

中学野球選手における下肢筋力 と投球障害の関係

原 著

Relationship between muscle strength of the lower extremity
and throwing injuries in youth league baseball players

松本晋太郎*¹, 古川裕之*¹, 小松 稔*¹
内田智也*¹, 野田優希*¹, 石田美弥*¹
佃美智留*¹, 大久保吏司*², 藤田健司*¹

キー・ワード : throwing injury, screening test, function of the lower extremity
投球障害, スクリーニングテスト, 下肢機能

【要旨】 本研究は、我々が考案した Single leg up down テスト (SLUD テスト) における下肢筋力と投球障害の関係を明らかにする事を目的とした。対象は当院で行ったメディカルチェックに参加した神戸市内の中学野球選手 113 名とした。SLUD テストは 10cm から 40cm まで 10cm 刻みの台を用い、片足で台から立ち上り再び座るまでを一つの試技とした。投球障害の既往がある選手はステップ足における SLUD テストで、20cm 台からテスト施行可能な選手が有意に少なかった。今回の結果よりステップ足の下肢筋力低下は投球障害につながるのではないかと考えられた。

はじめに

投球動作は運動連鎖に基づく全身運動であり下肢機能の低下は投球障害発生の一つの要因と考えられている¹⁾。伊東ら²⁾は最大外旋位からボールリリース (以下, BR) にかけて、矢状面上では大腿が起き上がるのが熟練した投球動作の特徴であり、水平面に対して大腿の角度が減少するのはいわゆる「膝の縦割れ」と表現される未熟な投球動作の特徴である事を報告している。さらに Campbell ら³⁾はステップ足接地 (以下, SFC) 以降、ステップ足の膝関節屈曲を制御するため内側広筋と大腿直筋の遠心性の筋活動が増加することを報告している。また島田ら⁴⁾は、SFC から BR ではステップ足の股関節伸筋群の遠心性の筋収縮により、体幹を支持するとしている。つまり、投球動作におけるステップ足の役割は SFC 以降、後期コッキング期 (以下, LC 期) では大腿四頭筋の

遠心性の筋収縮に加え、股関節伸筋群の遠心性の筋収縮により下肢の動的安定性を高める事と、加速期 (以下, ACC 期) から BR にかけては大腿四頭筋の求心性の筋収縮によりスムーズな体重移動を可能としている事が考えられる。よって、SFC 以降に下肢の動的安定性が低下すると、スムーズな体重移動が制限され、上肢に依存した投球動作の原因となり、投球障害発生の一要因になると考えられる。そのため、投球障害の予防において下肢機能を評価することは非常に重要であると考えられるが、現場には Cybex 等の高価で大きな機器を持ち込むことは不可能であり、簡便に行える評価指標が望まれる。簡便に膝伸展筋力を推定する方法として村永ら⁵⁾による立ち上がりテストが報告されている。従来の立ち上がりテストは高齢者を対象とした大腿四頭筋の求心性筋力を推定するテストとなっているが、山本ら⁶⁾立ち上がりテストはスポーツ選手にも応用出来ることを報告している。そこで我々は現場で簡便に行える下肢筋力のスクリーニングテストとして、投球時には下肢筋の様々な筋収縮様式が必要となるため、従来の

*1 藤田整形外科・スポーツクリニック

*2 神戸学院大学総合リハビリテーション学部



図1 SLUD テスト

台の上に手を組んで座った状態から反動をつけず片足で立ち上がり、再び座るまでを一つの試技とした。

立ち上がりテストに加え、座る動作を加えた single leg up down テスト（以下、SLUD テスト）を考案した。これは立ち上りによる大腿四頭筋の求心性の筋力だけでなく、座る際の大腿四頭筋や股関節伸筋群の遠心性の筋力を必要とするテストになっている。そこで、本研究の目的はSLUD テストと投球障害の関係を調査し、下肢筋力と投球障害の関係を明らかにする事とした。

対象および方法

1. 対象

対象は当院主催のメディカルチェックに参加した中学生野球選手 116 名で、下肢障害による疼痛のため SLUD テストの施行が不可能であった選手 3 名を除外した 113 名であった。対象に村永ら⁵⁾の立ち上がりテストの除外基準である股関節・膝関節・足関節に著明な可動域制限を認める選手はいなかった。

