

投球肘障害を有する高校野球 選手の肩関節可動域および筋力の特性：10年 間のメディカルチェックで得られた467名の 選手の身体機能から

Shoulder joint range of motion and strength characteristics of high school baseball players with throwing elbow injury: from the physical function of 467 players from a 10-year medical check-up

西 亮介^{*1}, 小保方祐貴^{*1}, 釜谷邦夫^{*2}

キー・ワード：Elbow injury, Medical check, Physical function
投球肘障害, メディカルチェック, 身体機能

〔要旨〕 投球肘障害のリスク因子として身体機能低下がある。著者らは身体機能に関して下肢機能よりも上肢機能が投球肘障害に影響することを報告している。本研究の目的は網羅的に上肢機能を検査して投球肘障害との関係性を明らかにすることとした。467名の高校野球部員を対象とし、アンケートを基に疼痛群・非疼痛群の2群に分けた。検査項目は上肢機能検査として肩関節可動域（2nd内外旋・3rd内旋）・Hand Held Dynamometerを用いた肩関節筋力（外旋・内旋・挙上）・原による11項目、肘関節屈伸可動域・肘関節ストレステストを測定した。群間比較をMann-WhitneyのU検定・カイ二乗検定を用い、有意水準5%とした。肩関節2nd内外旋・3rd内旋・肘関節屈曲・伸展可動域、肩関節内外旋筋力、肘関節ストレステストにおいて疼痛群で有意差を認めた。

■ 緒言（はじめに）

投球動作は、一般的には、Wind-Up, Early-Cocking, Late-Cocking, Acceleration, Deceleration, Follow-Throughの6相に分類される^{1,2)}。Late-Cockingは、ステップ脚の地面の接地時から肩関節最大外旋位（Maximum External Rotation；以下、MER）を示すまでの期間である。AccelerationはMERからBall Release（以下、BR）するまでの期間である。DecelerationはBRから肩関節最大内旋位（Maximum Internal Rotation；以下、MIR）を示すまでの期間であり、Follow-

ThroughはMIR後から腕を振り切るまでの期間である。この投球相のうち、Late-CockingからAccelerationにおいて投球肘障害が発生することが報告されている³⁾。Fleisigら⁴⁾は、MER時に中学生28Nm、高校生48Nm、大学生55Nm、プロ野球選手64Nmの最大肘外反トルクが発生すると報告しており、Adamら⁵⁾は、MER時の肘外反トルクがその後の投球肘障害を引き起こす唯一のリスク因子であることを報告している。このことから、MER時の肘外反トルクの増加は投球肘障害の特徴的な力学的パラメーターであり、肘内側側副靱帯へ度重なる過剰な肘外反トルクが加わることで肘内側側副靱帯損傷や裂離骨折などが発生するとされている^{1,6)}。

著者らはMER角度と肘外反トルクの関係性を報告⁷⁾しており、先行研究⁸⁾ではMER角度と肩関

*1 東前橋整形外科病院リハビリテーション科

*2 東前橋整形外科病院整形外科

Corresponding author：西 亮介 (ryou05252424@yahoo.co.jp)

節 2nd 外旋可動域の関係性を報告している。そのため、肩関節可動域が投球肘障害に及ぼす影響が示唆される。

また、投球肘障害のリスク因子として関節可動域 (Range of motion ; 以下, ROM) に限らず筋力や柔軟性をはじめとした身体機能低下が報告されている^{6,9,10)}。

著者らは身体機能に関して下肢機能よりも上肢機能が投球肘障害に影響することを報告している¹¹⁾。上肢機能検査として原は投球障害の 11 項目のテストを提唱し¹²⁾ その有用性については諸家により報告されている^{13,14)}。これらの先行研究^{13,14)}では 100 名前後を対象としておりパフォーマンスレベルも一定していない。そのため、本研究の目的は網羅的に上肢機能検査を長期間実施してハイパフォーマンスレベルの高校野球選手における投球肘障害との関係性を明らかにすることとした。

