

2017年度 立教大学博士学位論文  
博士（スポーツウエルネス学）

投球障害肩に関与する身体機能因子とカットオフ値の検討  
—有症状群と無症状群の比較—

2017年12月

立教大学大学院 コミュニティ福祉学研究科  
コミュニティ福祉学専攻 博士課程後期課程

15WD002F 川井 謙太郎

指導教授 加藤 晴康  
副指導教授 沼澤 秀雄・石井 秀幸

# 目次

第 I 章 緒論	1
第 II 章 研究 1	
上腕骨頭後捻角度（後捻角）の測定方法の信頼性	4
第 1 節 目的	4
第 2 節 対象	4
第 3 節 方法	4
第 4 節 結果	6
第 5 節 結語	6
第 III 章 研究 2	
Hand-Held Dynamometerを使用した肩関節・肩甲帯周囲筋の筋力測定方法の信頼性	6
第 1 節 目的	6
第 2 節 対象	6
第 3 節 方法	6
第 4 節 結果	7
第 5 節 結語	8
第 IV 章 研究 1, 研究 2 の結論	9
第 V 章 研究 3	
投球障害肩に関与する身体機能因子とカットオフ値の検討	9
第 1 節 目的	9
第 2 節 対象	9

第3節 方法	10
第4節 結果	25
第5節 考察	29
第VI章 結語	37
第VII章 本研究の限界と今後の課題	38
引用文献	39
謝辞	44

## 第 I 章 緒論

投球障害肩は投球動作の反復によって引き起こされる肩関節疾患の総称である<sup>1,2)</sup>。若い投手では32%に投球障害肩が存在するとされ<sup>3)</sup>、その発生率は高校生において練習1000回あたり0.18件と報告されている<sup>4)</sup>。また、高校野球選手のスポーツ外傷・障害は肩関節、肘関節、腰部の順に多く<sup>5)</sup>、高校野球選手を対象とした大規模調査（1489例）では、選手全体の約18%が肩関節痛を有していたという報告もある<sup>6)</sup>。全身の運動連鎖から成り立つ投球動作では、上肢帯のみならず下肢の柔軟性や体幹の安定性、さらに、良好な投球フォームの獲得などが重要である<sup>7,8)</sup>。これらのうち、いずれかに問題が生じると運動連鎖に破綻をきたし、非効率的な投げ方となり、投球側の肩関節に過度の負担がかかり疼痛をきたす投球障害肩を生ずることが知られている<sup>9)</sup>。このように投球障害肩の発生原因には複数の要因（上肢帯・体幹・下肢機能、投球フォーム）が関与していることが多く、さらに通常は投球動作時のみ症状を呈するため、その病態を正確に把握することは容易ではない<sup>10)</sup>。

そこで近年、野球選手、また、投球障害肩症例の身体的特徴に関する多くの研究がなされている。全身のいずれかの部位の機能異常により、投球動作における運動連鎖の破綻を肩甲上腕関節が代償するため、同部に過剰な負荷がかかり、投球動作時の肩関節の痛みとして投球障害肩が発症することも一つの原因であることが最近の研究で指摘されている<sup>11)</sup>。また、肩甲骨周囲筋の柔軟性の低下などにより肩甲胸郭関節が正しく機能しなくなると、肩甲上腕関節にかかる負荷が増大し、投球時の肩痛の原因にもなるため、肩甲上腕関節のみならず肩甲胸郭関節の機能も重要であることも明らかとなっている<sup>12)</sup>。さらに、肩関節後方タイトネス（Posterior Shoulder Tightness：以下、PST）は、投球動作における肩関節障害の原因の一つとして注目されてきている<sup>12)</sup>。投球動作の減速期には肩関節に大きな負の角加速度と圧縮力が生じ、これが肩関節後方組織にストレスを与えてPSTが形成されると考えられている<sup>13,14)</sup>。PSTの存在は、投球動作中において上腕骨頭を前上方へ偏位させ<sup>15)</sup>、肩峰下インピンジメントなどの二次的なさまざまな投球障害をもたらす。投球障害肩においては、このような症状が顕著に現れるとされている<sup>15)</sup>。これらの要因のほか、原<sup>16)</sup>、新宮ら<sup>17)</sup>は、肩関節回旋筋腱板（inner muscle）と肩甲骨周囲筋（outer muscle）の機能的なimbalanceが直接的、間接的に投球障害肩を引き起こす原因としており、また体幹、下肢の機能低下が投球障害肩と強く関連する<sup>7,8)</sup>など、投球障害肩の要因に関する多くの因子が指摘されている。

現在までの先行研究では、投球動作時の肩関節に痛みのない野球選手（無症状群）の投球側と非投球側の身体機能比較、投球障害肩症例（有症状群）の投球側と非投球側の身体機能比較、有症状群と無症状群の身体機能の比較が行われ、さらに、前述のような投球障害肩に関与する因子などが研究され、さまざまな見解が指摘されている。しかし、これらの結果は報告者によって相違が多く、未だ統一された見解はない。

