩関節2nd内旋	3 肩関節3rd内旋
4 体幹回旋	-.10	-.12	-.31
5 頸部回旋	.21	.01	-.25
6 股関節内旋	-.10	-.06	.15
7 股関節外旋	-.05	.23	.00
8 股関節外転	-.05	-.10	-.02
9 股関節屈曲	.03	.10	.09

Correlation(r) Values.

表5 肘痛群における関節可動域の相関関係

	r		
	1 肩関節2nd外旋	2 肩関節2nd内旋	3 肩関節3rd内旋
4 体幹回旋	-.11	.08	.12
5 頸部回旋	.23	.11	.25
6 股関節内旋	.29	.09	-.18
7 股関節外旋	-.15	-.17	.09
8 股関節外転	-.18	-.07	-.14
9 股関節屈曲	-.13	-.15	.02

Correlation(r) Values.

## 第7章 関節可動域とパフォーマンス及びスポーツ障害との関係

基礎論文：女子プロ野球選手における身体機能とパフォーマンス及びスポーツ障害との関係

英語標題：The relationship among the physical function, the performance and the sports injuries in women's professional baseball players

### I 緒言

野球は日本において最も人気のあるスポーツの1つであり、これまで投球動作に必要な関節可動域特性や筋力について多数研究がおこなわれてきた。特に男子野球選手における身体特性として、非投球側と比較して投球側の肩関節外旋可動域が増加し、内旋可動域が減少すること<sup>1) 2) 3) 4)</sup>、股関節については非投球側の内外旋可動域が増加すること<sup>5)</sup>が報告されている。しかし、女子野球選手について可動域特性や投球動作によって生じる投球障害についての報告は少ない<sup>6) 7) 8)</sup>。日本では2009年に日本女子プロ野球機構が発足し、女子プロ野球が2010年に開幕した。われわれは、2013年度から全女子プロ野球選手の身体特性と投球障害状況の調査を開始した。

野球選手における投球障害として、肩関節では肩関節内インピンジメント症候群、肘関節では後方障害、内側障害、外側障害が挙げられる。その鋭敏なストレステストとして、肩関節では肩関節過外旋テスト (Hyper External Rotation Test, 以下「HERT」と略す)<sup>9) 10) 11)</sup>が、肘関節では肘関節過伸展テスト<sup>12) 13)</sup>、肘関節外反ストレステスト<sup>11) 14)</sup>が有用であると報告されている。

投球障害と各関節可動域の関連性について、下肢体幹の関節可動域制限によって不良な投球フォームとなり、投球障害を引き起こすことが知られている<sup>15)</sup>。

Shanley et al.<sup>16)</sup>は肩関節内旋制限 (glenohumeral internal rotation deficit, 以下「GIRD」と略す)が肩・肘関節障害において4倍の発症リスクであると、Myers et al.<sup>17)</sup>は肩関節内インピンジメント症候群の選手ではGIRDが大きいと報告している。一方、肩関節内旋、外旋および水平内転の減少と肩関節上方関節唇損傷 (superior labrum anterior and posterior lesion, SLAP 損傷)や肘関節内側側副靭帯損傷との関連性はないとする報告<sup>18) 19)</sup>もみられる。このように単関節可動域と投球障害との関連性については不明な点も多い。投球障害は、年齢、身長・体重、経験年数、疲労、ポジション、投球数、練習量、球種、関節可動域、筋力など複合的な要因が絡み合い発生する<sup>16) 19) 20)</sup>。近年、肩関節内旋と外旋を加えた肩関節回旋角度の減少と肘関節障害との関連性<sup>21)</sup>や、股関節伸展と肩関節外旋に相関のある選手では肩関節障害を有すると報告<sup>15)</sup>されている。このように各関節可動域を複合的に評価すれば、投球障害との関係を明らかにできる可能性がある。

多くの因子を複合的に評価する方法として因子分析や、クラスター分析法が挙げられる<sup>22) 23)</sup>。このような多変量解析法を用いることで投球障害と複合的な関節可動域や筋力との関連性を明らかにできると仮説を立てた。本研究では、全女子プロ野球選手を対象に、スト

レステストによる投球障害の有無を判定し、まず投球障害における各関節可動域や筋力の関連について検討し、次に仮説を検証するために多変量解析をおこなった。

## II 方法

### 1. 対象者

日本女子プロ野球機構に所属するプロ野球選手全 66 選手中、欠損データのない 54 名を対象とした。平均年齢は  $21.6 \pm 2.9$  歳であり、競技経験年数は  $13.1 \pm 3.8$  年であった。体格として、平均身長が  $162.4 \pm 4.9$  cm であり、平均体重が  $60.2 \pm 6.1$  kg であった。守備位置の内訳は、投手が 16 名、捕手が 6 名、内野手が 20 名、外野手が 12 名であった。なお、本研究は XX 大学医学倫理委員会の承認を得た後に、参加者に対し、測定の意義、重要性の説明をおこない、全員から同意を得て実施した。

### 2. 測定内容および測定方法

#### (1) 投球障害の判定

整形外科医師が肩関節内インピンジメント症候群<sup>9)10)11)</sup>のストレステストである HERT、肘関節内側障害<sup>11)14)</sup>に対する肘外反ストレステスト、肘関節後方障害<sup>12)13)</sup>に対する肘過伸展テストをおこなった<sup>24)</sup>。選手に対し、各テストを実施し、疼痛を訴えた場合を陽性とし、いずれかのテストが陽性であった場合に、障害選手と判定した。

#### (2) 関節可動域

関節可動域の測定箇所は、肩関節外旋および内旋角度（肩関節 90 度外転位・肘関節 90 度屈曲位）、肩関節 3rd 内旋（肩および肘関節 90 度屈曲位）、股関節屈曲および外転、股関節外旋および内旋角度（股および膝関節 90 度屈曲位）、頸部および体幹回旋角度、下肢伸展拳上（straight leg raising, 以下「SLR」と略す）角度、踵殿間距離（heel buttock distance, 以下「HBD」と略す）とした。

測定は日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会の測定方法<sup>25)</sup>、Kibler et al.の方法<sup>26)</sup>に準じて 4 名の理学療法士によって実施した（図 1）。4 名のうち 1 名が対象者の身体を固定し、1 名が対象者の身体を動かし、1 名が角度および距離を測定し、1 名が記録した。なお、角度は東大型角度計を用いて 1 度単位、距離はメジャーを用いて 1mm 単位で測定した。

具体的な計測手順については、米本ほか<sup>25)</sup>に記載されている基本軸と移動軸の観点を用いて以下で説明する。肩関節外旋および内旋角度の計測は背臥位で、肩甲骨を固定し、肩関節 90 度外転位、肘関節 90 度屈曲位の姿勢にて実施した。肘を通る前額面への垂直線を基本軸とし、尺骨を移動軸として、両軸の成す角度を外旋角度（図 1-1）および内旋角度（図 1-2）とした。

