

中学野球選手における投球障害

原 著

肩発症に関連する四肢の可動性および筋タイトネス：1年間の前向きコホート研究

Mobility of extremities and muscle tightness associated with the development of throwing shoulder injury in junior high school baseball players: a one-year prospective cohort study

伊計拓真*¹, 坂植 航*¹, 筒井俊春*², 鳥居 俊*²

キー・ワード：throwing shoulder injury, mobility of extremities, muscle tightness
投球障害肩, 四肢の可動性, 筋タイトネス

〔要旨〕 (目的)

中学野球選手における四肢の可動性と筋タイトネスが1年後の投球障害肩発症に及ぼす影響を明らかにすること。

(方法)

対象は中学硬式野球選手とした。投球障害肩は投球時肩関節痛がある場合または整形外科医の診察にて肩関節に異常所見を認めた場合とした。調査項目は基本情報, 四肢可動性, 筋タイトネスとした。ベースライン測定から1年後に投球障害肩の有無を確認し発症群, 非発症群に群別した。各調査項目の群間比較には, 対応のないt検定またはMann-WhitneyのU検定を用いた。その後群間比較で $p < 0.25$ の変数を説明変数とするロジスティック回帰分析にて, 発症に関連する危険因子を検討した。

(結果)

解析対象47名中14名が発症群に該当した。身長, 体重, 肩関節・股関節・足関節可動性は2群間で有意差を認めなかった。対応のないt検定またはMann-WhitneyのU検定の結果, 非投球側下肢HBDは発症群が非発症群よりも有意に高値であった($p=0.007$)。ロジスティック回帰分析の結果, 非投球側下肢HBD高値が発症に関連する危険因子として抽出された(オッズ比: 1.201, 95%CI: 1.058-1.374)。

(考察)

発症の危険因子に非投球側下肢HBD高値が抽出された。投球には下肢, 体幹, 上肢を連動させる全身運動が必要であり, 潜在的な大腿直筋タイトネスは重心移動を妨げ, 肩関節へのストレス増加を招く危険性がある。

緒言

投球障害とは投球の反復により発生する疼痛や機能障害で, 肩関節や肘関節に多く発生する¹⁾。投球に伴う肩関節・肘関節の障害受傷から復帰に必

要な平均日数は肩関節74.3日, 肘関節52.1日であり, 競技離脱は特に肩関節で長期に及ぶ²⁾ため, 特に投球障害肩において発症の予防が重要である。投球障害肩のリスクファクターについては, 四肢関節の可動性やタイトネスといった身体の内的因子に着目し障害発症との関連を調査した報告が散見される。肩関節において, Glenohumeral internal rotation deficit (GIRD) と呼ばれる肩関節内旋可動域制限³⁾や外旋可動域制限⁴⁾, 肩関節後下方組織

*1 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

*2 早稲田大学スポーツ科学学術院

Corresponding author: 鳥居 俊 (shunto@waseda.jp)

の硬化⁵⁾は投球障害肩の発症リスクであるとされており、肩関節の局所的な問題と投球障害肩発症リスクの関連について広く調査されている。一方で、投球動作は下肢、体幹、上肢を連動させてボールにエネルギーを伝える全身の運動連鎖である⁶⁾ことから、下肢関節の可動性やタイトネスと投球障害との関連を調査した報告もある。Hamanoら⁷⁾は股関節可動域と投球障害の関連を調査し、投球障害発症には非投球側股関節屈曲・内旋可動域制限が関連したと報告している。また、遠藤ら⁸⁾は股関節可動域に加え大腿直筋およびハムストリングスのタイトネスと投球障害肩の関連を調査し、投球時痛を有する選手は股関節可動域制限、大腿直筋タイトネスを有していたと報告している。中学野球選手の成長過程における全身可動性の変化に着目した平本ら⁹⁾は、入学時と3年生時を比較すると、肩関節、股関節、頸部、体幹の可動性が減少すると報告している。