野球選手における肩関節の身体所見の代表的な特徴として、投球側と非投球側間における肩関節回旋可動域の相違がある。野球選手の投球側肩関節回旋可動域は、外旋可動域が大きくなる一方、内旋可動域は小さくなるといった特徴があることが多数報告されている<sup>18,19)</sup>。とくに、肩関節90°外転位、肘関節90°屈曲位、前腕回内外中間位（以下、2nd肢位）での内外旋可動域は、肩軟部組織の病態を動的かつ客観的に評価できる重要な指標と

考えられている<sup>18,20)</sup>。しかし、2nd 肢位での外旋可動域が大きく、内旋可動域が小さくなる要因としては、上腕骨(頭)後捻角といった骨性の影響によるものとする報告や<sup>10,19,21,22)</sup>、肩軟部組織によるものとする報告など<sup>23,24)</sup>があり、未だ一定した見解が得られていない。ヒトの上腕骨頭は近位骨端線付近で後捻しており<sup>10,25)</sup>、その後捻角は胎生期には約 80° であるが、成長に伴い減捻し、成長終了時には 30° 程度になること<sup>22,26)</sup>が明らかにされている。この上腕骨頭が最も減捻する期間とされている 4~12 歳頃<sup>26)</sup>から野球を開始した選手では、繰り返す投球動作によって、上腕骨頭の生理的な減捻が抑制され、上腕骨後捻角は投球側が非投球側に比べて大きくなるのが指摘されている<sup>27,28,29)</sup>。一方、肩軟部組織の病態については、近年、腱板あるいは関節唇の損傷には、肩前方関節包靭帯(肩甲上腕靭帯、烏口上腕靭帯)の弛緩あるいは肩後方関節包の拘縮が関わっていることが指摘され、野球選手においてもこれらの前方、後方肩軟部組織の病態を評価することが重要であるとされている<sup>10,18,20,30)</sup>。2nd 肢位での肩関節内旋可動域が小さくなる原因は、肩後方軟部組織の伸張性低下によるものとされており<sup>31,32,33)</sup>、これが過度になると投球障害が生じる<sup>34,35,36)</sup>。肩軟部組織の病態は、関節造影 Computed Tomography (CT)、Magnetic Resonance Imaging (以下、MRI)などの画像検査<sup>37,38)</sup>や肩関節回旋可動域、Combined Abduction Test や Horizontal Flexion Test を主とした原テストなどの理学的所見<sup>16,39)</sup>によって評価されているが、とくに、2nd 肢位での肩関節回旋可動域は、肩軟部組織の病態を動的かつ客観的に評価できる重要な指標と考えられている<sup>18,20)</sup>。しかし、2nd 肢位での肩関節回旋可動域には、前述のような上腕骨(頭)後捻角が影響するため、この角度を加味した回旋可動域を評価する必要があるが、上腕骨後捻角を測定する手法が確立されていないために、身体計測上、得られた可動域が上腕骨後捻角、軟部組織のいずれかの影響を受けているかについては不明である。さらに、投球動作時に痛みのある投球障害肩症例についても 2nd 肢位での肩関節回旋可動域に関してほとんど検討がなされていない。そこで著者<sup>40)</sup>は、平均年齢 19 歳の男性投球障害肩症例 38 例(投手)を対象に、投球側と非投球側の肩関節回旋可動域の特徴を客観的に評価する目的で、2nd 肢位での肩関節回旋可動域として上腕骨頭後捻角度と上腕骨頭後捻角度の影響を除いた肩関節回旋可動域(以下、肩補正回旋可動域)を超音波画像診断装置を用いて計測し、骨性の因子と肩軟部組織性の因子の両者の観点から研究した。その結果、投球側は非投球側に比べて、上腕骨頭後捻角度と上腕骨頭後捻角度の影響を除いた外旋角度は有意に大きくなっていたが、上腕骨頭後捻角度の影響を除いた内旋角度は有意に小さくなっていたことから、投球障害肩症例の投球側の外旋可動域が大きく、内旋可動域が小さくなるといった要因には、上腕骨頭後捻角度の骨性因子と肩補正回旋可動域の肩軟部組織性の両因子が関与していることを報告した。また著者ら<sup>41)</sup>は、平均年齢 18 歳の男性野球投手 69 例(有症状群 38 例・無症状群 31 例)を対象に、超音波画像診断装置を使用し、上腕骨頭後捻角度と、肩補正回旋可動域を計測し 2 群間(有症状群・無症状群)で比較検討した結果、投球側において、有症状群が無症状群に比べて上腕骨頭後捻角度には有意差がなかったが、上腕骨頭後捻角度の影響を除いた外旋角度は有意に大きく、内旋角度は有意に小さくなっていたことを報告した。なお、非投球側に関しては、いずれも有意差はなかった。したがって、投球障害肩症例における投球側の 2nd 肢位での肩関節回旋可動域の変化は、上腕骨頭の後捻より肩軟部組織性因子との強い関連性があることが示唆された。