股関節屈曲は背臥位で骨盤を固定し、膝関節屈曲位の姿勢にて実施した。体幹と平行な線

を基本軸とし、大腿骨（大転子と大腿骨外顆の中心を結ぶ線）を移動軸として両軸の成す角度（図 1-3）を測定した。股関節外転は背臥位で骨盤を固定した姿勢にて実施した。両側の上前腸骨棘を結ぶ線への垂直線を基本軸とし、大腿中央線（上前腸骨棘より膝蓋骨中心を結ぶ線）を移動軸として、両軸の成す角度を測定した（図 1-4）。股関節外旋および内旋角度は背臥位で、骨盤を固定し、股関節および膝関節を 90 度屈曲位とした姿勢にて実施した。膝蓋骨より下した垂直線を基本軸とし、下腿中央線（膝蓋骨中心より足関節内外果中央を結ぶ線）を移動軸として、両軸の成す角度を外旋角度（図 1-5）および内旋角度（図 1-6）とした。

頸部回旋角度は正坐で、体幹を固定した姿勢で実施した。両側の肩峰を結ぶ線への垂直線を基本軸とし、鼻梁と後頭結節を結ぶ線を移動軸として、両軸の成す角度を測定した（図 1-7）。体幹回旋角度は正坐で、骨盤を固定した姿勢で実施した。両側の上後腸骨棘を結ぶ線を基本軸とし、両側の肩峰を結ぶ線を移動軸として、両軸の成す角度を測定した（図 1-8）。

SLR 角度は背臥位で計測する下肢の反対側下肢および骨盤を固定し、計測する下肢を内外旋中間位とした姿勢で実施した。体幹と平行な線を基本軸とし、大腿骨（大転子と大腿骨外顆の中心を結ぶ線）を移動軸として両軸の成す角度（図 1-9）を測定した。HBD は腹臥位で股関節内外旋および内外転の中間位とし、骨盤を固定した姿勢で実施した。殿部と踵部の距離を測定した（図 1-10）。

上肢の関節可動域は右投手の場合、右上肢を投球側、左上肢を非投球側と定義した。頸部および体幹回旋は右投手の場合、左回旋を投球方向、右回旋を反投球方向と定義した。下肢の関節可動域は右投手の場合、右下肢をピボット脚、左下肢をストライド脚と定義した。

### (3) 下肢筋力

下肢筋力の評価指標として、膝伸展および屈曲動作における等尺性随意最大トルクを等速性エルゴメーター（Biodex System-3 dynamometer, Biodex 社）を用いて測定した。測定座位は端坐位とし、測定方法は BIODEX マニュアルに準じておこなった。等尺性随意最大トルクの測定時の膝関節角度は 60 度（最大膝伸展時を 0 度として）とした。対象者は測定前にウォーミングアップとして、主観的 maximum 努力の 50%、70% で力発揮をおこなった。測定の順番は等尺性膝伸展・屈曲とした。等尺性随意最大トルクの測定は短い休息を挟んで 2 回連続でおこない、高値を分析値として採用した。

### (4) 投球速度

競技パフォーマンスの指標として、投球速度をスピードガン（Sports Radar stalker sport2, Stalker Radar 社）を用いて測定した。室内の施設において十分なウォーミングアップの後、5m 前方に設置したネットに向かって全力投球をおこなわせた。測定は 5 回実施し、最大値を分析値として採用した。



### 3. 統計

障害の有無による被験者特性と下肢筋力および投球速度の違いについて t 検定を用いて分析した。また、関節可動域について、左右を被験者内因子、障害の有無を被験者間因子とする 2 要因分散分析をおこなった。障害の有無とポジションの関係をカイ二乗検定で検討した。関節可動域、下肢筋力および投球速度の各項目と年齢などの被験者特性の関係をピアソンの相関係数を用いて検討した。次に、関節可動域および下肢筋力の値を用いて最尤法による因子分析をおこなった。得られた因子負荷量と各変数から因子得点係数を推定し、その値を用い因子得点を計算した。この因子得点を用いて、Ward 法によるクラスター分析をおこない、選手を統計学的に分類した。各類型と被験者特性、関節可動域、下肢筋力およびパフォーマンスの関係について分散分析を、障害との関係については、カイ二乗検定を用いて検討した。なお、有意水準は 5%とし、統計ソフトは IBM SPSS 21 (IBM, Corp., Armonk, New York) を使用した。

## III 結果

### 1. 障害の判定

障害判定で陽性と判断されたのは、HERT19 名、外反ストレステスト 10 名、過伸展テスト 13 名であった。なお、これら 3 つのテストのいずれかで陽性となった選手は 27 名であった。陽性と判断された選手のポジションを検討すると、投手は 7 名 (全投手中 44%)、捕手は 5 名 (全捕手中 83%)、内野手は 9 名 (全内野手中 45%)、外野手は 6 名 (全外野手中 50%) であった。障害の有無とポジションの関係をカイ二乗検定で検討した結果、有意な違いは確認できなかった ( $\chi^2=3.12$ , n.s.)。

表 1 に被験者特性、下肢筋力および投球速度を障害の有無別に示した。障害の有無で平均値の比較をおこなった結果、障害のある選手は年齢および経験年数において有意に低い値であった。また、身長、体重、下肢筋力、投球速度に違いはみとめなかった。表 2 に可動域の結果を示した。左右を被験者内因子、障害の有無を被験者間因子とする 2 要因分散分析をおこなった結果、全ての変数で有意な交互作用をみとめず、全ての変数で障害の有無に有意な主効果をみとめなかった。また、肩関節の外旋、内旋および 3rd 内旋、頸部および体幹の回旋、股関節屈曲において左右に有意な主効果をみとめ、肩関節の外旋は投球側で有意に高値を示し、肩関節の内旋および 3rd 内旋は非投球側で有意に高値を示した。回旋については、頸部および体幹ともに投球方向への回旋が有意に高値を示し、股関節屈曲では、ピボット脚で有意に高値を示した。

次に、関節可動域、下肢筋力および投球速度の各項目と年齢などの被験者特性の関係を検討した (表 3)。その結果、関節可動域、下肢筋力および投球速度と年齢および経験年数の間に有意な相関関係をみとめなかった。身長についてはピボット脚の股関節屈曲角度と有意な負の相関がみとめられ、ピボット脚の HBD、膝伸展および屈曲の等尺性筋力と有意な正の相関を示した。体重では、ピボット脚の股関節屈曲角度と有意な負の相関がみとめられ、

両足の HBD および膝伸展および屈曲の等尺性筋力と有意な正の相関を示した。また、ポジションの違いが関節可動域、下肢筋力および投球速度に与える影響を 1 要因分散分析で検討した結果、すべての変数において有意な主効果はみとめなかった。

