

研究報告

肩後方動揺性(Posterior Shoulder Laxity)に起因する投球障害のメカニズム:概念モデルの提示

宮下浩二¹⁾、播木孝²⁾、小山太郎²⁾、太田憲一郎³⁾

¹⁾中部大学生命健康科学部理学療法学科, ²⁾まつした整形外科, ³⁾わたなべ整形リハビリクリニック

要 旨

野球の現場では、肩後方動揺性を有する選手が類似した症状や機能低下を繰り返し呈することが少なくない。筆者は過去10年間で延べ数十名の同様の症例を経験しており、本報告ではその典型的特徴を最も明瞭に示した代表例を提示する。症例は上手投げの大学生投手で、主訴は最大外旋位(MER)直前およびリリース時の肩痛であった。痛みの部位は肩峰外側下方、結節間溝、肩後部の間を推移した。発症時には、後方動揺性陽性、内旋および水平屈曲可動域の可動性低下、肩外旋筋力低下、肩甲骨外転筋力低下、肩甲帯屈曲の自動可動域制限などの機能低下を認めた。投球動作では、肩最大外旋直前に肩甲帯の前方運動(外転・屈曲)が不足し、その代償として肩甲上腕関節の水平屈曲運動が増大していた。理学療法として、肩最終外旋位での抵抗運動および肩甲骨外転・肩甲帯屈曲の自動運動を反復したところ、症状および動作の改善が得られた。後期コッキング期の水平屈曲は上腕骨頭に後方への剪断力を生じさせるが、肩後方の動的安定性は外旋筋群の緊張や肩甲骨外転に伴う関節窩の前向き性に依存する。本症例ではこれらの機能低下により後方動揺性の影響が増幅し、症状発現に至ったと考えられる。

1. はじめに

投球障害肩の発生要因として肩関節前方動揺性¹⁾があげられる¹⁾が、後方動揺性に起因する問題についてはほとんど検討されていない。しかし、野球選手には後方動揺性が多くみられることが報告²⁾されており、野球の現場では、後方動揺性を有する選手が類似した症状や機能低下を呈することも珍しくない。

著者は、最近10年間の大学野球部の医療的サポート(リコンディショニング、予防等)を行う中で、肩後方動揺性に起因すると考えられる同様の症状や動作パターンを示した選手は延べ数十名に及ぶ。2019~2020年度は新型コロナウイルス感染症により活動制限期間があったものの、その前後を含めた全期間で同様の特徴が一貫して観察された。これらの症例群は特殊例ではなく、後方動揺性を背景とする典型的な臨床像として理解できる。

なお、これまでに観察してきた数十例はいずれも肩後方動揺性に起因すると考えられる類似した症状や機能低下を示したが、肩関節可動域や筋力は競技状況や疲

労の程度によって日々変動する。そのため、全例を単純に平均化すると本研究の主題である「後方動揺性に起因する機能破綻のメカニズム」がかえって不明瞭となる可能性がある。

したがって本論では、後方動揺性に伴う投球動作の特徴と機能的破綻が最も明瞭に観察された代表的な1例を提示し、後方動揺性による投球障害の概念モデルを提示することを目的とした。

2. 症例

本学硬式野球部に所属する21歳の右オーバーハンドスローの投手である。日常的に下記に示す機能低下が生じると、同様の症状や徴候を繰り返した。なお、本研究は中部大学倫理審査委員会の承認(20200007)を受け、本人の同意を得て行った。

1)主訴

主訴は投球の肩最大外旋位に移行する直前またはリリース時の肩周囲の痛みであり、この痛みが生じる位相は日によって変化した。痛みの部位は一定ではなく、日

によって肩峰外側直下よりやや下方、結節間溝周囲、肩後部を推移した(図1)。



図1. 痛みの部位

2) 機能評価

発症時に観察された特徴的な機能低下は以下の通りであった。

- 肩後方動揺性:陽性(前方は擬陽性、下方は陰性)
評価方法:背臥位にて Load-and-Shift Test(後方方向)を用い、反対側と比較して Grade II 以上を陽性と判断。必要に応じ Posterior Drawer Test を併用した。
- 肩関節可動域(90° 外転位):内旋 10~30°(反対側 40°)、水平屈曲 80~100°(反対側 120°)
- 筋力:上肢下垂位での最終外旋位における外旋筋力低下
- 肩甲帯機能:前鋸筋筋力低下(肩甲骨外転筋力低下)、肩甲帯屈曲の自動可動域制限