このほか、無症状群の投球側と非投球側の身体機能の違いや有症状群の投球側と非投球側の身体機能の違い（肩関節の可動域・筋力、体幹・下肢機能）についての報告は散見されるが、その結果はさまざまであり<sup>42, 43, 44, 45, 46, 47</sup>、また、有症状群と無症状群の身体機能の比較した報告でも、報告者によって有意差の有無項目の内容などに関して大きな見解の相違がみられる<sup>48, 49, 50, 51, 52, 53, 54</sup>。さらに、投球障害肩に関与する身体機能因子についてはほとんど明らかにされておらず、それらのカットオフ値に関する報告は皆無である。また、対象が野球投手のみに限定された報告は少なく、多くの報告は複数のポジションを含んだ野球選手を対象としている。

そこで今回、野球投手において、投球動作時に、肩関節に痛みのある有症状群と痛みのない無症状群の2群間における身体的特徴（身体機能）の相違を見だし、さらに投球障害肩に関与する身体機能因子とそれらのカットオフ値を明らかにすることで、理学療法士（Physical Therapist：以下、PT）が行う投球障害肩症例（投手）に対する治療に科学的根拠を持たせることを目的とした。つまり、物語に基づく医療（Narrative-Based Medicine：以下、NBM）中心のPTの今までの治療に加え、科学的根拠に基づく医療（Evidence-Based Medicine：以下、EBM）を融合した治療に転換することを目的とした。

身体的機能評価としては、評価項目の妥当性を加味するうえで、原の原テスト（野球肩理学所見11項目）<sup>16)</sup>、田中らのMedical check system（肩・肩甲帯機能12項目、体幹・股関節・足部機能6項目、計18評価項目）<sup>55, 56)</sup>評価項目を参考に、本研究では、東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックの臨床において、投球障害肩症例に対して施行している肩関節・肩甲帯機能（以下、肩関節機能）21項目、体幹・下肢機能11項目、計32項目を評価対象項目とした。肩関節機能項目（21項目）としては、1) 上腕骨頭後捻角度（以下、後捻角）、2nd 肢位における後捻角の影響を除いた2) 外旋角度（以下、補正外旋角度）、3) 内旋角度（以下、補正内旋角度）、4) Scapula Spine Distance（以下、SSD）、5) Combined Abduction Test（以下、CAT）、6) Horizontal Flexion Test（以下、HFT）、7) Hyper External Rotation Test（以下、HERT）、8) Scapular Retraction Test（以下、SRT）、9) 下垂位外旋筋力（Infraspinatus：以下、ISP）、10) 下垂位内旋筋力（Subscapularis：以下、SSC）、11) 初期外転筋力（Supraspinatus：以下、SSP）、12) Elbow Extension Test（以下、ET）、13) Elbow Push Test（以下、EPT）、14) Full can test、15) Empty can test、16) 小円筋 test、17) Lift off test、18) 前鋸筋筋力 test、19) 僧帽筋中部線維筋力 test、20) 菱形筋筋力 test、21) Muscle strength of the lower trapezius test とした。体幹・下肢機能項目（11項目）としては、22) Modified trunk rotation test、23) 伏臥上体そらし（以下、上体そらし）test、24) ベンチ（以下、The Bench）test、25) 横ベンチ（以下、Sideways Bench）test、26) 指床間距離（Finger Floor Distance：以下、FFD）、27) 踵臀間距離（Heel Buttock Distance：以下、HBD）、28) 下肢伸展挙上角度（Straight Leg Raising：以下、SLR）、仰臥位で股関節と膝関節90°屈曲位での29) 股関節外旋角度（Hip External Rotation：以下、HER）、30) 股関節内旋角度（Hip Internal Rotation：以下、HIR）、31) 足関節底屈角度、32) 足関節荷重位背屈角度とした。

研究は1, 2, 3とし、研究1では、超音波画像診断装置を使用した上腕骨頭後捻角度（後捻角）の測定方法の信頼性について、検者内信頼性を級内相関係数（Intraclass Correlation Coefficient：以下、ICC）(1, 1) を用いて測定することを目的とした。研究

2 では、徒手筋力測定評価器 (Hand-Held Dynamometer : 以下, HHD) を使用した肩関節・肩甲帯周囲筋 (以下, 肩関節周囲筋) の筋力測定方法の信頼性について、検者内信頼性を ICC (1, 1) を用いて測定することを目的とした。研究 1, 2 を事前に確認した上で、研究 3 として、本研究の目的である投球動作時に、肩関節に痛みのある男性硬式野球投手 (有症状群) と痛みのない男性硬式野球投手 (無症状群) の 2 群間における身体的特徴 (身体機能) の相違を検討し、さらに投球障害肩に関与する身体機能因子とそれらのカットオフ値の分析をすることを目的とした。

なお、本研究 1-3 はすべて「学校法人慈恵大学 個人情報保護に関する規程」、関連細則および「臨床研究に関する倫理指針」、また、ヘルシンキ宣言を遵守して施行した。被検者に対しては、研究の目的、概要、個人情報の保護方法に関して十分に説明し、また研究結果がすべて統計的に処理され、研究・論文作成目的以外の使用はなされないことを説明したうえで同意を得た。個人情報の保護方法に関しては、研究データを得られた被検者の氏名を暗号化することで匿名化する処置をとった。また、研究データはすべて集計データとして処理・分析し、個人別な分析は行わないことで、個人情報の保護に努めた。