2. 方法

メディカルチェックは 2010 年・2011 年・2012 年、それぞれ 1 月に行い、アンケート調査にて学年・身長・体重・ポジション・野球歴・野球を始めてから現在までの投球障害既往の有無を直筆で記入させた。複数のポジションを守る選手に対してはメインのポジションとし、野球歴に関しては 1 年未満、1 年以上 2 年未満、2 年以上 3 年未満、3 年以上 4 年未満、4 年以上の 5 つのカテゴリーに分類した。また、投球障害既往の有無に関しては、野球を始めてから現在にいたるまでに、投球時に肩関節もしくは肘関節に疼痛が出現し 3 日以上疼痛が継続したことがある場合を投球障害の既往あ

りとした。加えてファンクショナルテストとして軸足、ステップ足それぞれの SLUD テストを実施した。

3. SLUD テスト

SLUD テストは 10cm から 40cm まで 10cm 刻みの高さの台を用意し、両手を胸の前で組み、片足で台から立ち上がり、再び台に座るまでを一つの試技とした。試技は最大 3 回行い、40cm の高さの台からテスト遂行不可能な高さまで順に下げていった。1 度でもテスト遂行可能であれば台の高さを下げ、3 回の試技全てでテスト遂行不可能であった時点でテストを終了し、テスト遂行可能であった最も低い台の高さをテストの結果とした。村永ら⁵⁾の方法にしたがい、各選手には勢いをつけて立ち上がらないこと、踵部を台に接触させること、下腿を床面に対し 70° 程度になるよう座面位置を調整すること、両手を前方で組み固定し体幹はあらかじめ軽度前傾位を保持すること、座る際には可能な限りゆっくり座面に着地することを口頭指示した。評価は理学療法士 1 名で行い、評価基準として立ち上がり不可能な場合、勢いをつけた立ち上がりやゆっくり着地できない等同一速度で試技を行えない場合、過度な体幹の側屈や Knee-in が生じた場合に不可とすることを統一しテストを実施した（図 1, 2）。

4. 統計解析

対象を現在に至るまでの投球障害既往の有無で既往群・既往無し群の 2 群に分け、統計ソフト Statcel3 を用い身長・体重は Mann-Whitney 検定を、学年・野球歴・ポジションは独立性の検定を、軸足とステップ足それぞれの SLUD テストの結

果は χ^2 検定を用い検討した。統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

■ 結 果

対象の学年、身長や体重、野球歴、ポジションにおいて両群に有意な差は見られなかった(表1)。ステップ足・軸足におけるそれぞれのSLUDテストの結果を表2、3に示す。ステップ足において、既往群では20cm以下の台からのSLUDテスト遂行可能であった選手は11名(42%)であ

り、テスト遂行不可能であった選手は15名(58%)であった。一方既往無し群では20cm以下の台からテスト遂行可能であった選手は56名(63%)であり、20cm以下の台からSLUDテスト不可能であった選手は31名(37%)であった。 χ^2 検定の結果、ステップ足においては既往無し群に比べ既往群で20cm以下の台からSLUDテスト遂行可能な選手の割合が有意に少なかった($P<0.05$, オッズ比: 2.46, 95%CI: 6.01-13.36)(表4)。しかし、軸足でのSLUDテストにおいては、既往群・既往無し群に有意な差は認めなかった($P=0.46$, オッズ比: 1.47, 95%CI: 3.60-13.18)(表5)。また、10cmの台でボーダーを引いた際の既往群・既往無し群の割合は、既往群では10cm台からテスト遂行可能な選手は27%、テスト施行不可能な選手は73%であった。一方、既往無し群では10cm遂行可能な選手は47%、テスト遂行不可能な選手は43%($P=0.06$)であった。さらに、30cmの台でボーダーを引いた際の既往群・既往無し群の割合は、既往群では30cm以下の台からのテスト遂行可能な選手は62%、テスト遂行不可能な選手は38%であった。一方、既往無し群では30cm以下の台からのテスト遂行可能な選手は76%、テスト遂行不可能な選手は24%($P=0.15$)であった。



図2 SLUDテスト不良例
同一速度で試技が出来ない場合、過度な体幹の側屈やKnee-inが生じた場合はテスト遂行不可とした。

■ 考 察

一般的に投球は下肢・体幹から上肢へと力を伝える運動連鎖からなる全身運動であり、下肢機能の低下が投球フォーム不良へと繋がるため、投球障害を予防するためには下肢機能を評価すること