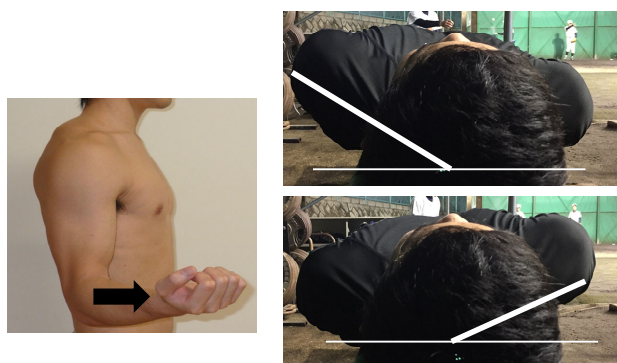


図2. 発症時にみられる機能低下

左図:最終外旋位で矢印の方向に対して外旋筋力で抗しきれない。右図:上段は反投球側の肩甲帯屈曲角度、下段は投球側の肩甲帯屈曲角度であり、投球側に制限を認める。

3) 投球動作分析

症状がある時期には、後期コッキング期において肩甲骨外転運動(肩甲帯屈曲)が十分にみられず、代償的に肩甲上腕関節(GH)の水平屈曲運動が増大していた。その結果、リリースポイントは後方(反投球方向)へ変位する傾向があった(図3)。



図3. 発症時の投球動作の特徴

左図:後期コッキング期に肩甲帯屈曲(肩甲骨外転)より肩甲上腕関節水平屈曲が強まる。右図:リリースポイントが後方に変位する。

4) 理学療法と経過

効果のあった理学療法は以下であった。

- 肩最終外旋位での抵抗運動
- 肩甲骨外転運動および肩甲帯屈曲運動の自動運動エクササイズ

機能改善に伴い投球動作も改善した。ただし、肩関節内旋可動域の改善は症状と必ずしも一致しなかった。

3. 考察

野球選手の投球側肩関節は反対側より内旋可動域が制限(GIRD:glenohumeral internal rotation deficit)されており、投球障害の要因と考えられている²⁾。この内旋可動域制限は上腕骨後捻角の増大および後方タイトネスと言われる肩後方軟部組織(筋、関節包)の伸張性低下などに起因すると考えられている³⁾。しかしその一方で、多くの投手は著明な肩後方動揺性 posterior laxity を有するということも明らかにされている¹⁾。さらに、GIRDを有する野球選手にも後方関節包の弛緩性はみられることが報告されている⁴⁾。後方タイトネスは軟部組織の伸張性の低下を示しており、決して後方への関

節動揺性を制御する硬さを意味するものではない。したがって、後方タイトネスとは異なり、関節動揺性に起因するメカニズムで投球障害が生じ得ることが考えられる。

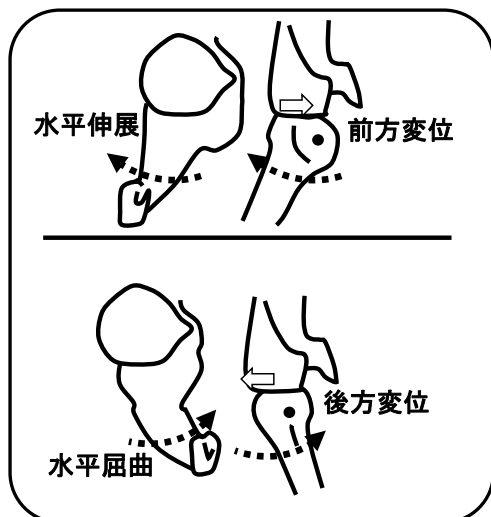


図 4. 水平面からみた肩甲上腕関節の関節運動のシエーマ

肩関節運動(破線矢印)に伴って生じる上腕骨頭の動き(白抜き矢印)を示す。

投球動作分析では肩関節には加速期に前方剪断力が加わるとされている。ただし、これらはセグメントをモデル化しており、関節の形態は無視した計測方法であるため、座標系を関節面におき、仮想の軸が関節面にあると設定していることが多い⁵⁾。しかし、実際の肩甲上腕関節は上腕骨頭が凸、肩甲骨関節窩が凹の構造をしており、関節運動学としては凹凸の法則⁶⁾に従う球関節であり、運動軸は上腕骨頭内に存在する。そのため、水平伸展運動する後期コッキング期の前半⁷⁾では骨頭は前方へ変位する力を受けるが、水平屈曲運動する後期コッキング期の後半や最大外旋位前後およびリリース前後⁷⁾では骨頭は後方にすべる力を受けることになる(図 4)。これは肩甲上腕関節のみの運動で推察すると関節窩に対して上腕骨頭が後方へ変位する力と解釈できる⁸⁾。投球時に肩甲骨関節窩に加わるストレスについて軟骨下骨密度分布から分析した研究では、投球障害肩の投手は関節窩後方に著明な骨密度の増加を認めた⁹⁾。つまり上