## 2. 因子分析

関節可動域と下肢筋力の変数を用いて最尤法により因子分析をおこなった結果、固有値の値、スクリープロットの傾き、因子の解釈可能性の観点から6因子とすることが妥当であると判断した。第1因子の固有値は5.14であり、第2因子の固有値は2.79、第3因子の固有値は2.05、第4因子の固有値は1.82、第5因子の固有値は1.60、第6因子の固有値は1.33であり、累積寄与率は70.2%であった。

抽出された6因子にプロマックス法による斜交回転をおこなった結果を示す(表4)。第1因子は、特に股関節外転と体幹回旋、股関節外旋が高値を示した。股関節外転と外旋は矢状軸で、前額面上での運動であり、体幹回旋は垂直軸で、水平面での運動をおこなう2軸系である。第2因子は、SLRと肩関節外旋が高値を示した。SLRと肩関節外旋は前額軸で、矢状面上での運動をおこなう1軸系である。第3因子はHBDが高値を示した。これは筋柔軟性系である。第4因子は股関節内旋と肩関節内旋が高値を示した。股関節内旋は矢状軸で、前額面上での運動であり、肩関節内旋は前額軸で、矢状面上での運動をおこなう2軸系である。第5因子は膝屈曲・伸展等尺性筋力が高値を示した。第5因子は膝筋力系である。第6因子は頸部回旋と股関節屈曲、肩関節3rd内旋で高値を示した。頸部回旋は垂直軸で、水平面上での運動、股関節屈曲は前額軸で、矢状面上での運動、肩関節3rd内旋は矢状軸で、前額面での運動をおこなう3軸系である。障害の有無で因子得点の平均値の比較をおこなった結果、有意な項目はみとめなかった(表5)。

## 3. クラスタ分析

6つの因子得点を用いてWard法によるクラスタ分析を実施した結果、デンドログラムの形状より3つの群(A群~C群)に分類することが妥当と判断した。クラスタ分析によって分けられた3つの群の特徴を把握するために、関節可動域、下肢筋力および投球速度に関して1要因分散分析で検討した(表6)。その結果、投球側肩関節内旋、投球方向の体幹回旋、ピボット脚の股関節外旋、両脚の股関節内旋・外転・屈曲、SLR、HBD、膝屈曲等尺性筋力で有意な主効果のみとめた。多重比較の結果、投球方向の体幹回旋、ピボット脚の股関節外旋、両脚の股関節外転・屈曲、SLR、HBDでC群がA群より有意に高値を示した。また、肩関節内旋では、B群がA群より有意に高値であった。股関節内旋では、C群がB群より有意に高値であった。膝屈曲等尺性筋力ではA群がC群より有意に高値であった。したがって、A群は3群の中でも関節可動域が小さく、下肢筋力が大きいことから「固くて強い群」とした。また、B群は関節可動域、下肢筋力ともに平均的であることから「中間群」とし、C群は関節可動域が大きく、下肢筋力が小さいことから「柔らかくて弱い群」とした。

とした。

次に、年齢、経験年数など被験者特性との関係を検討した。1要因分散分析で検討した結果、年齢、経験年数、身長および体重に有意な主効果はみとめなかった。また、ポジションについて、カイ二乗検定をおこなった結果、有意な関係は確認できなかった。さらに、投球速度に関して、3群間の違いを1要因分散分析で検討した結果、有意な主効果はみとめなかった。障害と判定された選手の割合に関しては、A群は12.5%（8人中1人）、B群は51.7%（29人中15人）、C群は70.6%（17人中12人）であった。カイ二乗検定をおこなった結果、群と障害の間に有意な関係がみとめられ（ $\chi^2=7.42$ ,  $p<.05$ ）、残差を検討した結果、C群はA群より有意に高値であった。

#### IV 考察

本研究では、女子プロ野球選手における投球障害と身体機能について調査した結果、単一の関節可動域や筋力と障害の有無には有意な関係は見られなかった。しかし、多変量解析を用いて女子プロ野球選手を「固くて強い群」・「中間群」・「柔らかくて弱い群」の3群に分類した結果、障害を認めた選手は体幹と股関節が「柔らかく」、膝屈曲筋力の「弱い」群に多かった。このように本研究では、関節可動域や筋力を複合的に評価すると投球障害が生じる原因が明らかになる可能性が示され、これらが他の先行研究には見られない新しい知見と思われる。

##### 1. 投球に関連する障害

投球障害として、肩関節では肩関節内インピンジメント症候群、肘関節では内側・後方障害が代表的である。森原ほか<sup>24)</sup>は、高校生野球選手 805 選手を対象としたテストの結果、肩関節の HERT 陽性率は 12.4%、肘関節過伸展テスト陽性率は 8.8%、肘関節外反ストレステスト陽性率は 16.1%であったと報告している。本研究では、肘関節外反ストレステストの陽性率は 3%程度の差であったが、HERT および肘関節過伸展テストの場合、女子プロ野球選手は男子の高校野球選手と比較して 3 倍程度の高い陽性率であった。

本研究では、障害群の年齢および経験年数は有意に低い値であった。Harada et al.<sup>20)</sup>は若年野球選手で、肘障害の危険因子のひとつとして年齢が高いことを挙げており、今回の結果とは一致しない。女子野球の競技背景として、小さい頃から野球を続けた選手だけでなく、ソフトボールなど他種目の経験が長い選手を含め、さまざまな経歴を経た選手が女子プロ野球へ入団する。また、対象者は全てプロ野球選手であったため、障害を有することなく、競技を継続できた選手のみがプロ選手になった可能性もあり、集団のスクリーニング効果の影響についても留意する必要がある。

本研究では、身長および体重に障害の有無による違いはみとめられず、ポジション特性も確認されなかった。Harada et al.<sup>20)</sup>は成長期の野球選手では、高身長や投手であることが肘関節障害の危険因子になると報告しており、今回の結果とは一致しない。本研究の対象者の

平均年齢は22歳であるため、身長や体重の増加が著しい成長期の選手とは異なり、体格の影響がみとめられなかったと考える。また、女子プロ野球の特性として、1チームあたりの選手数が少ないため、選手はポジションを複数兼任していることが多く、障害発生とポジションとの関係が検出できなかったと考えた。

## 2. 投球障害と関節可動域

本研究では、投球障害と関節可動域の関係について、肩関節、体幹・頸部の回旋および股関節を中心とした下肢の観点から検討した。肩関節に関しては、左右差が生じるというこれまでの報告<sup>1) 2) 3) 4)</sup>と同様であり、投球動作をおこなう選手の特徴を示している。

