

肩挙上位での肘伸展運動の検討—投球動作との関連性—

田村 将希^{1,2} 千葉 慎一^{3,2} 尾崎 尚代^{3,2}
鈴木 昌^{4,2} 大澤 一誉^{4,2} 西中 直也^{2,4}

¹ 昭和大学藤が丘リハビリテーション病院リハビリテーションセンター

² 昭和大学スポーツ運動科学研究所 ³ 昭和大学保健医療学部理学療法学科

⁴ 昭和大学藤が丘病院整形外科

Examination of the Elbow Extension Muscular Strength in the Shoulder Elevation Position; Relevance of the Throwing Motion

Masaki Tamura^{1,2} Shinichi Chiba^{3,2} Hisayo Ozaki^{3,2}

Masashi Suzuki^{4,2} Kazunori Osawa^{4,2} Naoya Nishinaka^{2,4}

¹Department of Rehabilitation, Showa University Fujigaoka Rehabilitation Hospital

²Showa University Research Institute for Sport and Exercise Sciences

³Showa University, School of Nursing and Rehabilitation Sciences, Department of Physical Therapy

⁴Department of Orthopaedic Surgery, Showa University Fujigaoka Hospital

目的：肩挙上位での肘伸展筋力が投球動作に与える影響を考察することを目的とした。

材料および方法：メディカルチェック目的で来院したプロ野球選手（以下、非野球肘群）と投球時の肘関節痛を主訴に来院した野球肘患者（以下、野球肘群）を対象とした。

ジャパンチャタヌガ社製 KIM-COM を用いて肩挙上位の肘伸展筋力を測定し、最大肘伸展筋力と肘伸展 -10° での肘伸展筋力を求め、それらの比（筋力比）を算出した。また最大筋力が出現する角度（以下、ピーク角度）を求めた。

結果：非野球肘群の筋力比は $79.2 \pm 14.0\%$ 、野球肘群の筋力比は $56.8 \pm 17.2\%$ であった ($P=0.001$)。非野球肘群のピーク角度は $38.8 \pm 18.6^\circ$ 、野球肘群のピーク角度は $57.0 \pm 11.8^\circ$ であった ($P=0.006$)。

考察：肩挙上位での肘伸展筋力を安定して発揮する身体機能を整えることで、外反ストレスの軽減につながると考察する。

【緒 言】

投球動作中の肩関節最大外旋位 (maximum external rotation : MER) に肘関節にかかる外反ストレスは約 64Nm と報告され¹⁾、このストレスの増大が投球肘障害につながっていく。肘関節にかかる外反ストレスを増大させる要因として不良な投球フォームが指摘され、その代表例として「肘下がり」の投球フォームがある。Matsuo らは体幹の傾斜角度及び肩関節外転角度と肘関節にかかる外反ストレスを計測し、肩外転角度が少なくなるほど肘関節への外反ストレスは大きくなると報告している²⁾。この肘関節への外反ストレスを軽減させるためには、肩甲骨や体幹の機能を中心とした全身の身体機能が重要と考えられている³⁾。また、MER からボールリリースにかけて肩関節や肘関節にかかる負担を軽減させるためには肩甲骨腕関節をゼロポジションに保つことが重要とされる⁴⁾。

筆者らはこれまでにゼロポジション付近での筋力を測定し、肘下がりの機能的な原因を報告してきた。Acceleration phase で投球側の肘伸展を行うためには、肩関節複合体としてのゼロポジションでの外旋位保持機能が必要と報告した^{5,6)}。肘関節伸展機

能に関しては、野球肘患者の肘伸展筋力は肩関節肢位を固定した状態でも、肘伸展最終域で急激に低下し、肘関節伸展機能の低下が存在すると報告した^{7,8)}。

今回は肘伸展機能を評価するための指標として、伸展筋力の低下する割合と最大筋力が出現する角度に着目した。そして、これらが投球動作に与える影響を考察することを目的とした。

【材料および方法】

対象はメディカルチェック目的で来院したプロ野球選手（以下、非野球肘群）と投球時の肘関節痛を主訴に来院した野球肘患者（以下、野球肘群）の 2 群である。非野球肘群は、16 名で、平均年齢は 29.8 ± 5.14 歳であった。野球肘群は、11 名で、平均年齢は 21.7 ± 6.8 歳であった。野球肘群については、肘伸展制限や ADL 上で疼痛があるものは除外対象とした。両群ともに投球側の肘関節を対象とした。

方法はジャパンチャタヌガ社製 KIM-COM を用いて等速性の肘伸展筋力を測定した。角速度は 120deg/sec 、測定角度は屈曲 80° から伸展 -5° の範囲とした。測定肢位は、肩関節肢位が肩甲骨面上外

Key words : elbow extension strength (肘伸展筋力), peak angle (ピーク角度), throwing motion (投球動作)

Address for reprints : Masaki Tamura, Department of Rehabilitation, Showa University Fujigaoka Rehabilitation Hospital, 2-1-1 Fujigaoka Aoba-ku, Yokohama, Kanagawa 227-8518 Japan

転 100° (ゼロポジション近似肢位とした) となるように座面の高さを調節して坐位を取らせた. 前腕肢位は回内外中間位とした (図 1).