## 第Ⅱ章 研究 1

### 上腕骨頭後捻角度 (後捻角) の測定方法の信頼性

#### 第 1 節 目的

超音波画像診断装置を使用した上腕骨頭後捻角度 (後捻角) の測定方法の信頼性について、検者内信頼性を ICC (1, 1) を用いて測定すること。

#### 第 2 節 対象

投球動作時に、肩関節の痛みを主訴として、東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックを受診し、投球障害肩と診断された男性硬式野球投手 20 例 40 肩とした。ただし投球動作時にのみ痛みの生じる症例とし、日常生活レベルで痛みの生じるものや上下肢、体幹など肩関節以外の身体部位に既往歴のあるものはすべて除外した。身体的特性は、平均年齢 : 18.6 ± 2.1 歳、平均身長 : 174.7 ± 4.6cm、平均体重 : 70.5 ± 5.8kg、平均野球開始年齢 : 7.7 ± 1.4 歳、平均野球歴 : 11.3 ± 2.1 年 (すべて平均値 ± 標準偏差) であった。全例、利き手は右側で、右投げであった。

#### 第 3 節 方法

検者は、検査者側の年齢、体格などにより与える測定方法の不確実要因を最小限にする為、臨床・研究分野において超音波画像診断装置の取り扱いに習熟した東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックの男性 PT2 名 (臨床経験 17 年目、臨床経験 8 年目) とした。

後捻角の測定方法は、Ito<sup>ら<sup>57)</sup></sup>の方法に準じた。検者は、この方法に則り、約 3 週間の練習を行った。被検者を仰臥位、肩関節 2nd 肢位とし、この肢位を基準肢位とした。まず 1 人の検者 (臨床経験 8 年目) が超音波画像診断装置 (FAZONE (M). FUJIFILM 社製) を用いて被検

者の上腕骨結節間溝をモニター上に描出し、次いで、他の検者（臨床経験17年目）が大結節と小結節を結ぶ線がモニター上での水平基準線に対し平行になる位置（図1）まで肩関節を回旋させた。この肢位を開始肢位と定義した。開始肢位における前腕長軸と基準肢位における前腕長軸とのなす角度を後捻角とし、外旋方向への角度をプラス（+）、内旋方向への角度をマイナス（-）とした（図2）。これにより、後捻角度が大きいほどプラス方向への角度が大きくなる測定方法である。プローベはリニア型12Hzを使用した。上腕骨結節間溝をモニター上に描出する際は、プローベを結節間溝の近位で、床面に対して平行、上腕骨軸に対して垂直かつ左右同じ高さにあてるように統一した（図3）。2名の検者によりプローベの位置を細かく調整した。角度の測定には東大式角度計（村中医療器社製、精度：1°）を使用し、最終可動域での角度を1°単位で計測した。なお、測定は同一被検者に対して1回につき3施行し、さらに日差変動を考慮して日を改め同様に3施行、計6施行を投球側、非投球側ともに測定した。