投球動作は全身動作であり、単一の関節可動域が単独で破綻しても代償機能の働きによって障害に結びつかない可能性がある。先行研究では、横断的な調査によって投球障害と関節可動域との関連性を検討し、1つの関節の可動域と投球障害の関連を検討するものが多いため、関節可動域を複合的に評価する必要があると考えた。野球の投球障害と関節可動域との関係について、今まで単関節あるいは2つの関節可動域を指標として検討されてきた<sup>17) 16) 21) 18) 19)</sup>。しかし、投球動作は全身運動であるため、単関節の可動域評価だけでなく、多関節における評価が重要である。複数の関節を同時に評価した研究としては、肩関節と股関節の相関関係を因子とし、障害との関連を検討した結果、肩障害の既往を有する選手では投球側の肩関節と股関節の関節可動域に相関を有するとした報告<sup>15)</sup>がみられる。

## 3. 多変量解析による投球障害と関節可動域

近年、動作の評価において複数の関節の関係や環境との相互作用に着目した研究が多くみられるようになってきた。たとえば、藤本ほか<sup>22)</sup>は因子分析を用いて側方への動的座位バランスの関節運動について検討し、動作をパターン化することによって、臨床でおこなわれる動作分析の客観的理解につながると述べており、複数の関節の特性を同時に評価することの重要性がうかがえる。また、クラスター分析を用いた研究としては、姿勢分類についての報告がある<sup>23) 27) 28)</sup>。丸田<sup>27)</sup>は各年代における立ち上がり時の体幹前傾角度を測定し類型化をおこなっているが、新田ほか<sup>28)</sup>は上下肢の可動域を測定し類型化をおこなった。松村ほか<sup>23)</sup>は骨盤・下肢アライメントについてクラスター分析をおこない、股関節・膝関節および足関節の可動域と関連があることを示し、臨床的意義として、姿勢評価の基礎となると述べている。

そこで、本研究では全身の関節可動域および、膝関節屈曲、伸展筋力を加えて因子分析をおこなった結果、6因子が抽出された。関節可動域は上肢、体幹および下肢がおおむね混在し、4因子を形成したが、大腿四頭筋の柔軟性を評価しているHBDは独立した因子となった。この結果は、HBDは身長や体重など体格との関係がみとめられたことによる影響が考えられる。また、下肢の可動域は左右が同一の因子として抽出された。野球では、投球や打撃など回旋を伴う一方向の左右非対称動作が多くみられるが、下肢に関しては走行など左

右が対称的な動作も多いためと考えた。また、障害の有無で因子得点の平均値の比較では有意差をみとめず、各因子単独では障害と関係のみとめなかった。野球選手における身体機能の検討について、因子分析を用いた研究は、本研究が初の試みであり、今回の結果に対する評価については、多様な背景を有する対象者による研究の蓄積が必要であり、各因子と障害の関係を明らかにすることはできなかった。しかし、過度に一般化することは危険であるが、今回、抽出された因子については、投球動作との関連から説明つけることも可能と考える。投球動作はワインドアップ期、ストライド期、コッキング期、加速期、減速期、そしてフォロースルー期の6つの局面に分けられる<sup>29) 30)</sup>。ワインドアップ期は、投球開始からストライド脚の膝が最大挙上するまでの動きである。この間、体幹を回旋させるのに加え、打者を見るために頸部が回旋しており、股関節屈曲、頸部回旋および肩関節3rd内旋から構成される第6因子と関連が強い。ワインドアップ期のあと、体幹が回旋し、ピボット脚は股関節内旋となる。ストライド期のフットコンタクトは、股関節外転、体幹回旋および股関節外旋から構成される第1因子と関連が強い。その後、コッキング期で、投球側上肢は肩関節最大外旋位となるため、肩関節外旋とSLRから構成される第2因子と関連が強い。加速期で、ピボット脚を蹴り出すことは捕手方向へ身体を適切に向かわせるために股関節外旋と伸展を必要とする。その後肩関節内旋となるボールリリース、減速期へ続く。ボールリリース後、投手は投球側上肢と身体の動きを減速させ始め、ストライド脚の股関節内旋と屈曲を引き起こす。股関節内旋と肩関節内旋から構成される第4因子はフォロースルー期と関連が深い(図2)。

クラスター分析で得られた3群は年齢、経験年数、身長、体重、ポジションにおいて有意差をみとめなかったため、3つのグループは身長や体重などの体格や競技経験年数など基本情報などで調整されたグループといえる。3群間での比較では、筋力が弱く可動域が大きいC群で障害をみとめた選手が有意に多かった。したがって、体幹・下肢における関節可動域が大きく、下肢筋力が弱い選手は注意が必要である。従来男性を対象とした報告では、関節可動域の少なさが障害と関連するとの報告が多く<sup>16) 21)</sup>、今回の結果とは一致しない。Shanley et al.<sup>16)</sup>は男子高校野球選手と女子ソフトボール選手における肩肘関節障害の危険因子を検討した結果、障害を有した男子高校野球選手は肩関節外旋に内旋可動域を加えた全回旋可動域や肩関節水平内転が有意に小さいが、女子ソフトボール選手は障害の有無で有意差がみとめられなかったことから競技特性によるものと考察しているが、性差も障害に影響を与える一因であると考え。一般的に女性の関節可動域は男性より大きい<sup>31)</sup>。3群に分類した中で、A群は「固くて強い群」としたが、今回の対象者での相対的な評価であり、女子選手全体のなかで関節可動域が小さいかどうかは不明である。女性では関節弛緩性について問題となりやすいため、女子野球選手を対象としたコンディショニングをおこなう際には、過剰な関節可動域が障害の危険因子となるうることを念頭に置く必要があると考える。

本研究では多変量解析を行うことで、単一の変数では困難であった身体機能と障害との

関連を明らかにすることができ、本手法は有用であると考えた。

## V まとめ

女子プロ野球選手を対象に投球障害状況の調査、関節可動域と下肢筋力の測定をおこなった。単一の関節可動域・下肢筋力と障害の有無では有意な関連をみとめなかった。一方、多変量解析をおこなうことで、女子プロ野球選手を「固くて強い群」・「中間群」・「柔らかくて弱い群」の3群に分類できた。「柔らかくて弱い群」では障害をみとめた選手が多く、体幹と股関節における柔軟性は高いが、膝屈曲筋力は弱い特徴を有していた。このように多変量解析を用いると女子プロ野球選手における身体特性と障害との関連が明らかになる可能性が示された。