■ 対象および方法

1. 対象

メディカルチェック当日に投球に支障をきたす外傷・障害がない硬式野球部全国大会出場レベルの健常高校野球選手を対象とした。本研究の対象である野球部は全国大会優勝をはじめとした全国大会で上位の成績を収めているチームであり、ハイパフォーマンスの野球選手となる。練習頻度・時間は週 6 回で、1 回につき約 4~5 時間であった。除外基準は、本研究の参加に関して同意が文書で得られないもの、部活動に参加できていないもの、医学的処置なしに投球動作を実施できないもの、検査当日に肩関節痛を有するもの、医師の判断により対象として不適当と判断されたものとした。なお、本研究は東前橋整形外科病院倫理委員会の承認を得た。本研究の参加に際し、全ての対象者、対象者の保護者もしくは保護者と同等のものには、ヘルシンキ宣言に従い、研究の趣旨、内容、および調査結果の取り扱いなどに関して口頭および文書にて説明して、書面にて参加の同意を得た。なお、メディカルチェックは野球がオフシーズンの冬季にすべて実施した。

2. 方法

全対象者に対し部活動時通常ウォーミングアップ終了後に、問診およびアンケート調査を行い、身体機能検査を行った。身体機能検査に関しては事前に十分な練習を行った上で整形外科勤務の経

験豊富な理学療法士が実施した。なお、本研究では先行研究^{6,9~14)}を参考に投球障害との関連が報告されている身体機能検査項目を選定した。以下に詳細を示す。

1) 基本属性

身長、体重、野球歴、ポジション、年齢、投打の利き側、現病歴、既往歴、除外基準に関する項目を聴取した。なお、現病歴に関しては肘関節内側の疼痛の有無を聴取した。

2) 関節可動域

東大式ゴニオメーターを用いて肩関節 90 度外転位肘関節 90 度屈曲位での肩関節外旋 (肩関節 2nd 外旋)、肩関節 90 度外転位肘関節 90 度屈曲位での肩関節内旋 (肩関節 2nd 内旋)、肩関節 90 度屈曲位肘関節 90 度屈曲位での肩関節内旋 (肩関節 3rd 内旋)、肘関節屈曲および伸展の他動 ROM を測定した。これらの ROM の測定は 1 度刻みで行われた。

3) Hand Held Dynamometer を用いた肩関節筋力

Hand Held Dynamometer (以下, HHD) (アニマ社製, μ Tas F-1) を使用し、肩関節下垂位外旋、肩関節下垂位内旋、肩関節 30 度外転位挙上筋力を計測した (図 1)。

4) 原テスト¹²⁾

原テストは以下のように施行判定を行った。

①Scapula Spine Distance (以下, SSD) : 肩甲骨の内側縁と脊柱棘突起間を計測し、左右差が 1cm 以上のものを陽性。②Combined Abduction Test (以下, CAT) : 背臥位で肩甲骨を徒手的に固定し上肢を外転。内側上顆と耳垂の距離が非投球側と比較し 1cm 以上あるものを陽性。③Horizontal Flexion Test (以下, HFT) : 背臥位で肩甲骨を徒手的に固定して肘屈曲位で上肢を水平屈曲し、橈骨茎状突起と床の距離が非投球側と比較し 1cm 以上あるものを陽性。④肩関節下垂位外旋筋力 (External Rotation Strength ; ERS) : 座位にて肘関節 90 度屈曲位、前腕中間位で被検者の手背に対して検者が内旋方向に最大徒手抵抗を加え、抵抗に抗せないものを陽性。⑤肩関節下垂位内旋筋力 (Internal Rotation Strength ; IRS) : 座位にて肘関節 90 度屈曲位、前腕中間位で被検者の手掌に対して検者が外旋方向に最大徒手抵抗を加え、抵抗に抗せないものを陽性。⑥肩関節 30 度外転位挙上筋力 (Elevation Strength ; ES) : 座位にて肩関