これまでの報告をまとめると、投球障害肩発症には肩関節の局所的な問題のみでなく、全身的な可動性を加味して発症のリスクファクターを調査する必要性が高い。また、中学野球選手は3年間で全身可動性が減少する⁹⁾ため、より長期的な可動性の変動と投球障害肩発症との関連を明らかにする必要がある。しかしながら、これまでの四肢関節における可動性や筋タイトネスと投球障害肩発症との関連を調査した研究は、横断研究または半年程度の調査期間に留まり^{5,7,8)}、また成長に伴い変動する全身可動性と投球障害肩発症との長期的な関係は明らかになっていない。そこで今回、中学野球選手における投球障害肩発症に関連する全身可動性を明らかにするため、1年間の前向きコホート研究を行った。

方法

1. 対象

日本ポニーベースボール協会所属チームに在籍している中学男子硬式野球選手を対象とした。対象者は全員未成年であるため、事前に保護者にも研究の目的や方法を十分に説明し、同意を得たうえで測定を行った。なお、本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した（承認番号：2021-218）。

2. 研究デザイン

対象の集団に対して1年間の前向きコホート調

査を実施した。ベースライン時において、自己記入式の質問紙を用いて身長・体重・競技開始年齢・自覚的な投球時の肩関節痛の確認を行った。その後、四肢の可動性および筋タイトネスの測定、同一の医師の診察による肩関節異常所見の確認を行った。医師の診察は、主に整形外科的徒手テストや圧痛の確認を実施した。基本項目として肩峰下インピンジメントテスト、肩関節下垂位外旋時痛の確認、上腕骨近位骨端線の圧痛の確認を行った。また、症状に応じ上腕二頭筋長頭腱の圧痛の確認、腱板筋の圧痛の確認、肩関節唇損傷の確認を行った。また、ベースライン測定から1年後に、同様の調査を行った。測定時期は、いずれもオフシーズン中にあたる3月に実施した。1年間の追跡が出来なかったもの、ベースライン時に自覚的な肩関節痛または肩関節異常所見を有していたものを除外基準とした。ベースラインから1年後のメディカルチェックにおける投球障害肩の有無により、発症群または非発症群に群分けした。

3. 測定方法

投球障害肩はOlsenら¹⁰⁾の基準を参考に、2週間以上続く投球時の肩関節痛を有している場合または整形外科医1名の診察の際に肩関節に異常所見を認めた場合とした。

四肢の可動性は、肩関節90°外転位での内旋および外旋角度（以下、2nd肢位内旋・外旋）、股関節90°屈曲位での内旋（以下、股関節内旋）、膝関節完全伸展位での足関節背屈角度を計測した。筋タイトネスは、肩関節においてはHorizontal Flexion Test（以下、HFT）を計測し、下肢においてはStraight Leg Raising（以下、SLR）、Heel Buttock Distance（以下、HBD）の計測を行った。2nd肢位内旋・外旋、股関節内旋、足関節背屈は日本整形外科学会・日本リハビリテーション学会の関節可動域測定法に準じ、背臥位にて測定を行った。HFTは原¹¹⁾に則り、背臥位で肩甲骨を固定し、肩関節水平屈曲角度を計測した。基本軸は肩峰を通る床への垂線、移動軸は上腕骨とした（**図1A**）。SLRおよびHBDはTorii¹²⁾の方法に則り計測した。SLRは背臥位にて膝関節伸展位で股関節を屈曲し、体幹長軸と下肢長軸のなす角を計測した（**図1B**）。HBDは腹臥位にて膝関節を屈曲し、大腿長軸と下腿長軸のなす角を計測した（**図1C**）。全身可動性の計測はそれぞれ抵抗感を感じる角度で、東大式角度計を用い1°単位で計測を行った。