## 文献

- 1) Brown, L.P., Niehues, S.L., Harrah, A., Yavorsky, P., and Hirshman, H.P. (1988) Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(6): 2487-2493.
- 2) Bigliani, L.U., Codd, T.P., Connor, P.M., Levine, W.N., Littlefield, M.A., and Hershon, S.J. (1997) Shoulder Motion and Laxity in the Professional Baseball Player. *The American Journal of Sports Medicine*, 25 (5): 609-613.
- 3) Ellenbecker, T.S., Roetert, E.P., Bailie, D.S., Davies, G.J., and Brown, S.W. (2002) Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12):2052-2056.
- 4) Meister, K., Day, T., Horodyski, M., Kaminski, T.W., Wasik, M.P., and Tillman, S. (2005) Rotational Motion Changes in the Glenohumeral Joint of the Adolescent/Little League Baseball Player. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(5): 693-698.
- 5) Robb, A.J., Fleisig, G., Wilk, K., Macrina, L., Bolt, B., Pajaczkowski, J. (2010) Passive Ranges of Motion of the Hips and Their Relationship With Pitching Biomechanics and Ball Velocity in Professional Baseball Pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(12):2487-2493.
- 6) 伊藤博一・中里浩一・渡會公治・中嶋寛之 (2004) 女子野球選手の投動作における体幹回旋運動の特徴－体幹回旋運動と上肢投球障害－. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 12(3) : 469-477.
- 7) 米川正悟 (2012) 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－. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*, 32 (1) : 70-73.
- 8) 平本真知子・森原徹・松井知之・東 善一・瀬尾和弥・江藤寿明・吉田司・祐成毅・山田陽介・来田宣幸・堀井基行・久保俊一 (2014) 女子プロ野球選手の関節可動域特性. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 22 (3) : 545-551.
- 9) Walch, G., Boileau, P., Noel, E., and Donell, S.T. (1992) Impingement of the deep surface of the

- supraspinatus tendon on the posterosuperior glenoid rim: An arthroscopic study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 1(5): 238-245.
- 10) Carson, W.G. Jr and Gasser, S.I. (1998) Little leaguer's shoulder: a report of 23 cases. *The American Journal of Sports Medicine*, 26: 575-580.
  - 11) 原正文 (2007) 【投球障害肩】 投球障害肩患者に対する診察と病態把握のポイント. *Orthopaedics*, 20(7): 29-38.
  - 12) Wilson, F.D., Andrews, J.R., Blackburn, T.A., and McCluskey, G. (1983) Valgus extension overload in the pitching elbow. *The American Journal of Sports Medicine*, 11: 83-88.
  - 13) 山崎哲也 (2012) 野球肘障害の治療と予防 野球選手の肘後方インピンジメント障害に対する鏡視下手術. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 20 (2) : 230-232.
  - 14) 原正文 (2008) 【予防としてのスポーツ医学 スポーツ外傷・障害とその予防・再発予防】 野球肩 発症メカニズムとその予防・再発予防. *臨床スポーツ医学*, 25 : 173-178.
  - 15) Scher, S., Anderson, K., Weber, N., Bajorek, J., Rand, K., and Bey, M.J. (2010) Associations among hip and shoulder range of motion and shoulder injury in professional baseball players. *Journal of Athletic Training*, 45(2): 191-197.
  - 16) Shanley, E., Rauh, M.J., Michener, L.A., Ellenbecker, T.S., Garrison, J.C., and Thigpen, C.A. (2011) Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(9): 1997-2006.
  - 17) Myers, J.B., Laudner, K.G., Pasquale, M.R., Bradley, J.P., and Lephart, S.M. (2006) Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3): 385-91.
  - 18) Sweitzer, B.A., Thigpen, C.A., Shanley, E., Stranges, G., Wienke, J.R., Storey, T., Noonan, T.J., Hawkins, R.J., and Wyland, D.J. (2012) A comparison of glenoid morphology and glenohumeral range of motion between professional baseball pitchers with and without a history of SLAP repair. *Arthroscopy*, 28(9): 1206-1213.
  - 19) Wilk, K.E., Macrina, L.C., Fleisig, G.S., Aune, K.T., Porterfield, R.A., Harker, P., Evans, T.J., and Andrews, J.R. (2014) Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(9): 2075-2081.
  - 20) Harada, M., Takahara, M., Mura, N., Sasaki, J., Ito, T., and Ogino T. (2010) Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 19(4): 502-507.
  - 21) Garrison, J.C., Cole, M.A., Conway, J.E., Macko, M.J., Thigpen, C., and Shanley, E. (2012) Shoulder range of motion deficits in baseball players with an ulnar collateral ligament tear. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(11): 2597-603.
  - 22) 藤本修平・山口智史・藤本静香・大高洋平 (2013) 探索的因子分析による動作分析の試み 動的座位バランスによる検討. *理学療法科学*, 28 (3) : 371-375.

- 23) 松村将司・宇佐英幸・小川大輔・市川和奈・畠 昌史・見供翔・竹井仁 (2013) 若年健康者の骨盤と下肢の姿勢分類 アライメント・関節可動域・筋力との関連.日本保健科学学会誌, 16 (1) : 29-37.
- 24) 森原徹・木田圭重・岩田圭生・古川龍平・祐成毅・松井知之・東 善一・瀬尾和弥・平本真知子・伊藤盛春・相馬寛人・北條達也・山田陽介・堀井基行・久保俊一 (2014) 京都府高等学校硬式野球選手に対する肩・肘障害予防の取り組み コンディショニング指導を含めたメディカルチェック.日本臨床スポーツ医学会誌, 22 (2) : 309-317.
- 25) 米本恭三・石神重信・近藤徹 (1995) 関節可動域表示ならびに測定法 (平成7年4月改訂) .リハビリテーション医学, 32 (4) : 207-217.
- 26) Kibler, W.B., Chandler, T.J., Uhl, T., and Maddux, R.E. (1989) A musculoskeletal approach to the preparticipation physical examination Preventing injury and improving performance. The American Journal of Sports Medicine, 17(4): 525-531.
- 27) 丸田和夫 (2004) 立ち上がり動作時における体幹前傾姿勢の類型化.理学療法科学, 19 (4) : 291-298.
- 28) 新田収・野村歡・齋藤宏・新田収 (1997) 重症心身障害者における関節可動域制限及び脊柱側彎のクラスター分析.リハビリテーション医学, 34 (5) : 342-345.
- 29) Fleisig, G.S., Andrews, J.R., Dillman, C.J., and Escamilla, R.F. (1995) Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. The American Journal of Sports Medicine, 23(2): 233-239.
- 30) Fortenbaugh,D., Fleisig,G.S., and Andrews,J.R.(2009) Baseball pitching biomechanics in relation to injury risk and performance. Sports Health, 4: 314-20.
- 31) 岡部とし子・渡辺英夫・天野敏夫 (1980) 各年代における健康人の関節可動域についてー性別による変化ー. 総合リハビリテーション, 8(1) : 41-56.