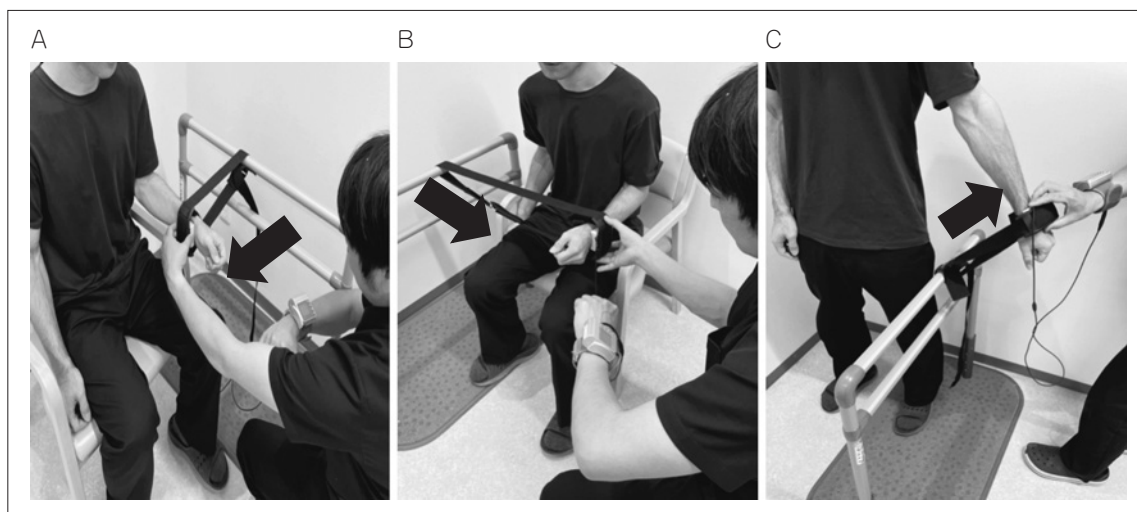


図1 肩関節筋力

HHDを使用し，A；肩関節下垂位内旋，B；肩関節下垂位外旋，C；肩関節30度外転位挙上筋力を計測

節を肩甲骨面上30度挙上位，前腕中間位で被検者の前腕遠位に対して検者が下方に最大徒手抵抗を加え，抵抗に抗せないものを陽性。⑦肩不安定性テスト：サルカステストと共にload and shift testを前方後方に施行し，サルカステストとload and shift testの一方でもGradeの数値が1以上のものを陽性，0のものを陰性。⑧Hyper External Rotation Test（以下，HERT）：背臥位で肩外転・水平伸展位とし他動的に過外旋を強制し疼痛があるものを陽性。⑨Impingement Test：Neer，Hawkinsの手技の内一つでも陽性のものを陽性。⑩Elbow Extension Test（以下，ET）：座位で肘屈曲100度以上から徒手抵抗下に肘を自動伸展させ投球側の脱力が生じたものを陽性。⑪Elbow Push Test（以下，EPT）：座位で肩関節屈曲90度，内旋90度，肘屈曲90度で肘頭に徒手抵抗を加え投球側の脱力を生じたものを陽性とした。なお，CAT・HFTの測定は理学療法士3名が1チームになって行い，背臥位にて1名が肩甲骨を固定，1名が上肢を測定肢位まで動かし，1名が定規を用いて0.1cm単位で計測した。また，大沢ら¹³⁾はCAT・HFTの判定基準を“明らかに投球側で低下したもの”としているため本研究では1cm以上低下したものを陽性と判定した。