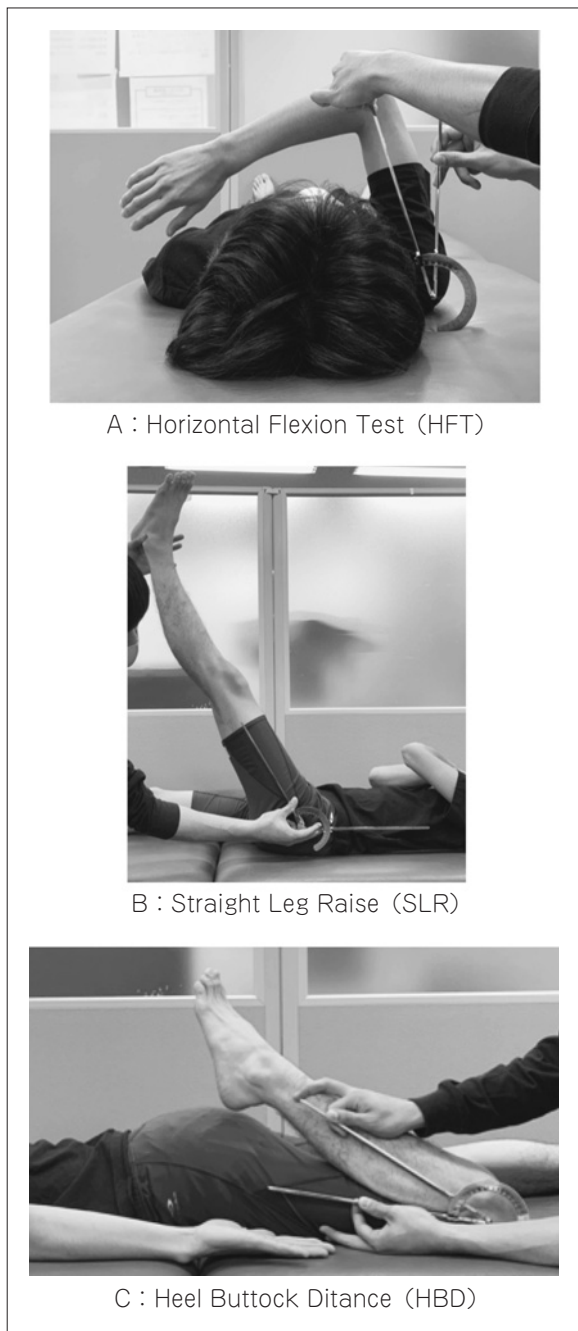


図1 筋タイトネスの測定方法 (A : Horizontal Flexion Test, B : Straight Leg Raise, C : Heel Buttock Distance)

4. 統計処理

ベースライン時における身長、体重、競技開始年齢、2nd 肢位内旋・外旋、股関節内旋、足関節背屈角度、HFT、SLR、HBD を解析に用いた。全てのデータは平均値±標準偏差で示した。統計解析ソフトウェア (SPSS Statistics 28, IBM, Japan) を用いて、統計処理を行った。Shapiro-Wilk 検定を用いて正規性の検定を行い、発症群と非発症群間の比較において、データの正規性が確認された場合

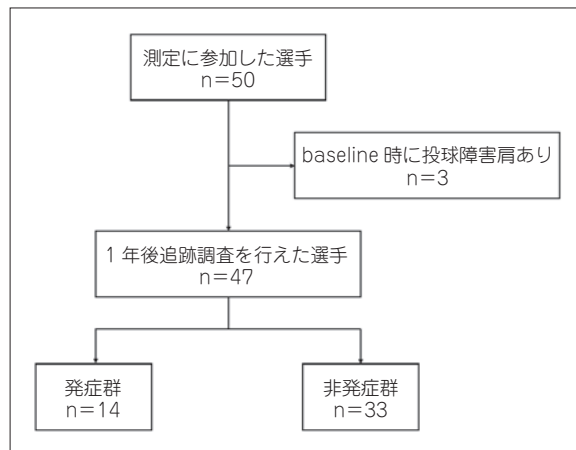


図2 対象者フローチャート

には対応のない t 検定を、確認されなかった場合には Mann-Whitney の U 検定を用いた。加えて、ロジスティック回帰分析を用いて、投球障害肩発症に関連する危険因子の検討を行った。ロジスティック回帰分析では、投球障害肩の有無を目的変数とし、対応のない t 検定もしくは Mann-Whitney の U 検定で $p < 0.25$ の変数を説明変数とした。統計学的有意水準はいずれも 5% 未満とした。