表1 基本情報

		既往群 (n=26)	既往無し群 (n=87)
学年	1年生	10	41
	2年生	16	46
平均身長 (cm)		159.8±7.7	159.9±8.9
平均体重 (kg)		46.3±11.6	49.1±9.3
ポジション	投手	5	10
	捕手	3	7
	内野手	11	42
	外野手	7	27
	不明	0	1
野球歴	4年以上	20	55
	3年以上4年未満	1	13
	2年以上3年未満	1	7
	1年以上2年未満	2	9
	1年未満	1	13

表2 ステップ足 SLUD テスト結果

	ステップ足			
	40cm	30cm	20cm	10cm
既往群 (n=26)	10 (39%)	5 (19%)	4 (15%)	7 (27%)
既往無し群 (n=87)	21 (24%)	10 (11%)	10 (11%)	46 (52%)

表3 軸足 SLUD テスト結果

	軸足			
	40cm	30cm	20cm	10cm
既往群 (n=26)	9 (35%)	3 (11%)	4 (16%)	10 (38%)
既往無し群 (n=87)	19 (22%)	14 (16%)	11 (13%)	43 (49%)

表4 ステップ足 SLUD テスト

	ステップ足			オッズ比	95%CI
	20cm 不可能	20cm 可能			
既往群 (n=26)	15 (58%)	11 (42%)		2.46	6.01-13.36
既往無し群 (n=87)	31 (37%)	56 (63%)			

表5 軸足 SLUD テスト

	軸足			オッズ比	95%CI
	20cm 不可能	20cm 可能			
既往群 (n=26)	12 (46%)	14 (54%)		1.47	3.60-13.18
既往無し群 (n=87)	33 (38%)	54 (62%)			

が非常に重要であると考えられる。簡便に膝伸展筋力を推定する方法として村永ら⁵⁾の考案した立ち上がりテストが広く用いられている。さらに立ち上がりテストと筋力の関係において、上池ら⁷⁾は片脚立ち上がりテストでは、低い台からの立ち上がり際には膝伸展筋力だけでなく膝屈曲筋力も必要である事を報告している。しかし、投球時、特に SFC 以降のステップ足は股関節伸筋群の遠心性収縮や、大腿四頭筋の遠心性収縮からの求心性収縮など様々な筋の収縮様式での筋力が求められるため^{3,4)}、立ち上がりテストのみでは投球時の下肢の機能低下を反映しきれない可能性がある。そこで、我々は筋の収縮様式を考慮した SLUD テストを考案し、投球障害との関連について検討した。投球障害予防における下肢・体幹の機能評価と

して、坂田ら⁸⁾の lateral slide test (以下、LST) や松井ら⁹⁾の throwing rotation assessment (以下、TRA) が報告されている。これらは、いわゆる「体の開き」や体幹の回旋制限といった投球における水平面上での動作不良を評価するためのテストである。一方、伊東ら²⁾は最大外旋位から BR にかけて、矢状面上では大腿が起き上がるのが熟練した投球動作の特徴であり、水平面に対して大腿角度が減少するのは、いわゆる「膝の縦割れ」と表現される未熟な投球動作の特徴である事を報告し、ステップ足の下肢筋力や上手な下肢の使い方を身につけることの重要性を報告している。さらに Mac Williams ら¹⁰⁾は投球動作中の床反力を分析し、ステップ足の床反力は BR 直前に体重の 150% に及ぶ事を報告しており、良好な投球

フォームにはステップ足の十分な支持性が必要であると考えられる。今回、ステップ足のSLUDテストにおいて、既往群における20cm以下の台からのテスト遂行不可能な選手が有意に多くみられた。これは、20cm台からのSLUDテスト遂行不可能な選手は、投球時に「膝の縦割れ」と表現される下肢の動的安定性低下を引き起こし、スムーズな体重移動が阻害される可能性がある。その結果、上肢に依存した不良な投球フォームを呈しやすく、投球障害を引き起こす可能性が高くなったためだと考えられる。以上の事より、ステップ足の下肢筋力低下は投球障害につながると考えられ、20cm台からのSLUDテスト可能か否かが現場での一つの指標となる可能性が考えられた。対して軸足でのSLUDテストでは既往群・既往無し群の間に有意な差はなかった。ワインドアップ（以下、WU）から早期コッキング期（以下EC期）のフォーム不良として骨盤や体幹の後傾が挙げられる^{11,12)}。内田ら¹³⁾はEC期における不良な投球フォームは股関節の不良な運動が原因であることを報告している。本研究の結果を合わせると、WUからEC期の投球フォーム不良の原因として、軸足の支持性ではなく骨盤や体幹のアライメント、股関節の屈曲角度の影響を強く受ける可能性がある。