5) 肘関節ストレステスト

ストレステストは肘外反ストレステストを実施し，対象者が肘関節内側に疼痛を訴えた場合を陽性とした。なお，この際の肘関節は30度屈曲位とした。

6) 統計解析

アンケートを基に肘関節内側に疼痛を有するものを疼痛群，疼痛を有していないものを非疼痛群の2群に分けた。統計ソフトはR4.0.2を使用し，群間比較をMann-WhitneyのU検定・カイ二乗検定を用い，有意水準5%とした。

結 果

1. 基本属性

高校野球部員は2014年から2023年までの間で延べ588名であったが，そのうち除外基準に当てはまるものは121名であった。対象者は合計467名（右投げ395名，左投げ72名，投手131名，捕手40名，内野手156名，外野手140名）となった。対象者の平均年齢は 16.4 ± 0.5 歳，平均身長は 172.6 ± 5.8 cm，平均体重 71.0 ± 6.8 kgであった。対象者から得られた情報の平均値と標準偏差を表1に示す。アンケート結果から疼痛群92名（19.7%），非疼痛群375名（80.2%）であった。ポジション別の疼痛群の割合は，投手が131名中32名（24.4%），捕手40名中5名（12.5%），内野手156名中23名（14.7%），外野手140名中32名（22.8%）であった。

2. 関節可動域（表2）

2nd外旋可動域は疼痛群113.3度，非疼痛群123.5度，2nd内旋可動域は疼痛群40.8度，非疼痛群55.1度，3rd内旋可動域は疼痛群96.0度，非疼痛群110.3度，肘関節屈曲可動域は疼痛群141.8度，非疼痛群145.2度，肘関節伸展可動域は疼痛群

表 1 基本属性

(Mean ± SD)

	全例 (n = 467)	疼痛群 (n = 92)	非疼痛群 (n = 375)	p
年齢	16.4 ± 0.5	16.6 ± 0.5	16.4 ± 0.5	p < 0.05
身長 (cm)	172.6 ± 5.8	173.0 ± 5.7	172.0 ± 5.8	0.46
体重 (kg)	71.0 ± 6.8	71.8 ± 5.9	70.8 ± 7.0	0.17

SD : Standard Deviation

n.s. : not significant

表 2 身体機能

(Mean ± SD)

		全例 (n = 467)	疼痛群 (n = 92)	非疼痛群 (n = 375)	p
可動域	肩関節 2nd 外旋 (度)	121.5 ± 18.0	113.3 ± 17.4	123.5 ± 17.5	p < 0.01
	肩関節 2nd 内旋 (度)	52.3 ± 28.1	40.8 ± 26.8	55.1 ± 27.7	p < 0.01
	肩関節 3rd 内旋 (度)	107.5 ± 25.7	96.0 ± 25.4	110.3 ± 25.0	p < 0.01
	肘関節屈曲 (度)	144.7 ± 5.4	141.8 ± 6.6	145.2 ± 5.0	p < 0.01
	肘関節伸展 (度)	2.4 ± 5.6	0.7 ± 5.9	2.8 ± 5.4	p < 0.01
筋力	外旋筋力 (N)	125.3 ± 31.0	114.4 ± 26.6	128.1 ± 31.4	0.17
	内旋筋力 (N)	184.4 ± 56.4	165.1 ± 48.3	190.0 ± 57.2	p < 0.01
	拳上筋力 (N)	122.1 ± 29.1	117.1 ± 24.1	123.4 ± 30.1	0.57
肘外反ストレステスト陽性率 (%)		9.8	29.3	5.0	p < 0.01
原テスト合計点		7.0 ± 1.5	7.0 ± 1.5	7.0 ± 1.5	0.95
原テスト 陽性率	SSD (%)	27.4	25.0	28.0	0.56
	ET (%)	58.2	53.2	59.4	0.27
	EPT (%)	46.6	41.3	48.0	0.24
	CAT (%)	57.1	65.2	55.2	0.08
	HFT (%)	66.8	66.3	66.9	0.90
	HERT (%)	6.2	4.3	6.6	0.40
	肩関節不安定性 (%)	19.2	15.2	20.2	0.27
	インピンジメント (%)	22.4	21.8	22.6	0.84
	ERS (%)	35.7	50.0	32.2	p < 0.01
	IRS (%)	3.2	5.4	2.6	0.17
	ES (%)	33.6	39.1	32.2	0.21