5. 結果

測定実施者 50 名中 3 名がベースライン測定時に投球障害肩を有していたため、解析から除外された。解析対象 47 名のうち、14 名が発症群に該当した(図 2)。なお、発症群 14 名中、投球時痛を認めたもの 7 名 (50%)、肩関節異常所見を認めたもの 7 名 (50%)、投球時痛を有し肩関節異常所見を認めたもの 4 名 (29%) であった。また、医師の診察により認められた異常所見の内訳としては、肩峰下インピンジメントテスト陽性 7 名 (50%)、肩関節下垂位外旋時痛を認めたもの 3 名 (21%)、上腕骨近位骨端線の圧痛を認めたもの 3 名 (21%)、肩関節唇損傷の疑い 2 名 (14%)、上腕二頭筋長頭腱の圧痛を認めたもの 1 名 (7%)、腱板筋の圧痛を認めたもの 2 名 (14%)、複合的な異常所見を認めたもの 5 名 (36%) であった。発症群と非発症群それぞれの基本情報、全身可動性の結果を表 1 に示す。なお、ポジションにおいては、発症群では投手 1 名、捕手 1 名、その他野手 12 名、非発症群では投手 2 名、捕手 2 名、その他野手 29 名であった。身長、体重、競技開始年齢の基本情報および 2nd 肢位内旋・外旋角度、股関節内

表 1 基本情報，四肢の可動性，筋タイトネス

	発症群 (n=14)	非発症群 (n=33)	P 値
年齢 (歳)	13.1 ± 0.6	12.9 ± 0.3	0.170
身長 (cm)	164.1 ± 5.8	163.3 ± 8.8	0.630
体重 (kg)	54.4 ± 8.3	53.9 ± 11.6	0.843
競技開始年齢 (歳)	8.1 ± 0.9	7.9 ± 1.2	0.485
HFT (°)			
投球側	12.9 ± 6.1	11.7 ± 6.9	0.580
非投球側	17.1 ± 7.5	15.2 ± 6.1	0.343
2nd 肢位内旋 (°)			
投球側	38.9 ± 17.2	46.5 ± 19.0	0.184
非投球側	49.6 ± 18.3	54.3 ± 19.0	0.435
2nd 肢位外旋 (°)			
投球側	129.1 ± 7.7	126.3 ± 9.1	0.367
非投球側	116.4 ± 10.3	116.3 ± 13.9	0.981
股関節内旋 (°)			
投球側	30.9 ± 12.1	34.5 ± 7.7	0.324
非投球側	31.1 ± 10.2	34.8 ± 8.3	0.21
SLR (°)			
投球側	70.7 ± 9.6	69.5 ± 10.5	0.145
非投球側	74.3 ± 6.6	75.0 ± 7.5	0.083
HBD (°)			
投球側	142.9 ± 9.3	148.5 ± 6.4	0.062
非投球側	141.8 ± 7.0	148.2 ± 6.2	0.007*
足関節背屈 (°)			
投球側	12.1 ± 5.1	10.5 ± 4.6	0.289
非投球側	11.6 ± 5.3	10.9 ± 5.1	0.689