図表

表 1 障害の有無による被験者特性, 下肢筋力およびパフォーマンスの比較

	障害なし <i>n</i> =27 <i>M</i> ± <i>SD</i>	障害あり <i>n</i> =27 <i>M</i> ± <i>SD</i>	<i>t</i> 値
<b>被験者特性</b>			
年齢(歳)	22.6±2.7	21.1±2.7	2.05 *
経験年数(年)	14.6±3.5	12.6±3.5	2.09 *
身長(cm)	161.7±5.0	164.4±5.0	-1.98
体重(kg)	59.1±5.7	61.5±6.9	-1.39
<b>下肢筋力</b>			
膝伸展等尺性筋力(Nm)	187.5±36.9	199.7±46.1	-1.08
膝屈曲等尺性筋力(Nm)	88.6±19.7	88.7±15.8	-0.03
<b>パフォーマンス</b>			
投球速度(km/h)	99.8±6.5	92.2±20.3	1.82

\*,*p*<.05

表 2 障害の有無での関節可動域比較

	障害なし (n=27)		障害あり (n=27)		主効果		交互作用
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	F値	F値	F値
<b>肩関節</b>							障害×
	投球側	非投球側	投球側	非投球側	障害	左右	左右
外旋	135.2±8.7	122.5±7.0	130.8±8.4	121.3±7.2	2.62	76.33 **	1.64
内旋	28.3±9.2	43.7±11.6	32.6±9.0	47.5±10.5	2.81	126.84 **	0.03
3rd内旋	13.0±7.8	21.5±11.6	14.3±7.1	18.4±8.1	0.20	24.63 **	2.80
<b>回旋</b>							障害×
	投球方向	反投球方向	投球方向	反投球方向	障害	左右	左右
頸部	94.3±8.7	90.8±7.1	94.3±7.1	93.0±6.3	0.46	4.37 *	0.96
体幹	55.9±8.2	52.5±8.0	59.2±9.0	54.5±7.9	1.76	16.07 **	0.42
<b>股関節・下肢</b>							障害×
	ピボット脚	ストライド脚	ピボット脚	ストライド脚	障害	左右	左右
外旋	57.0±10.2	55.0±8.9	56.6±9.9	53.6±9.5	0.16	3.84	0.16
内旋	49.4±9.3	51.0±9.5	49.4±12.0	49.0±10.8	0.15	0.25	0.66
外転	47.9±8.3	48.3±5.5	50.4±6.2	49.0±5.8	1.04	0.39	1.32
屈曲	114.0±9.3	112.5±8.9	115.0±9.0	113.1±8.9	0.12	4.26 *	0.06
SLR	71.6±11.2	71.3±12.5	71.3±10.7	71.6±8.8	0.00	0.00	0.13
HBD	4.67±3.27	5.19±3.91	3.79±2.81	4.11±3.04	1.29	2.95	0.15

\*.p<.05; \*\*.p<.01

表3 身体機能および投球速度と年齢, 経験年数との関係

	年齢 <i>r</i> 値	経験年数 <i>r</i> 値	身長 <i>r</i> 値	体重 <i>r</i> 値
<b>関節可動域</b>				
肩関節 外旋	.02	.15	-.14	-.08
内旋	-.07	-.10	.14	.03
3rd内旋	.01	-.10	.03	.04
頸部回旋 投球方向	-.19	-.06	.03	.00
反投球方向	-.21	-.01	.00	.03
体幹回旋 投球方向	-.22	-.06	-.07	-.11
反投球方向	-.04	-.22	-.12	-.07
股関節外旋 ピボット脚	-.05	.19	-.10	-.12
ストライド脚	-.02	.22	-.03	-.04
股関節内旋 ピボット脚	.03	-.02	-.16	-.03
ストライド脚	-.15	-.07	-.16	-.10
股関節外転 ピボット脚	-.17	-.05	-.13	-.12
ストライド脚	-.19	-.02	-.08	-.08
股関節屈曲 ピボット脚	.11	-.03	-.27 *	-.44 **
ストライド脚	.12	.14	-.20	-.26
SLR ピボット脚	.25	.26	-.23	-.24
ストライド脚	.27	.30	-.06	-.03
HBD ピボット脚	.05	.18	.28 *	.39 **
ストライド脚	.06	.15	.26	.50 **
<b>下肢筋力</b>				
膝伸展等尺性筋力	.10	.16	.41 **	.60 **
膝屈曲等尺性筋力	.05	.03	.40 **	.53 **
<b>パフォーマンス</b>				
投球速度	-.03	.23	-.10	.02

\*,*p*<.05; \*\*,*p*<.01

表4 女子プロ野球選手の関節可動域および下肢筋力を用いた因子分析の結果

項目	F1	F2	F3	F4	F5	F6
<b>第1因子 2軸(矢状・垂直軸)系(<math>\alpha = .81</math>)</b>						
・ 股関節外転 ストライト脚	.760	-.090	-.030	.300	.060	-.150
・ 股関節外転 ピボット脚	.710	.110	.030	.200	.110	.020
・ 体幹回旋 反投球方向	.700	-.040	.020	-.090	.110	.260
・ 体幹回旋 投球方向	.680	-.110	.300	-.030	.080	.400
・ 股関節外旋 ストライト脚	.630	.160	-.270	-.110	-.200	.270
・ 股関節外旋 ピボット脚	.510	.110	-.110	-.380	-.080	.060
<b>第2因子 1軸(前額軸)系(<math>\alpha = .62</math>)</b>						
・ SLR ストライト脚	-.050	1.010	-.090	-.030	.100	.030
・ SLR ピボット脚	-.080	.920	.160	.020	.060	.140
・ 肩関節外旋	-.380	.380	-.070	.230	.030	.200
<b>第3因子 筋柔軟性系(<math>\alpha = .93</math>)</b>						
・ HBD ピボット脚	.050	-.040	-.980	-.100	.000	-.200
・ HBD ストライト脚	-.010	-.020	-.970	.060	.040	-.120
<b>第4因子 2軸(矢状・前額軸)系(<math>\alpha = .57</math>)</b>						
・ 股関節内旋 ピボット脚	.050	.060	.000	.920	-.080	.120
・ 股関節内旋 ストライト脚	.040	-.060	.050	.680	-.100	-.030
・ 肩関節内旋	.110	.120	.080	-.230	-.120	.100
<b>第5因子 膝筋力系(<math>\alpha = .77</math>)</b>						
・ 膝屈曲等尺性筋力	.010	-.010	.100	-.150	1.050	-.150
・ 膝伸展等尺性筋力	.090	.210	-.180	.020	.630	.100
<b>第6因子 3軸(垂直・前額・矢状軸)系(<math>\alpha = .49</math>)</b>						
・ 頸部回旋 投球方向	.130	.100	.150	-.050	-.020	.530
・ 頸部回旋 反投球方向	.170	.410	.090	-.040	-.010	-.470
・ 股関節屈曲 ストライト脚	.120	.280	.320	-.080	-.200	-.390
・ 股関節屈曲 ピボット脚	.140	-.020	.080	.100	-.050	.340
・ 肩関節3rd内旋	-.180	.030	.170	-.160	-.220	.230
<b>因子間相関</b>						
	F1	.482	.531	-.033	-.075	-.223
	F2		.405	.076	-.232	-.412
	F3			.184	-.300	-.396
	F4				.025	-.280
	F5					.288