検討項目は, 最大肘伸展筋力と最終伸展域 (-10°) での肘伸展筋力を求め, それらの比 (以下, 筋力比) を算出した. また, 最大筋力が出現する角度 (以下, ピーク角度) を求めた. 最大肘伸展筋力, 最終伸展域 (-10°) での肘伸展筋力, 筋力比とピーク角度を Mann-Whitney の U 検定を用いて両群間での比較を行った. 有意水準は 5% 未満とした.

【結 果】

1. 最大伸展筋力と最終伸展域 (-10°) での肘伸展筋力の結果 (表 1)

非野球肘群の最大伸展筋力は 144.8±29.7N で野球肘群の最大伸展筋力は 148.6±52.2N で有意差は認めなかった (P=0.81). 一方, 最終伸展域 (-10°) での肘

伸展筋力に関しては, 非野球肘群では 114.6±35.5N で野球肘群では 80.3±26.1N となり有意な差を認めた (P=0.03).

2. 筋力比の結果 (表 1)

非野球肘群の筋力比は 79.2±14.0% であった. 一方, 野球肘群の筋力比は 56.8±17.2% であり有意に低値を示した (P=0.001). 野球肘群では, 最大筋力に対し最終伸展域での筋力低下が大きい結果となった.

3. ピーク角度の結果 (表 1)

非野球肘群のピーク角度は 38.8±18.6° であった. 一方, 野球肘群のピーク角度は 57.0±11.8° であり有意な差を認めた (P=0.006). 非野球肘群の方が, 肘伸展位で最大筋力を発揮できる結果となった.

4. 疼痛の有無

今回の被検者の中には, 測定時疼痛を訴えるものはいなかった.

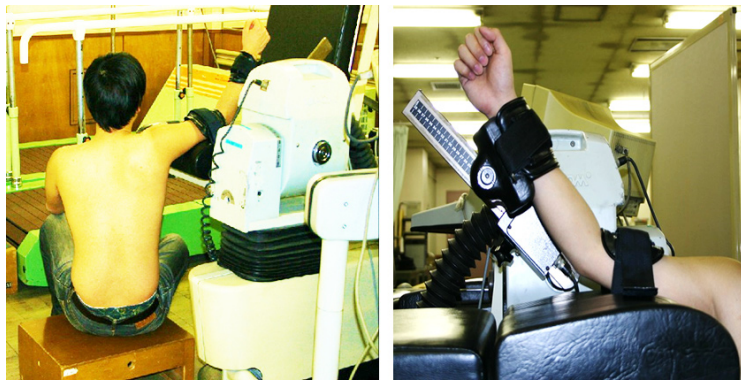


図 1 計測肢位
a. 肩の外転角度が肩甲骨面上 100° 外転位となるように座面の高さを調整.
b. 前腕は回内外中間位.



図 2 肘下がりの投球フォームの典型例. ボールリリース付近で肘屈曲位となり, 両肩を結んだ線よりも, 肘の位置が低位を取っている.

表 1 野球肘群は肘伸展位での肘伸展筋力を発揮できない傾向にある.

	非野球肘群	野球肘群	P-value
最大伸展筋力 (N)	144.8±29.7	148.6±52.2	0.81
最終伸展 (-10°) での 伸展筋力 (N)	114.6±35.5	80.3±26.1	0.03
筋力比 (%)	79.2±14.0	56.8±17.2	0.001
ピーク角度 (°)	38.8±18.6	57.0±11.8	0.006

【考 察】

今回の結果から、非野球肘群では野球肘群と比べて肘関節伸展位で最大筋力が出現し、最終伸展時まで肘伸展筋力を発揮できることが確認できた。しかし、野球肘群は肘屈曲位での肘伸展筋力を発揮できるが、最終伸展域まで肘伸展筋力を維持しておくことが困難であった。Linらは肩関節軽度外転位での肘関節屈曲トルクと伸展トルクを計測し、求心性肘伸展トルクに対する求心性肘屈曲トルクの比が0.76以上になると野球肘のリスクファクターとなると報告している¹⁰⁾。しかし、肘伸展筋力を十分に発揮することは重要としているが、計測はピークトルクのみで、関節角度についての言及はされていない。