腕骨頭が関節窩後方に向けて圧を加えている可能性があることが推察される。

今回提示した後方動揺性を有する選手は、上腕骨頭が後方変位しやすい。そして、投球動作の特徴として加速期では肩甲上腕関節水平屈曲運動を強めたため、上腕骨頭は後方変位する力をより強く受けたと推察される。そのことで肩後部には伸張ストレス、関節内には剪断ストレスが生じ、様々な痛みにつながったと考える。

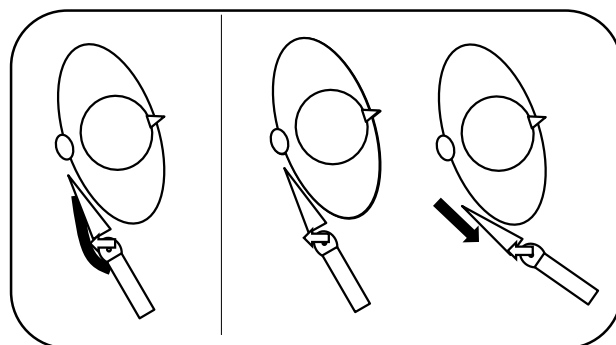


図 5. 肩後方の動的安定性に関与する要因

左図：棘下筋などの後方筋群(太線)は上腕骨頭の後方変位(白抜き矢印)を制御する。

右図：肩甲骨外転および肩甲骨屈曲運動(黒矢印)することで関節窩の向きが矢状面に近づき上腕骨頭の後方変位を制御する。

一方で、肩後方の安定性には肩後部に位置する外旋筋群が重要な役割を果たすが(図 5)、本症例では外旋筋の筋力低下があり、動的安定性が低下していたことが考えられる。さらに肩後方の安定性には肩甲骨関節窩の方向も関与している¹⁰⁾。肩甲骨が外転して矢状面に近づき、関節窩が前方を向くことで上腕骨の後方変位に対して安定性を与えるとされている(図 5)。投球動作において、肩甲骨は後期コッキング期後半には外転運動を開始する¹¹⁾。しかし、今回の症例は肩甲骨外転筋力低下や肩甲骨屈曲運動制限があり、加速期において肩甲骨が十分に外転せず、このような「後方の壁」としての機能が十分に果たされていなかったことが推察される。そのため、後方動揺性の影響が顕著化し、結果として症状に至ったと考えた。効果

のあった理学療法が、外旋筋群の抵抗運動および肩甲骨外転運動と肩甲帯屈曲運動の自動運動のエクササイズであったという視点からもこれらの可能性があると考えられる。肩内旋可動域制限の改善で効果がなかったことから、本症例は後方タイトネスではなく、後方動揺性が要因となっていたことを示唆している。

以上のように、肩後方動揺性に起因する投球障害は野球の現場では少なからず存在していると考ええる。

結語

1. 肩後方動揺性のある選手が類似した症状や機能低下を呈することは少なくない。本研究では、その典型的特徴を最も明瞭に示した 1 例を報告した。
2. 肩後方動揺性に肩外旋筋力の低下や肩甲骨外転筋力低下・肩甲帯屈曲運動制限が相まって発症したと考えた。
3. 肩後方動揺性に起因する投球障害は野球の現場では少なからず存在していると考ええる。

引用文献

- 1) Crockett HC, Gross LB, et al. Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional pitchers. *Am J Sports Med.* 2002; 30:20-26.
- 2) Burkhart SS, Morgan CD, et al. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy.* 2003; 19:404-420.
- 3) Wilk KE, Williams Jr RA, et al. Current Concepts in the Assessment and Rehabilitation of the Thrower's Shoulder. *Operative Techniques in Sports Medicine.* 2016; 24:170-180.
- 4) Borsa PA, Wilk KE, et al. Correlation of range of motion and glenohumeral translation in professional baseball pitchers.