表5 障害の有無での因子得点比較

	障害なし	障害あり	<i>t</i> 値
	<i>n</i> =27	<i>n</i> =27	
	<i>M</i> ± <i>SD</i>	<i>M</i> ± <i>SD</i>	
第1因子 2軸(矢状・垂直軸)系	-0.14±0.95	0.14±0.93	-1.09
第2因子 1軸(前額軸)系	-0.02±1.07	0.02±0.87	-0.11
第3因子 筋柔軟性系	-0.14±1.07	0.14±0.86	-1.09
第4因子 2軸(矢状・前額軸)系	0.03±0.81	-0.03±1.05	0.22
第5因子 膝筋力系	0.01±1.07	-0.01±0.93	0.08
第6因子 3軸(垂直・前額・矢状軸)系	-0.03±0.92	0.03±0.89	-0.23

表 6 類型ごとの被験者特性と身体特性, パフォーマンス

	第1クラスター(A)	第2クラスター(B)	第3クラスター(C)	F値	多重比較
	固くて強い群 n = 8 M±SD	中間群 n = 29 M±SD	柔らかくて弱い群 n = 17 M±SD		
<b>被験者特性</b>					
年齢	21.8±2.8	22.2±2.8	21.4±2.9	0.50	
経験年数	13.4±2.6	13.9±3.8	13.1±3.9	0.23	
身長	163.8±5.3	163.5±5.1	161.9±5.3	0.58	
体重	63.4±5.0	60.6±6.5	58.3±6.3	1.89	
<b>関節可動域</b>					
肩関節 外旋	139.4±8.0	131.3±9.1	132.9±7.5	2.83	
肩関節 内旋	22.3±9.9	32.2±9.3	31.2±6.9	4.19 *	A<B
肩関節 3rd内旋	10.8±7.8	14.5±8.8	13.5±3.9	0.80	
頸部回旋 投球方向	94.3±4.9	94.7±9.0	93.6±7.2	0.10	
体幹回旋 反投球方向	92.6±4.7	90.1±7.1	94.6±6.2	2.70	
体幹回旋 投球方向	53.6±5.8	55.2±8.7	63.4±7.2	6.91 **	A, B<C
頸部回旋 反投球方向	52.5±7.3	52.1±7.9	56.4±8.0	1.65	
股関節外旋 ピボット脚	49.4±10.3	57.0±6.1	59.8±13.4	3.23 *	A<B,C
股関節外旋 ストライド脚	49.6±5.3	53.5±8.0	57.8±11.2	2.57	
股関節内旋 ピボット脚	48.5±6.3	46.1±7.6	55.5±14.0	4.77 *	B<C
股関節内旋 ストライド脚	49.1±5.8	47.2±9.8	55.2±10.7	3.67 *	B<C
股関節外転 ピボット脚	44.3±2.6	45.9±5.7	57.1±4.6	30.92 **	A,B<C
股関節外転 ストライド脚	44.5±3.5	47.0±4.9	53.5±4.2	14.97 **	A,B<C
股関節屈曲 ピボット脚	100.1±8.8	114.6±5.6	120.9±6.0	30.03 **	A<B<C
股関節屈曲 ストライド脚	100.9±10.5	112.9±5.8	118.2±6.9	16.81 **	A<B<C
SLR ピボット脚	61.3±7.9	70.3±8.5	78.4±11.5	9.38 **	A,B<C
SLR ストライド脚	60.9±5.6	70.7±8.8	77.7±11.5	8.91 **	A<B,C
HBD ピボット脚	7.79±2.41	4.63±2.65	1.88±1.89	17.29 **	A<B<C
HBD ストライド脚	9.69±3.97	4.54±2.70	2.47±1.86	19.63 **	A<B<C
<b>下肢筋力</b>					
膝伸展等尺性筋力	214.5±29.0	189.0±45.4	191.7±39.5	1.20	
膝屈曲等尺性筋力	105.7±15.6	86.0±16.9	85.3±16.1	5.00 *	B,C<A
<b>パフォーマンス</b>					
投球速度	102.6±6.3	93.8±20.0	96.4±5.6	1.03	