*P<0.05

表 2 ロジスティック回帰分析

項目	オッズ比	95%CI	P 値
非投球側 HBD	1.206	1.058-1.374	0.005

旋角度，足関節背屈角度，HFT，SLR は 2 群間で有意な差を認めなかった。HBD は，非投球側において発症群の方が非発症群より有意に制限されていた (P=0.007)。また，ロジスティック回帰分析の結果より，投球障害肩の危険因子として，非投球側下肢の HBD の制限が抽出された(表 2；オッズ比：1.201, 95%CI：1.058-1.374)。

考 察

本研究は中学野球選手を対象に，1年間の前向きコホート研究にて，投球障害肩発症の危険因子を明らかにすることを目的とした。投球障害肩を発症した選手は 47 名中 14 名 (発症率 29.7%) であった。中学野球選手を対象とした障害調査¹³⁾で

は，投球時に肩関節痛を有する選手は 20.0% であったと報告されており，本研究の対象者は投球障害肩発症率が高い傾向にあった。しかし，この調査¹³⁾では自覚的な投球時の肩関節痛のみで障害発生率を調査しており，画像所見および理学所見による肩関節病変の確認を行っていないため，無症候性の肩関節病変を有する選手を抽出できていない可能性がある。Magnetic Resonance Imaging (MRI) を用いてリトルリーグ選手の肩関節病変を調査した Andrew¹⁴⁾らは，投球時痛のない選手のうち 52% に関節唇損傷や上腕骨頭の骨髄浮腫などの肩関節病変がみられたと報告している。本研究は自覚的な肩関節痛の確認のみでなく，医師の整形外科的徒手テストによる異常所見の確認も併

せて実施したため、無症候性の投球障害肩も一部検出することができたものと考えられる。投球障害肩の検出には自覚的な肩関節痛の確認のみでは不十分であり、理学所見や画像所見を含めた総合的な評価を行う必要があると思われる。

下肢関節の可動性および筋タイトネスについては発症群において非投球側下肢のHBDが有意に制限されており、投球障害肩の発症リスクとして抽出された。HBDは2関節筋である大腿直筋のタイトネスを反映する評価法である。投球動作中の下肢筋活動を調査したCampbell⁶⁾らは、非投球側大腿直筋はFoot contactからBall releaseにかけて、股関節伸筋と協働し非投球側下肢の支持に作用することで、安定した体幹と上肢の前方への回転に寄与すると述べている。また、平本⁹⁾は、中学野球選手の全身可動性と投球障害肩・肘の関係を横断的に調査し、非投球側HBDの制限はFoot contactからBall releaseにおける重心の前方移動を妨げ、代償として骨盤・体幹の回旋を早めることで肩関節への負荷を増加させる可能性があると考えられている。これらの報告から、非投球側大腿直筋は投球動作中の下肢の安定化において重要な役割を担っているものと考えられる。投球動作における下肢関節と肩関節キネマティクスとの関係を調査した調査したDun¹⁵⁾は、Foot contactからBall releaseにかけて膝関節屈曲角度が小さい選手は、大きい選手に比べ投球動作中の肩関節外旋角度が増加すると報告しており、投球動作中の下肢関節運動は肩関節へのストレス増加に寄与する可能性があると考えられる。投球動作中の肩関節キネマティクスと肩関節に加わるストレスの関係を調査したWerner¹⁶⁾らは、投球動作中の肩関節外旋角度の増加は肩関節への牽引ストレスを増加させ、肩甲上腕関節の動的安定性に関与する腱板筋群の損傷リスクが高まる可能性があるとして述べている。これらの報告をまとめると、HBDは膝関節屈曲角度により大腿直筋タイトネスを推定する評価法であり、本研究における発症群はFoot contactからBall releaseにかけて非投球側下肢の支持作用を有する大腿直筋にタイトネスを有していることで、膝関節屈曲角度の減少を招き、投球動作中の肩関節への負荷が増加し1年後に投球障害肩を発症したものと考えられる。