ボールリリース時の肘伸展角度は約 -20° と報告されている⁹⁾。今回の研究では、非野球肘群のピーク角度は $38.8 \pm 18.6^\circ$ であり、非野球肘群は先行研究で報告されているボールリリース時の肘伸展角度に近い角度で肘伸展筋力の発揮が可能であった。一方で、野球肘群のピーク角度は $57.0 \pm 11.8^\circ$ でボールリリース付近での肘伸展筋力の発揮が困難であり、全可動域での正確な肘伸展運動が行いにくい可能性が示唆された。

本研究でのピーク角度は、非野球肘群では約 -40° で野球肘群では約 -60° であった。さらに、最大筋力と最終伸展域での肘伸展筋力を比較してみると、非野球肘群は約80%、野球肘群では約60%と明らかな差が生じ、最終伸展域での肘伸展筋力を発揮しにくい状態であった。徒手的に筋力評価を行う場合でもその差は感じ取れると考えられた。肩挙上位での肘伸展筋力を評価し、十分ではない肘伸展の筋力発揮をどのように代償するかを観察することで、投球動作時の逸脱パターンを推察でき、臨床においては有用な情報となりうる。

Fleisigらは、acceleration phaseでの肘伸展角速度は $2100 \sim 2700 \text{deg/sec}$ に達すると報告している¹¹⁾。また、acceleration phaseでの肘伸展運動は下肢や体幹の回旋運動で生じた遠心力によって受動的に伸展させられており、肘関節のみの伸展ではこのスピードまで加速しないと述べている。また、筋電図による報告では、acceleration phaseでの上腕三頭筋の筋活動は大きく生じないと報告されている¹¹⁾。よって、肩挙上位での肘伸展筋力は、acceleration phaseでの肘伸展運動を形成するために必要なのではなく、acceleration phase後半からボールリリースまでの間肘伸展位を維持するために必要と考えられる。

肘伸展最終域での伸展筋力を発揮できないと、ボールリリースでの肘伸展位保持が困難となる。この結果として、ボールリリースで肘屈曲位となり、「肘下がり」の状態になってしまう(図2)。つまり、最終伸展域で肘伸展筋力を発揮できない状態は、肘関節へ掛かる外反ストレスを強めやすく、野球肘のリスクファクターになりうると考えられる。しかし、肘関節へかかる外反ストレスをどの程度減弱させるかは不明である。今後、投球動作の3次元動作解析を行い肘伸展筋力と投球動作の関係性をさらに検討していく必要がある。

【結 語】

- 1) 野球肘患者の肘伸展筋力を測定し、健常者と比較した。
- 2) 最大肘伸展筋力に対する最終伸展域での肘伸展筋力は、野球肘群で有意に低下した。
- 3) 野球肘患者は、肘屈曲位では肘伸展筋力を発揮できるが、肘伸展位では発揮できない。
- 4) 肘最終伸展域で肘伸展筋力を発揮できない状態は、野球肘のリスクファクターになりうると思われる。

【文 献】

- 1) Fleisig GS, Dillman CJ, Andrews JR, et al: Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med.* 1995; 23:233-9.
- 2) Matsuo T, Fleisig GS, Niquan Zheng, et al: Influence of shoulder abduction and lateral trunk tilt on peak elbow varus torque college baseball pitchers during simulated pitching. *J Appl Biomech.* 2006; 22:93-102.
- 3) 宮下浩二, 小林寛和, 越田専太郎ほか: 投球動作の肩最大外旋角度に対する肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節及び胸椎の貢献度. *体力科学.* 2009; 58: 379-86.
- 4) Konda S, Yanai T, Sakurai S: configuration of the shoulder complex during the arm-cocking phase in baseball pitching. *Am J Sports Med.* 2015; 43:2445-51.
- 5) 千葉慎一, 嘉陽 拓, 三原研一ほか: 小・中学生の野球肘患者におけるゼロポジション外旋筋力評価の意義. *日肘会誌.* 2005;12:73-4.
- 6) 嘉陽 拓, 田村将希, 千葉慎一ほか: 野球肘症例における肩甲骨肢位の違いによる肩外旋保持能力について. *日肘会誌.* 2014; 21: S58.
- 7) 田村将希, 千葉慎一, 嘉陽 拓ほか: 肩関節挙上位における肘伸展筋力の検討. *日肘会誌.* 2008; 15: S31.
- 8) 田村将希, 千葉慎一, 嘉陽 拓ほか: 肩関節挙上位における肘伸展筋力の検討～投球動作との関連性～. *日肘会誌.* 2014; 21: S56.
- 9) Werner SL, Fleisig GS, Dillman CJ, et al: Biomechanics of the Elbow during Baseball Pitching. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993; 17: 274-8.
- 10) YC Lin, A Thompson, JT Kung, et al: Functional isokinetic strength ratios in baseball players with injured elbows. *J Sport Rehabilitation.* 2010; 19: 21-9.
- 11) Fleisig GS, Escamilla RF: Biomechanics of the elbow in the throwing athlete. *Oper Tech Sports Med.* 1996; 4: 62-8.