統計処理は、ICC (1, 1) を用い、有意水準は5%未満とした。使用した統計ソフトは、SPSS Statistics 22 (IBM社製) とした。

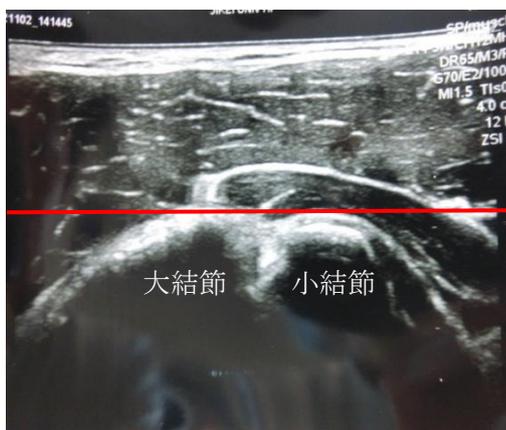


図 1. 開始肢位における上腕骨結節間溝  
大結節と小結節を結ぶ線がモニター上での  
水平基準線に対し平行になる位置。

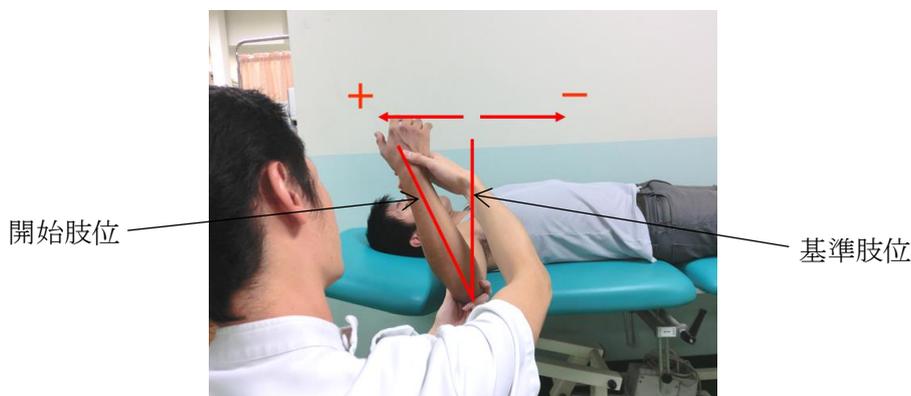


図 2. 上腕骨頭後捻角度の測定方法  
開始肢位における前腕長軸と基準肢位における前腕長軸  
とのなす角度。

## 第4節 結果

ICC (1, 1) は、投球側 : 0.96 ( $p < 0.05$ ), 非投球側 : 0.94 ( $p < 0.05$ ), であった。

## 第5節 結語

ICC を用いた検査の信頼性については、0.9 以上を great (優秀) とする基準が報告されている<sup>58)</sup>。河上<sup>10)</sup>、著者<sup>40)</sup>は、後捻角の測定方法の検者内信頼性が高いことを報告しており、本研究においても、投球側、非投球側ともに ICC (1, 1) が 0.94 以上 ( $p < 0.05$ ) の相関係数が得られたことから、この後捻角の測定方法は検者内信頼性に優れた検査方法であることが確認された。今回は、本研究の前に、検者が Ito ら<sup>57)</sup>の方法を遵守し、約3週間の練習を行ったことが、検者内信頼性の高さに反映したと考えた。

## 第Ⅲ章 研究2

### Hand-Held Dynamometer を使用した肩関節・肩甲帯周囲筋の筋力測定方法の信頼性

#### 第1節 目的

HHD (micro FET2. HOGGAN HEALTH 社製) を使用した肩関節周囲筋の筋力測定方法の信頼性について、検者内信頼性を ICC (1, 1) を用いて測定すること。

#### 第2節 対象

肩関節に痛みやまたその既往歴のない健常成人男性20例40肩とした。身体的特性は、平均年齢 : 24.7 ± 3.4歳, 平均身長 : 172.4 ± 5.1cm, 平均体重 : 65.2 ± 4.7kg (すべて平均値 ± 標準偏差) であった。全例、利き手は右側であった。

#### 第3節 方法

検者は、検査者側の年齢、体格などにより与える徒手抵抗力の不確実要因を最小限にする為、臨床・研究分野においてHHDの取り扱いに習熟した東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックの男性PT (臨床経験17年目) とした。検者は本研究の前に、約4週間の練習を行った。

肩関節周囲筋の筋力評価項目としては、原テスト (野球肩理学所見11項目)<sup>16)</sup>の項目の中の、ISP, SSC, SSP, ET, EPTを、肩関節回旋筋腱板 (以下, inner muscle)<sup>59,60)</sup>としては、棘上筋はFull can test<sup>61)</sup>, 棘下筋はEmpty can test<sup>62)</sup>, 小円筋は小円筋test<sup>63)</sup>, 肩甲下筋はLift off test<sup>61)</sup>を、肩甲骨周囲筋 (以下, outer muscle) としては、前鋸筋、僧帽筋中部線維、菱形筋は徒手筋力検査法 (Manual Muscle Testing : MMT)<sup>64)</sup>を、僧帽筋下部線維はMuscle strength of the lower trapezius test<sup>55,56)</sup>とし、いずれもHHDを使用し、筋力を測定した。使用したHHDは、micro FET2 (HOGGAN HEALTH社製 (測定範囲 : 3.6-660N (ニュートン), 精度 : ±2%)) とした。筋力測定肢位は、すべて、いずれのテストにおける同一肢位とし、また、筋力測定の際に抵抗を加える測定パットの位置・抵抗方向に関しても、すべて、いずれのテストにおける徒手抵抗位置・抵抗方向と同一とし (表1)、一定肢位を保持させ、肢位保持が不能になったときの力を記録するブレイク・テスト (Break Test) と

した。上記テストにおける最大値、または代償動作が出現した値を記録した。なお、測定は同一被検者に対して1回につき3施行し、さらに日差変動を考慮して日を改め同様に3施行、計6施行を右側、左側ともに測定した。また、肩関節周囲筋の筋力を測定する際、各筋力測定の間3分の休息を取り、疲労要素が入らないよう考慮した。