肩関節の可動性および筋タイトネスとして計測したHFT、2nd 肢位外旋および内旋可動域はベ-

スライン時において2群間で有意な差を認めなかった。肩関節後方タイトネスは、投球動作における肩関節障害発症のリスク因子¹⁷⁾として広く調査が行われている^{3,5)}。肩関節後方タイトネスの存在は上肢挙上時において上腕骨頭の前上方への変異を増大させ、腱板および肩峰下滑液包が存在する肩峰下腔を狭小化させる¹⁸⁾。高校生野球選手とソフトボール選手の2nd 肢位外旋・内旋、肩関節水平内転角度と投球障害肩発症の関連を調査したShanley¹⁹⁾は、2nd 肢位内旋の制限が発症に最も関連したとし、また2nd 肢位内旋角度において25°以上の制限がある選手はない選手と比較し投球障害肩発症リスクが4倍高いと報告している。本研究の対象は発症群において2nd 肢位内旋可動域が制限されている傾向はみられるものの、両群ともに2nd 肢位内旋可動域が25°以下であり、発症リスクを高めるほどの可動性制限を有していなかったものと考えられる。

本研究の限界として、1つ目に全身可動性の多寡が投球動作に及ぼす影響については調査が不十分である点が挙げられる。これまでの投球障害肩のリスクファクターを調査した先行研究では、四肢可動性やタイトネスとの関係を調査するもの^{3-5,7-9)}や三次元動作解析手法を用いて投球動作中の四肢関節運動との関係を調査するものが散見される^{15,16)}。本研究は前向き調査によって四肢可動性および筋タイトネスが投球障害肩発症に及ぼす影響について調査を行っているものの、可動性の制限やタイトネスの存在が投球動作をどのように変化させるかについては十分に検討できていない。今後は可動性および筋タイトネスの多寡が投球動作に与える影響について前向きの調査を行う必要があると思われる。2つ目に本研究は四肢可動性および筋タイトネスから投球障害肩発症リスクの検討を行っており、練習時間や投球数などの量的ストレスを考慮できていない。今後は身体特性の変化のみならず、量的ストレスやケアの時間なども含めた多角的な検討が必要であると思われる。

結 論

中学野球選手を対象とする1年間の前向きコホート調査から、非投球側HBDが制限されていることが、投球障害肩発症の危険因子であることが明らかとなった。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

伊 計 拓 真：Formal analysis；Writing original draft；Writing review & editing. 坂 榎 航：Data curation；Investigation. 筒井俊春：Data curation；Methodology；Supervision. 鳥 居 俊：Investigation；Methodology；Supervision