本研究の限界として、同時にハンドヘルドダイナモメーターやCybexなどでの客観的な筋力測定は行っていないため、どの筋力が低下していたかなどは不明である。また、中学生を対象としているため成長度合いが一定でないこと、身長が影響すること、SLUDテストを一つの機能評価として行っているため立ち上がる際の失敗なのか座る際の失敗なのかの詳細な調査が出来ていないことが挙げられる。さらにSULDテストは下肢の支持性を評価するもので、体の開きなど水平面上の動きを推定するための評価ではない。そのため本テストに加えいわゆる「体の開き」など水平面上のフォーム不良を推定するためのLST^{®)}やTRA^{®)}を追加することで、投球障害予防に対してより妥当な評価が可能になると考えられた。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) 飯田博己, 岩堀裕介. リトルリーグ肩. MB Med Reha. 2008;96: 1-11.
- 2) 伊藤博一, 河崎尚史, 井尻哲也ほか. 年齢別にみた投球動作の特徴(第二部)―加速期における下肢・股関節運動―. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2011; 19(3): 489-497.
- 3) Campbell, BM, Stodden, DF, Nixon, MK. Lower extremity muscle activation during baseball pitching. J Strength Cond Res. 2010; 24(4): 964-971.
- 4) 島田一志. 野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関するバイオメカニクス的研究. バイオメカニクス研究. 2000; 4(1): 47-60.
- 5) 村永信吾. 立ち上がり動作を用いた下肢筋力評価とその臨床応用. 昭和医会誌. 2001; 61(3): 362-367.
- 6) 山本利春, 村永信吾. 下肢筋力が簡便に推定可能な立ち上がり能力の評価. Sportsmedicine. 2002; 41: 38-40.
- 7) 上池浩一, 森 孝久, 藤岡宏幸ほか. 片脚立ち上がりテストにおける膝屈曲筋力の重要性について. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2016; 24(3): 415-420.
- 8) 坂田 淳, 鈴川仁人, 赤池 敦ほか. 投球時体幹回旋のタイミングに対する下肢バランス機能の重要性. 整スポ会誌. 2015; 35(1): 56-62.
- 9) 松井知之, 森原 徹, 平本真知子ほか. 投手に対する新しい下肢・体幹機能評価の試み―投球障害選手の身体特性に着目して―. 体力科学. 2014; 63(5): 463-468.
- 10) MacWilliams, BA, Choi, T, Perezous, MK et al. Characteristic Ground Reaction Forces in Baseball Pitching. Am. J. Sports Med. 1998; 26(1): 66-71.
- 11) 岩堀裕介. 成長期の投球障害への対応とアプローチ. 臨床スポーツ医学. 2012; 29: 67-75.
- 12) 近 良明, 塩崎浩之, 山本智章. 投球動作解析. 臨床スポーツ医学. 2005; 22: 1343-1351.
- 13) 内田智也, 大久保吏司, 松本晋太郎ほか. 投球動作のEarly Cocking期における軸足股関節の運動学・運動力学的特徴. 臨床スポーツ医学会誌. 2017; 25(1): 16-23.

(受付：2016年9月20日, 受理：2017年8月18日)

Relationship between muscle strength of the lower extremity and throwing injuries in youth league baseball players

Matsumoto, S.^{*1}, Furukawa, H.^{*1}, Komatsu, M.^{*1}

Uchida, T.^{*1}, Noda, Y.^{*1}, Ishida, M.^{*1}

Tsukuda, M.^{*1}, Okubo, S.^{*2}, Fujita, K.^{*1}

^{*1} Fujita Orthopaedic & Sports Clinic

^{*2} Department of Rehabilitation, Kobe Gakuin University

Key words: throwing injury, screening test, function of the lower extremity

[Abstract] The aim of the current study was to clarify the relationship between the muscle strength of the lower extremity, for which we devised a single leg up down test (SLUD test), and throwing injury. The subjects were 113 junior high school baseball players in Kobe who underwent a medical checkup at our Clinic. The SLUD test uses a series of 10 cm steps ranging in height from 10 to 40 cm. Starting with the highest step and working downward, a subject sitting on the step extends one leg, attempts to stand up, and then sits down on the same step again. A significantly smaller number of players who had suffered a throwing injury were able to perform the test using the 20 cm step. These results suggest that muscle weakness lead to throwing injury.