SD : Standard Deviation

SSD : Scapula Spine Distance

ET : Elbow Extension Test

EPT : Elbow Push Test

CAT : Combined Abduction Test

HFT : Horizontal Flexion Test

HERT : Hyper External Rotation Test

ERS : External Rotation Strength

IRS : Internal Rotation Strength

ES : Elevation Strength

0.7 度, 非疼痛群 2.8 度で疼痛群が有意に低値を示した (p < 0.01).

3. 肩関節筋力 (表 2)

下垂位肩関節内旋筋力が疼痛群 165.1N, 非疼痛群 190.0N と疼痛群が有意に低値を示した (p < 0.01). その他, 筋力では有意差を認めなかった.

4. 原テスト (表 2)

原テスト陽性率においては, 外旋 MMT が疼痛群 50%, 非疼痛群 32% で疼痛群の陽性率が高かった (p < 0.01). その他, 項目や原テスト合計点で有意差を認めなかった.

5. 肘関節外反ストレステスト（表2）

疼痛群29%，非疼痛群5%で疼痛群において有意に陽性率が多かった（ $p<0.01$ ）。

■ 考 察

本研究は全国優勝の経験がある高校野球部に所属する健常高校野球選手を対象とした研究であり、延べ400名を超える調査である。対象は1チームではあるが、全国トップレベルの高校生の身体機能検査を長期間に渡りメディカルチェックを実施し投球障害肘と身体機能の関係性を調査したのが本研究の特徴である。

本研究は横断研究であるため投球肘障害発生のメカニズムや因果関係は不明であるものの肩関節ROMおよび肩関節筋力が投球障害肘に関係する事が認められた。今回、身体機能検査で有意差を認めた(1)肩関節2nd外旋可動域、(2)肩関節2nd内旋および肩関節3rd内旋可動域、(3)下垂位内旋筋力および肩関節外旋MMTについて以下に考察をしていく。

(1)肩関節2nd外旋可動域については、疼痛群は肩関節2nd外旋可動域が有意に減少していた。先行研究では肩関節2nd外旋可動域とMERの正の相関関係が報告⁸⁾されていることから肩関節2nd外旋可動域が減少するとMER角度が減少すると考えられる。我々はMER角度が減少すると肘外反トルクが増加すると報告している⁷⁾。すなわち、肩関節2nd外旋可動域減少によって投球時の肘関節へのストレスが増加するため肘関節の疼痛を発生させた可能性がある。

宮下¹⁵⁾は肩関節2nd外旋可動域に対する相対的なMER角度増加は肘外反トルクの増加を引き起こすと報告しており、肩関節2nd外旋可動域が120度の選手がMERで160度を呈した場合よりも、肩2nd外旋可動域が100度で、MERが160度の選手の方が肘外反ストレスは大きくなる可能性があると述べている。今後は、肩2nd外旋可動域のみではなくMER角度も含め、相対値で検討することが必要である。さらにMER角度は純粹な肩甲上腕関節の運動ではなく肩甲帯や胸郭および胸椎の動き¹⁶⁾も含まれるため肩関節2nd外旋可動域のみならずMER時を再現するような胸椎・肩甲骨を含めた検査項目の考案が必要である。

(2)肩関節2nd内旋および肩関節3rd内旋可動域については疼痛群において有意に減少してい

た。一般的に投球時の肩関節内旋運動はBRからMIRで生じる。この肩関節内旋運動時には肩関節外旋筋群でブレーキをかける¹⁷⁾。本研究の結果から肩関節外旋筋群のタイトネスが生じており、投球時のブレーキ作用をより多く使用していたことが予想される。先行研究¹⁸⁾では肩関節のトルクが増加すると肘関節のトルクも増加すると報告されており、本研究の疼痛群は不適切な投球動作を繰り返していたことで肩関節外旋筋群のタイトネスが生じ、結果的に肘関節の疼痛が発生させた可能性がある。