統計処理は、ICC (1, 1) を用い、有意水準は5%未満とした。使用した統計ソフトは、SPSS Statistics 22 (IBM社製) とした。

表 1. 筋力測定肢位と HHD の測定パット位置・抵抗方向

	筋力測定肢位	測定パット位置	抵抗方向
ISP	座位：肩関節下垂位，肘関節 90° 屈曲位	前腕遠位部	内方
SSC	座位：肩関節下垂位，肘関節 90° 屈曲位	前腕遠位部	外方
SSP	座位：肩関節 30° 肩甲骨面挙上位，肘関節伸展位	前腕遠位部	下方
ET	座位*：肩関節 90° 屈曲位，肘関節屈曲位	前腕遠位部	後方
EPT	座位*：肩関節 90° 屈曲位・90° 内旋位，肘関節 90° 屈曲位	肘頭	後方
Full can test	座位：肩関節 90° 肩甲骨面挙上位・45° 外旋位，肘関節伸展位	上腕遠位部	下方
Empty can test	座位：肩関節 90° 肩甲骨面挙上位・45° 内旋位，肘関節伸展位	上腕遠位部	下方
小円筋 test	伏臥位：肩関節 90° 外転位・外旋位，肘関節 90° 屈曲位	前腕遠位部	下方
Lift off test	座位：肩関節内旋位・内転位，肘関節屈曲位	前腕遠位部	前方
前鋸筋筋力 test	座位：肩関節 130° 屈曲位，肘関節伸展位	上腕遠位部	下方
僧帽筋中部線維筋力 test	伏臥位：肩関節 90° 外転位，肘関節 90° 屈曲位	上腕遠位部	下方
菱形筋筋力 test	伏臥位：肩関節内旋位・内転位，肘関節屈曲位	上腕遠位部	下方・外方
Muscle strength of the lower trapezius test	伏臥位：肩関節 145° 外転位，肘関節伸展位，前腕中間位（母指上方）	前腕遠位部	下方

\*：足底非接地。

#### 第 4 節 結果

ICC (1, 1) は、ISP (右：0.96, 左：0.97), SSC (右：0.97, 左：0.97), SSP (右：0.96, 左：0.96), ET (右：0.97, 左：0.98), EPT (右：0.95, 左：0.94), Full can test (右：0.98, 左：0.97), Empty can test (右：0.97, 左：0.97), 小円筋 test (右：0.95, 左：0.96), Lift off test (右：0.98, 左：0.99), 前鋸筋筋力 test (右：0.92, 左：0.94), 僧帽筋中部線維筋力 test (右：0.94, 左：0.93), 菱形筋筋力 test (右：0.96, 左：0.97), Muscle strength of the lower trapezius test (右：0.99, 左：0.98), であった (表 2)。

右側、左側すべての肩関節周囲筋の筋力測定方法で ICC (1, 1) が 0.92 以上 ( $p < 0.05$ ) の相関係数が得られた。

表 2. HHD を使用した肩関節・肩甲帯周囲筋の筋力測定方法の級内相関係数

	ICC (1, 1)	
	右	左
ISP	0.96*	0.97*
SSC	0.97*	0.97*
SSP	0.96*	0.96*
ET	0.97*	0.98*
EPT	0.95*	0.94*
Full can test	0.98*	0.97*
Empty can test	0.97*	0.97*
小円筋 test	0.95*	0.96*
Lift off test	0.98*	0.99*
前鋸筋筋力 test	0.92*	0.94*
僧帽筋中部線維筋力 test	0.94*	0.93*
菱形筋筋力 test	0.96*	0.97*
Muscle strength of the lower trapezius test	0.99*	0.98*

ICC : 級内相関係数. \* :  $p < 0.05$ .

## 第 5 節 結語

HHDは、臨床において簡易でかつ精度の高い徒手筋力測定評価器であり、HHD を使用した筋力測定方法の信頼性が高いことは多数報告されている<sup>59, 60, 65, 66, 67, 68</sup>。本研究においても、すべての筋力測定方法（右側，左側）でICC (1, 1) が0.92以上 ( $p < 0.05$ ) の相関係数が得られたことから、本研究のHHDを使用した肩関節周囲筋のすべての筋力測定方法は検者内信頼性に優れた検査方法であることが確認された。今回は、対象部位が上肢であった為、検者の徒手抵抗力が被検者の力に負けることなく実施できたこと、かつ本研究の前に、検者は約4週間の練習を行ったことが、検者内信頼性の高さに反映したと考えた。

## 第IV章 研究1, 研究2の結論

研究1, 2の結果より, 本研究の目的である研究3を行うにあたり, いずれの測定方法(上腕骨頭後捻角度(後捻角)・HHD (micro FET2, HOGGAN HEALTH 社製)を使用した肩関節周囲筋の筋力測定)の検者内信頼性は十分であるとの結果となった.

## 第V章 研究3

### 投球障害肩に関与する身体機能因子とカットオフ値の検討

#### 第1節 目的

投球動作時に, 肩関節に痛みのある男性硬式野球投手(有症状群)と痛みのない男性硬式野球投手(無症状群)の2群間における身体的特徴(身体機能)の違いについて比較検討し, 投球障害肩に関与する身体機能因子を明らかにし, これらのカットオフ値の分析を行うことで, PTが行う投球障害肩症例(投手)に対する治療に科学的根拠を持たせること.