Am J Sports Med. 2005; 33:1392-1399.

- 5) Fleisig GS, Andrews JR, et al. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med.* 1995; 23:233-239.
- 6) Neuman DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system* : 島田智明, 平田総一郎監訳. 筋骨格系のキネシオロジー 第1版. 東京: 医歯薬出版; 234-235, 2006.
- 7) Miyashita K, Koshida S, et al. Biomechanical characteristics of scapular and glenohumeral movements during pitching motion in injury-prone college baseball pitchers. *Physical Therapy Research.* 2023.10 DOI <https://doi.org/10.1298/ptr.E10254>
- 8) 田中洋, 林豊彦ほか. 投球動作におけるステップ足接地の肘下がりとは動力学的パラメータに影響するか? 日本整形外科スポーツ医学会雑誌. 2017 ; 37 : 46-52.
- 9) 夏恒治, 望月由ほか. 投球障害肩における関節窩にかかる応力分布の解析. 関節外科. 2009 ; 28 : 1345-1351.
- 10) Matsen FA III, Lippitt SB, et al, *Practical evaluation and management of the shoulder*, Philadelphia: WB Saunders; 63-65, 1994.
- 11) 宮下浩二, 小山太郎, ほか. 投球時の肩甲骨内転・外転運動に関する三次元動作解析. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2018 ; 26 : 397-403.

Title: Mechanism of Throwing-Related Shoulder Dysfunction Induced by Posterior Shoulder Laxity: Presentation of a Conceptual Model

Author(s): Koji Miyashita¹⁾, Takashi Hariki²⁾, Taro Koyama²⁾, Kenichiro Ota³⁾

Address(es): ¹⁾ College of Life and Health Sciences, Department of Physical Therapy, Chubu University, 1200 Matsumoto-cho, Kasugai, Aichi

487-8501, Japan; ²) Matsushita Orthopedics, 2-6-1 Shinogi-cho, Kasugai, Aichi, 486-0851, Japan ³) Watanabe Orthopaedics and Rehabilitation Clinic, 3-11-7 Tatsumihigashi, Okazaki, Aichi, 444-0878, Japan

Keywords: posterior shoulder laxity, throwing injury, mechanism, scapular mechanics, conceptual model

Abstract:

Background:

Posterior shoulder laxity is frequently observed in baseball players, yet its contribution to throwing-related shoulder dysfunction has received limited attention. Over the past decade, the author has encountered several dozen athletes who demonstrated recurring symptoms and functional deficits associated with posterior laxity. This report presents a representative case that most clearly illustrated these characteristic patterns, with the aim of clarifying the conceptual mechanism by which posterior laxity contributes to throwing shoulder dysfunction.

Case Presentation:

The patient was a 21-year-old right-handed collegiate overhand pitcher. His chief complaint was pain occurring immediately before maximal external rotation (MER) and/or at the moment of ball release. The location of pain varied daily, shifting among the lateral subacromial region, the bicipital groove area, and the posterior shoulder.

Functional impairments observed at symptom onset included positive posterior shoulder laxity, fluctuating limitations of shoulder internal rotation and horizontal adduction in

90° abduction, reduced external-rotation strength in the terminal range, and diminished scapular abduction strength and scapular flexion mobility.

Pitching Motion Analysis:

When symptomatic, the patient exhibited reduced scapular abduction during the late cocking phase, accompanied by compensatory increases in glenohumeral

horizontal adduction. This pattern resulted in a posteriorly directed shear force on the humeral head, shifting the ball release point posteriorly.

Intervention and Outcome:

Resistance exercise in the terminal external-rotation position and active exercises to facilitate scapular abduction and scapular flexion effectively improved the patient's functional deficits and pitching mechanics. Improvement in internal-rotation range of motion did not necessarily correlate with symptom resolution.

Conceptual Implications:

During the late cocking phase, horizontal adduction generates posterior shear forces on the humeral head. Dynamic posterior stability depends on both the tension of the external rotators and the anterior orientation of the glenoid achieved through adequate scapular abduction. In this case, deficits in these stabilizing mechanisms likely amplified the negative effects of posterior laxity, leading to symptom onset.

Conclusion:

This representative case illustrates how posterior shoulder laxity, combined with compromised dynamic stability and insufficient scapular mechanics, can lead to throwing-related shoulder pain. These findings highlight the importance of evaluating posterior laxity and its functional consequences in overhead athletes.