(3)下垂位内旋筋力および肩関節外旋MMTについては、肩関節筋力において内旋筋力が疼痛群で有意に低下していた。しかし、原テストにおける肩関節筋力テストにおいては内旋筋力に有意差を認めず、外旋筋力に有意差を認めた。HHDを用いた定量的な評価と徒手的なブレイクテストの評価の違いがあるため同一の筋力評価として捉えるのは難しいが、肩関節筋力は何らかの影響を肘関節の疼痛と関連していると考えられる。先行研究で直接的な因果を報告しているものはないものの肩関節筋力も投球肘障害に関連することが明らかになった。

その一方で原テスト合計点は有意差を認めなかった。原テストはあくまでも競技復帰の基準であるため投球肘障害との関連が認められなかった可能性がある。しかし、2群の平均値はともに復帰基準の点数に至っていない。そのためメディカルチェック時点で疼痛を訴えていないものの今後、投球肘障害が発生する可能性も考えられる。

本研究はあくまでもメディカルチェック当日に疼痛を有するものが疼痛群と群分けしている。現時点での疼痛を有するものの特徴であり、疼痛を有しているから今回の身体機能となったのか、今回の身体機能のものが疼痛を引き起こすのかは不明である。しかし、他の論文で考察されているように、本研究では多数例のハイパフォーマンスレベルの高校生でもその結果は同様であり、少なくとも本研究の結果は可動域や筋力、上肢機能の最低限の目安として捉えても良いと考えられる。

本研究の限界は、投球障害の要因の一つである投球数に関する調査は行っていない点が挙げられる。1日あたりの平均投球数、1週間あたりの練習日数、プレーの合計時間（練習とゲーム）は不明である。本研究は日本の高校野球1チームの追

跡調査であり，異なる人種やパフォーマンスレベルを対象とした場合には適応しない可能性が挙げられ，他のチームにも当てはまる結果かどうかはわからない．さらに本研究では横断的な研究であり各身体機能と投球肘障害の関係を明らかにしたが，因果を明らかにすることはできていない．今後は身体機能の経時的変化と疼痛の推移を確認していくことが必要である．