#### 第2節 対象

投球動作時に, 肩関節の痛みを主訴として, 東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックを受診し, 投球障害肩と診断された男性硬式野球投手44例88肩(有症状群)を対象とした. さらに, 身体機能評価測定を目的として, 東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックに来院した選手の中で, 投球動作時の肩関節痛を含み, 身体に一切の既往歴のない男性硬式野球投手36例72肩(無症状群)を対象とした. 被検者は全例(有症状群, 無症状群とも), 週5日以上練習頻度, 投手歴8年以上の選手で統一した. 有症状は, 投球動作時にのみ肩関節に痛みの生じるものとし, 日常生活レベルで痛みの生じるものや上下肢, 体幹など肩関節以外の身体部位に既往歴のあるものはすべて除外した. 各群の年齢構成は, 有症状群, 無症状群ともに高校生, 大学生の硬式野球部員と社会人硬式野球チーム所属の選手であり, その内訳は, 有症状群は高校生21例, 大学生18例, 社会人5例であり, 無症状群は高校生17例, 大学生14例, 社会人5例であった. 全被検者の身体的特性は, 平均年齢:18.3±2.1歳(16-22歳), 平均身長:175.9±5.5cm(167-188cm), 平均体重:72.1±5.6kg(62-84kg), 平均野球開始年齢:7.8±1.5歳(5-11歳), 平均野球歴:11.5±2.2年(8-16年)(すべて平均値±標準偏差, (最小値-最大値))であった. 各群では, 有症状群では, 平均年齢:18.4±2.1歳(16-22歳), 平均身長:175.6±5.3cm(167-186cm), 平均体重:71.8±5.7kg(62-82kg), 平均野球開始年齢:7.8±1.6歳(6-11歳), 平均野球歴:11.6±2.3年(8-16年)(すべて平均値±標準偏差, (最小値-最大値)), 無症状群では, 平均年齢:18.2±2.2歳(16-22歳), 平均身長:176.2±5.7cm(168-188cm), 平均体重:72.4±5.5kg(62-84kg), 平均野球開始年齢:7.8±1.4歳(5-11歳), 平均野球歴:11.4±2.1年(8-16年)(すべて平均値±標準偏差, (最小値-最大値))であった(表3). 2群間において, すべての身体的特性の項目には有意差はなかった(unpaired t-test:  $p < 0.05$ ) (表3). 全例, 利き手は右側で, 右投げであった.

表 3. 有症状群 (n=44) と無症状群 (n=36) の身体的特性

	有症状群	無症状群
平均年齢	18.4±2.1 歳	18.2±2.2 歳
平均身長	175.6±5.3cm	176.2±5.7cm
平均体重	71.8±5.7kg	72.4±5.5kg
平均野球開始年齢	7.8±1.6 歳	7.8±1.4 歳
平均野球歴	11.6±2.3 年	11.4±2.1 年

平均値±標準偏差. \* : p<0.05.

### 第 3 節 方法

検者は主検者, 補助検者の 2 名とした. 評価項目測定者 (主検者) は, 検査者側の年齢, 体格などにより与える測定方法の不确实要因を最小限にする為, 東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックの男性 PT (臨床経験 17 年目) とし, 補助検者は, 東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックの男性 PT (臨床経験 8 年目) とした. 補助検者は, 主検者の評価測定方法の信頼性 (精度) 向上を目的に, 可動域項目測定時の補助や各評価項目測定時の代償動作の有無の確認など, 正確な評価が行えているか確認した.

肩関節機能項目 (21 項目) は,

- 1) 後捻角: 研究 1 の方法 (図 1) (図 2) .
- 2) 補正外旋角度, 3) 補正内旋角度: 後捻角を測定後, 河上<sup>10)</sup>の報告に準じ, 開始肢位から最大外旋位までの角度を補正外旋角度とし, 最大内旋位までの角度を補正内旋角度とした (図 3). 最大回旋位は, 2 名の検者による視診のもと肩甲骨の動きが伴わない範囲で, 上腕骨のそれぞれの回旋が止まる位置とし, 最終角度を角度計を用いて測定した.



図 3. 補正外旋角度と補正内旋角度

補正外旋角度: 開始肢位から最大外旋位までの角度.

補正内旋角度: 開始肢位から最大内旋位までの角度.

4) SSD : 原テスト<sup>16)</sup>の評価方法に則り, 上肢は下垂位でのリラックスした座位姿勢にて, 肩甲骨内側縁と脊椎棘突起間距離をメジャー (ROTARY MEASURE (2m) . KAWAGUCHI 社製) を用いて測定した (図 4).



図 4. SSD

5) CAT : 原テスト<sup>16)</sup>の評価方法に則り, 仰臥位にて肩甲骨を固定保持し他動的に肩関節を外転した際の最終肩関節外転角度を角度計にて測定した (表 4) (図 5).



図 5. CAT

6) HFT : 原テスト<sup>16)</sup>の評価方法に則り, 仰臥位にて肩甲骨を固定保持し他動的に肩関節を水平屈曲した際の最終肩関節水平屈曲角度を角度計にて測定した (表 4) (図 6).



図 6. HFT

7) HERT : 原テスト<sup>16)</sup>の評価方法に則り, 仰臥位にて他動的に肩関節を 120° 外転位にし, さらに肩関節を過水平外旋した際の最終肩関節過水平外旋角度を角度計にて測定した (表 4) (図 7).



図 7. HERT

8) SRT : 田中ら<sup>55, 56)</sup>の評価方法に則り, 座位にて肩関節外転・肘関節屈曲位で手掌を後頭部に当てた状態で自動的に肘を後方に引かせた際の最終肩甲帯伸展角度(肩甲骨内転角度)を角度計にて測定した (表 4) (図 8).



図 8. SRT

9) ISP : 研究 2 の方法 (表 1) (図 9) .



図 9. ISP

10) SSC : 研究 2 の方法 (表 1) (図 10) .