文 献

- 1) 奈良昌哉, 鈴木雄貴, 大場健裕, 他. 高校野球選手における投球障害予防への認識調査. 理学療法科学. 2021; 36: 409-413.
- 2) Ciccotti MG, Pollack KM, Ciccotti MC, et al. Elbow Injuries in Professional Baseball: Epidemiological Findings From the Major League Baseball Injury Surveillance System. *Am J Sports Med.* 2017; 45: 2319-2328 doi: 10.1177/0363546517706964.
- 3) Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, et al. Correlation of glenohumeral internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2011; 39: 329-335 doi: 10.1177/0363546510384223.
- 4) Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, et al. Deficits in Glenohumeral Passive Range of Motion Increase Risk of Shoulder Injury in Professional Baseball Pitchers: A Prospective Study. *Am J Sports Med.* 2015; 43: 2379-2385 doi: 10.1177/0363546515594380. Epub 2015 Aug 13.
- 5) Kobayashi E, Matsumoto H, Hayashi I, et al. Age-related changes in muscle elasticity around the shoulder joint in young male baseball players: A prospective longitudinal study. *J Orthop Sci.* 2020; 25: 582-587 doi: 10.1016/j.jos.2019.06.017.
- 6) Campbell BM, Stodden DF, Nixon MK. Lower extremity muscle activation during baseball pitching. *J Strength Cond Res.* 2010; 24: 964-971 doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cb241b.
- 7) Hamano N, Shitara H, Tajika T, et al. Relationship Between Upper Limb Injuries and Hip Range of Motion in Elementary and Junior High School Baseball Players. *Orthop J Sports Med.* 2021; 9: 2325967120970916 doi: 10.1177/2325967120970916.
- 8) 遠藤康裕, 中澤理恵, 坂本雅昭. 中学生野球選手における関節可動域及び筋柔軟性と投球時痛との関連. 理学療法群馬. 2014; 25: 14-18.
- 9) 平本真知子, 北條達也, 松井知之, 他. 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. 同志社大学スポーツ健康科学. 2012; 4: 1-4.
- 10) Olsen SJ 2nd, Fleisig GS, Dun S, et al. Risk factors for shoulder and elbow injuries in adolescent baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2006; 6: 905-912 doi: 10.1177/0363546505284188.
- 11) 原 正文. 復帰に向けて何を目安にどう選手に指導したらよいか—肩の投球障害を中心に—. 関節外科. 2003; 22: 1189-1194.
- 12) Torii S. Management and prevention for injuries of adolescent athletes in track and field. *Orthop Surg Traumatol.* 2000; 43: 1311-1318.
- 13) 一般財団法人全日本野球協会, 公益社団法人日本整形外科学会, 公益財団法人運動器の10年・日本協会. 平成28年度中学野球(軟式・硬式)実態調査報告書. 2017.
- 14) Pennock AT, Dwek J, Levy E, et al. Shoulder MRI Abnormalities in Asymptomatic Little League Baseball Players. *Orthop J Sports Med.* 2018; 6: 2325967118756825 doi: 10.1177/2325967118756825.
- 15) Dun S, Fleisig GS, Loftice J, et al. The relationship between age and baseball pitching kinematics in professional baseball pitchers. *J Biomech.* 2007; 2: 265-270 doi: 10.1016/j.jbiomech.2006.01.008.
- 16) Werner SL, Gill TJ, Murray TA, et al. Relationships between throwing mechanics and shoulder distraction in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2001; 29(3): 354-358 doi: 10.1177/03635465010290031701. PMID: 11394608.
- 17) Myers JB, Oyama S, Wassinger CA, et al. Reliability, precision, accuracy, and validity of posterior shoulder tightness assessment in overhead athletes. *Am J Sports Med.* 2007; 35: 1922-1930 doi: 10.1177/0363546507304142.
- 18) Harryman DT 2nd, Sidles JA, Clark JM, et al. Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Joint Surg Am.* 1990; 72: 1334-1343.
- 19) 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-

Mobility of extremities and muscle tightness associated with the development of throwing shoulder injury in junior high school baseball players: a one-year prospective cohort study

Ikei, T.^{*1}, Sakamaki, W.^{*1}, Tsutsui, T.^{*2}, Torii, S.^{*2}

^{*1} Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

^{*2} Faculty of Sport Sciences, Waseda University

Key words: throwing shoulder injury, mobility of extremities, muscle tightness

[Abstract] The purpose of this study was to identify risk factors for throwing shoulder injury. 50 junior high school baseball players were included in the study. Data were collected on baseline information, limb mobility, muscle tightness, and the development of throwing shoulder injury. 1 year after the baseline measurements, the same measurements were taken again, and the subjects were divided into 2 groups according to whether or not they had developed throwing shoulder injury. All data were compared between groups by t-test or Mann-Whitney's U test. The variables with $p < 0.25$ for between-group comparison were used as explanatory variables, and risk factors for throwing shoulder injury were analyzed by logistic regression analysis. 47 patients were included in the analysis, 14 of whom were in the throwing shoulder injury development group. The group with impaired shoulder had significantly restricted non-throwing side HBD ($p=0.007$), which was a risk factor for impaired shoulder (Odds ratio: 1.201, 95% CI: 1.058-1.374). Tightness of the rectus femoris muscle of the non-throwing lower extremity was found to be a risk factor for the development of throwing shoulder injury.