■ 結語（まとめ）

投球肘障害を有するものは肩関節可動域および肩関節筋力が低下している．

謝 辞

本研究の測定にあたって，ご協力を頂いた被検者および被検者の関係者の皆様ならびに測定のご協力を頂きました皆様に深く御礼申し上げます．

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

西亮介；Writingoriginal draft

小保方祐貴；Supervision

釜谷邦夫；Writingreview & editing

文 献

- 1) DiGiovine NM, Jobe FW, Pink M, et al. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elbow Surg.* 1992; 1: 15-25.
- 2) Escamilla R, Fleisig G, Barrentine S, et al. Kinematic and kinetic comparisons between American and Korean baseball pitchers. *Sports Biomech.* 2002; 1: 213-228.
- 3) 高原政利. 肘関節内側副靱帯損傷(障害). *臨床スポーツ医学.* 2009; 26: 517-522.
- 4) Fleisig G, Barrentine S, Zheng N, et al. Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *J Biomech.* 1999; 32: 1371-1375.
- 5) Adam W, Brandon D. Correlation of torque and elbow injury in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2010; 38: 1368-1374.
- 6) Tajika T, Kobayashi T, Yamamoto A, et al. A clinical and ultrasonographic study of risk factors for elbow injury in young baseball players. *J Orthop Surg.* 2016; 24: 45-50.
- 7) 西 亮介, 小保方祐貴, 釜谷邦夫. 高校野球選手における投球動作中の肘外反トルクに影響を与える因子の検討. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2022; 30: 342-349.
- 8) Miyashita K, Urabe Y, Kobayashi H, et al. Relationship between maximum shoulder external rotation angle during throwing and physical variables. *J Sports Sci Med.* 2008; 7: 47-53.
- 9) Joshua SD, Joshua BF, Meredith A, et al. Glenohumeral internal rotation deficits in baseball players with ulnar collateral ligament insufficiency. *Am J Sports Med.* 2009; 37: 566-570.
- 10) Saito M, Kenmoku T, Kameyama K, et al. Relationship between tightness of the hip joint and elbow pain in adolescent baseball players. *Orthop J Sports Med.* 2014; 2: 1-6.
- 11) 西 亮介, 小保方祐貴, 山路雄彦. 投球障害を有する高校野球選手における上下肢機能の特性:投球動作を再現した下肢機能に着目して. *理学療法群馬.* 2017; 28: 19-27.
- 12) 原 正文. 投球肩障害の診察法(メディカルチェックを中心として). *骨・関節・靱帯.* 2007; 20: 301-308.
- 13) 大沢敏久, 高岸憲一, 小林 勉, 他. 原テストによる高校野球投手のメディカルチェック. *肩関節.* 2007; 31: 437-439.
- 14) 吉田雅人, 大藪直子, 土屋 篤, 他. 原テストによる少年野球選手のメディカルチェック:肘の疼痛及び障害との関連について. *肩関節.* 2010; 34: 907-910.
- 15) 宮下浩二, 渡辺幸夫, 小林寛和, 他. 投球障害肘を生じた野球選手の投球動作における肩関節外旋運動. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2007; 15: 250-256.
- 16) Miyashita K, Koshida S, Koyama T, et al. Biomechanical characteristics of scapular and glenohumeral movements during pitching motion in injury-prone college baseball pitchers. *Phys Ther Res.* 2023; 26: 89-97.
- 17) Calabrese GJ. Pitching mechanics, revisited. *Int J Sports Phys Ther.* 2013; 8: 652-660.
- 18) 谷本道哉, 吉岡伸輔, 瀬戸口芳正, 他. 野球投球動作の肩関節周りの発揮トルク・稼働範囲と肩・肘関節傷害リスクとの関係. *近畿大学生物理工学部紀要.* 2013; 31: 31-46.

(受付：2024年5月10日，受理：2024年9月6日)

Shoulder joint range of motion and strength characteristics of high school baseball players with throwing elbow injury: from the physical function of 467 players from a 10-year medical check-up

Nishi, R.^{*1}, Obokata, Y.^{*1}, Kamatani, K.^{*2}

^{*1} Higashimaebashi Orthopedic Hospital Rehabilitation

^{*2} Higashimaebashi Orthopedic Hospital Orthopedic

Key words: Elbow injury, Medical check, Physical function

[Abstract] Impaired physical function is a risk factor for throwing elbow injury. The authors have reported that upper limb function affects throwing elbow injury more than lower limb function in terms of physical function. This study aimed to clarify the relationship between upper limb function and throwing elbow injury by comprehensively examining upper limb function. 467 high school baseball players were included in the study and were divided into two groups, a pain group and a pain-free group, based on a questionnaire. The examination items were shoulder joint range of motion (2nd internal/external rotation, 3rd internal rotation), shoulder joint muscle strength (internal rotation, external rotation, and elevation) using a hand-held dynamometer, 11 items by Hara, elbow joint flexion-extension range of motion, and elbow joint stress test as upper limb functional tests. Mann-Whitney's U and chi-square tests were used to compare groups at a significance level of 5%. Significant differences were found in the 2nd internal and 3rd external rotation range of motion of the shoulder joint, elbow joint flexion-extension range of motion, shoulder joint internal and external rotation muscle strength, and elbow joint stress test in the pain group.