\*, $p < .05$ ; \*\*, $p < .01$

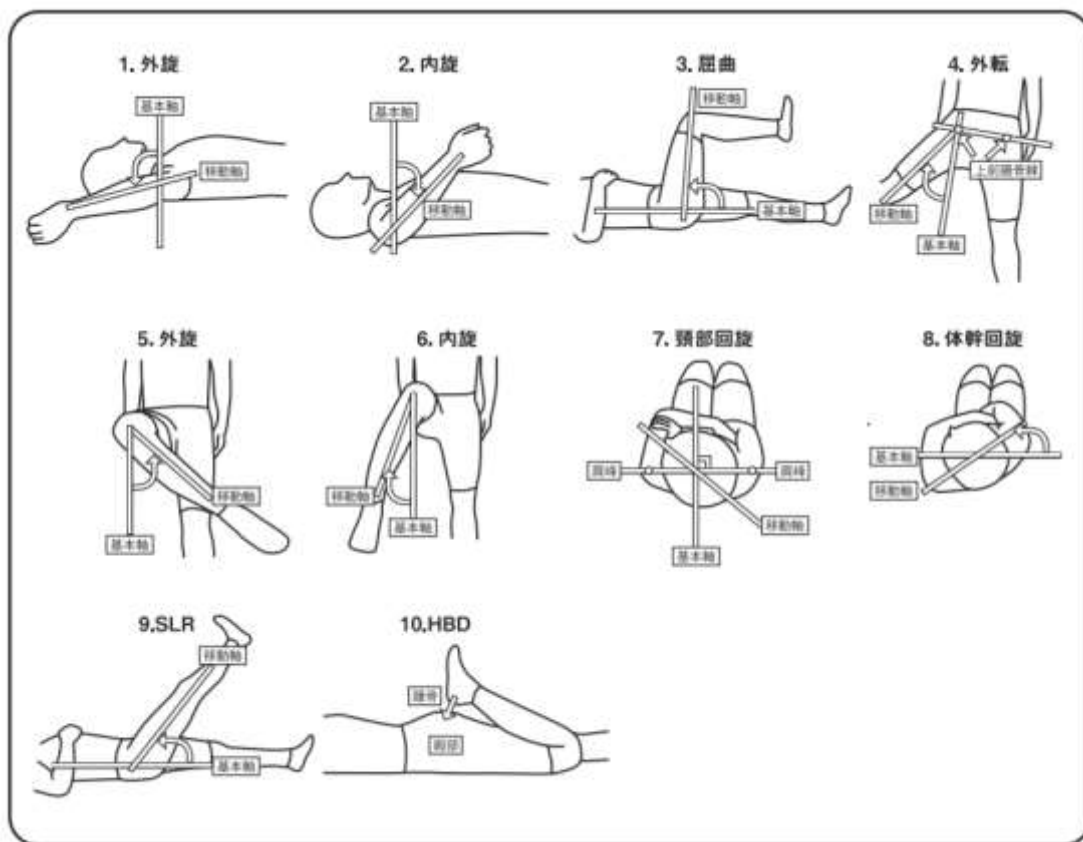


図1 関節可動域の測定方法

Wind up



- 第6因子
- ・股関節屈曲
  - ・頸部回旋
  - ・肩関節3rd内旋

MER



- 第2因子
- ・SLR
  - ・肩関節外旋

Foot contact



- 第1因子
- ・股関節外転
  - ・胸腰部回旋
  - ・股関節外旋

Follow through



- 第4因子
- ・股関節内旋
  - ・肩関節内旋

図2 投球動作と各因子の関係



## 第8章 総合考察

### 8.1. 研究目的

本研究の目的は野球選手の関節可動域特性について性差，年代を比較することによって明らかにし，コンディショニング指導の一助とするとした。

### 8.2. 研究課題

1. 競技や性差，年代間を考慮した関節可動域の検討
2. 関節可動域とパフォーマンスおよびスポーツ障害との関係

### 8.3. 研究結果

#### 8.3.1.

本研究は女子プロ野球選手と男子大学生野球選手の関節可動域を測定し，比較検討を行ったところ，以下の結果が得られた。

1. 女子選手は男子選手と比較し，下肢の柔軟性で高値を示した。
2. 女子選手は男子選手同様に四肢・体幹可動域において左右差を生じていた。

#### 8.3.2.

本研究は女子選手と一般女性の関節可動域を測定し，比較検討を行ったところ，以下の結果が得られた。

1. 女子選手間での比較では，ポジション，年齢，経験年数において，有意な関係は認めなかった。
2. 女子選手は一般女性と比較し，上肢・体幹において投球側と非投球側との差が生じていた。

#### 8.3.3.

本研究では中学生野球選手を対象に，入学時と3年生時に野球肘検診を行い，入学時と3年生時とを比較検討を行ったところ，以下の結果が得られた。

1. 3年生では肩・肘関節に疼痛を自覚する選手が増加していた。
2. 3年生では肩関節内・外旋および股関節内旋の可動域は低下していた。

#### 8.3.4.

本研究では投手における上肢・体幹・下肢の関節可動域を測定し，小中学生と高校生で比較検討をしたところ，以下の結果が得られた。

1. 肩関節回旋可動域に左右差をみとめた。
2. 年齢群の違いについては，高校投手は下肢と頸部の関節可動域が低下したが，体幹は増加した。

### 8.3.5.

本研究では高校生野球投手を対象に、ストレステストと関節可動域測定を実施し、健常群と所見陽性群の比較検討を行ったところ、以下の結果が得られた。

1.単一の関節可動域と肘関節障害との関連はみとめなかった。

女子プロ野球選手を対象に、ストレステストと関節可動域測定を実施し、健常群と所見陽性群の比較検討を行ったところ、以下の結果が得られた。

1.単一の関節可動域と肘関節障害との関連はみとめなかった。

2.肩関節と股関節の有意な相関関係はみとめなかった

### 8.3.6.

女子プロ野球選手を対象に投球障害状況の調査、関節可動域と下肢筋力の測定を行い、健常群と所見陽性群の比較検討を行ったところ、以下の結果が得られた。

1.単一の関節可動域・下肢筋力と障害の有無では有意な関連をみとめなかった。

2.多変量解析で、「固くて強い群」・「中間群」・「柔らかくて弱い群」の3群に分類できた。

「柔らかくて弱い群」では障害をみとめた選手が多く、体幹と股関節における柔軟性は高いが、膝屈曲筋力は弱い特徴を有していた。

## 8.4. 総合考察

本研究では以下のことが明らかとなった。

1. 野球選手は性別に関わらず、上肢・体幹・下肢の関節可動域に左右差が存在する。
2. 中学生では経年的に下肢の関節可動域が低下する。小学校・中学校・高校の比較では上肢の関節可動域は維持され、体幹可動域は増加し、下肢の関節可動域は低下する。
3. 各関節可動域はストレステスト陽性の有無に関わらず、有意差をみとめない。

本研究では、一般健常人との比較によって、野球選手の関節可動域は左右差が存在することが明らかになった。投球動作では、下肢・体幹・上肢が同一方向への回旋を繰り返す。ワインドアップ期では頸部を投球方向へ回旋し、アーリーコッキング期では、投球側股関節を外旋し、レイトコッキング期からフォロースルー期では胸腰部を投球方向へ回旋し、非投球側股関節を内旋する。頸部、肩関節、胸腰部に生じた左右差は投球動作が引き起こす競技特性と考えた。肩関節に関しては先行研究同様の結果が得られ、体幹・下肢については新たな知見が得られた。

女子選手は股関節内旋、SLR および HBD の項目において男子選手と比較し、有意に大きかった。女子選手が男子選手より大きい関節可動域や筋柔軟性を有していることは他競技や運動を行っていない一般健常人でも示されている。このことは野球選手においても、性差として存在することが明らかとなった。

中学生野球選手を対象に経時的に検討したところ、入学時と比較し、3年生時で肩・肘関

節に疼痛を自覚する選手が増加した。関節可動域に関しては、股関節内旋の可動域が減少していた。股関節内旋の可動域減少が生じると、投球動作で肩関節の過剰な内旋が必要となり、肩・肘関節部痛の原因となりうる。成長期の疼痛の原因として未熟な投球技術やオーバーユース、コンディショニング不足が挙げられ、投球障害の予防にはこれらを解決していく必要がある。

小学生、中学生、高校生を対象に、関節可動域を測定し、比較検討を行ったところ、上肢は維持され、体幹は増加し、下肢は低下することが明らかとなった。本研究の結果はコンディショニングの基準値として有用であり、年代を考慮したコンディショニングの確立に向けた一助になると考える。

女子プロ野球選手と高校生野球選手ともに、ストレステスト陽性の有無で関節可動域に有意差はみとめないことが明らかとなった。個々の関節可動域のみで投球障害の原因を抽出することは困難であり、体格やポジション、投球フォーム、投球数など多くの因子を考慮し、検討を進める必要がある。

本研究の限界として、横断研究が主となっていることが挙げられる。関節可動域の変化が投球障害発生に影響をおよぼすのか縦断的に検討する必要がある。また、関節可動域を維持できるようコンディショニングを指導し、投球障害の発生を検討するといった介入研究も必要であると考えられる。