図 10. SSC

11) SSP : 研究 2 の方法 (表 1) (図 11) .



図 11. SSP

12) ET : 研究 2 の方法 (表 1) (図 12) .



図 12. ET

13) EPT : 研究 2 の方法 (表 1) (図 13) .



図 13. EPT

14) Full can test : 研究 2 の方法 (表 1) (図 14) .



図 14. Full can test

15) Empty can test : 研究 2 の方法 (表 1) (図 15) .



図 15. Empty can test

16) 小円筋 test : 研究 2 の方法 (表 1) (図 16) .



図 16. 小円筋 test

17) Lift off test : 研究 2 の方法 (表 1) (図 17) .



図 17. Lift off test

18) 前鋸筋筋力 test : 研究 2 の方法 (表 1) (図 18) .



図 18. 前鋸筋筋力 test

19) 僧帽筋中部線維筋力 test : 研究 2 の方法 (表 1) (図 19) .



図 19. 僧帽筋中部線維筋力 test

20) 菱形筋筋力 test : 研究 2 の方法 (表 1) (図 20) .



図 20. 菱形筋筋力 test

21) Muscle strength of the lower trapezius test : 研究 2 の方法 (表 1) (図 21) .



図 21. Muscle strength of the lower trapezius test

体幹・下肢機能項目（11項目）は、  
22) Modified trunk rotation test：田中ら<sup>55)</sup>の評価方法に則り、座位にて肩関節90°外転位で両手を胸部に当てた状態で自動的に体幹を回旋させた際の最終体幹回旋角度を角度計にて測定した（表4）（図22）。



図 22. Modified trunk rotation test

23) 上体そらし test：浅見<sup>69)</sup>の評価方法に則り、伏臥位姿勢（両手を腰の後ろで組ませ、足先を45cm離れた）にて、検者が被検者のひざ裏を固定した状態で体幹伸展運動を自動で行わせた際の、最終可動域での顎から床までの垂線距離を台座（高40cm、幅40cm、奥行き30cm）に固定したデジタル前屈計（FLEXION-D. TAKEI 社製（測定範囲：-20.0cm～+35.0cm、精度：0.1cm））を用いて測定した（図23）。



図 23. 上体そらし test

24) The Bench test, 25) Sideways Bench test:国際サッカー連盟 (Federation International de Football Association (FIFA)) -医学評価研究センター (Medical Assessment and Research Center (MARC)) (以下, F-MARC)) が予防トレーニングプログラムとして推奨している F-MARC 11<sup>70)</sup>の方法に則った. 実際に被検者に姿勢を鏡で見せながら指導し, 習得した時点で The Bench<sup>70)</sup> test と Sideways Bench<sup>70)</sup> test を行わせそれぞれの姿勢の保持時間を測定した. なお, 測定方法は The Bench<sup>70)</sup> test は下肢挙上側の肩峰・上前腸骨棘・大腿骨外側上顆・外果をランドマークとし, 保持開始肢位より±10cm以上動いた時点までとし (図 24), Sideways Bench<sup>70)</sup> test は下肢挙上側の肩峰・上前腸骨棘・膝蓋骨中央・内果をランドマークとし, 同じく保持開始肢位より±10cm以上動いた時点までの秒数をそれぞれストップウォッチ (MEMORY100. SEIKO 社製) にて測定した (図 25). また, 秒数を測定する際は, 各体幹筋力測定のために 3 分の休息を取り, 疲労要素が入らないよう考慮した.

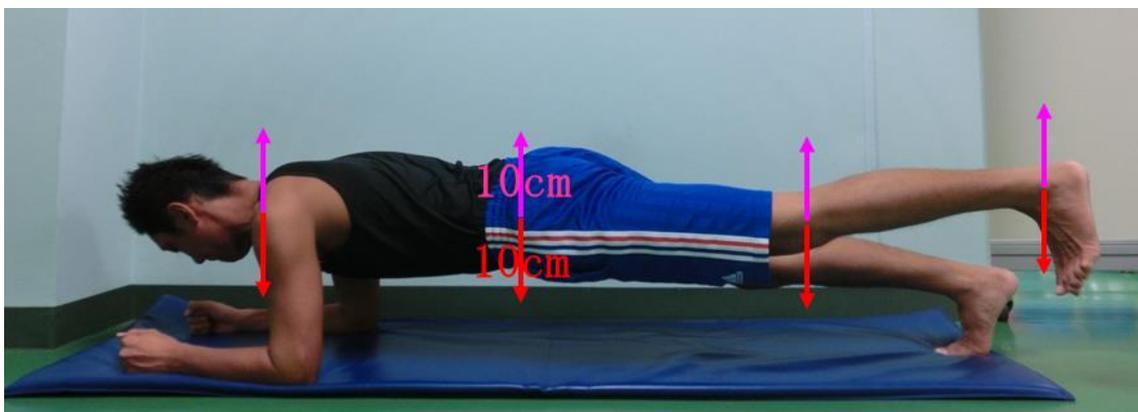


図 24. The Bench test  
ランドマーク：肩峰・上前腸骨棘・大腿骨外側上顆・外果

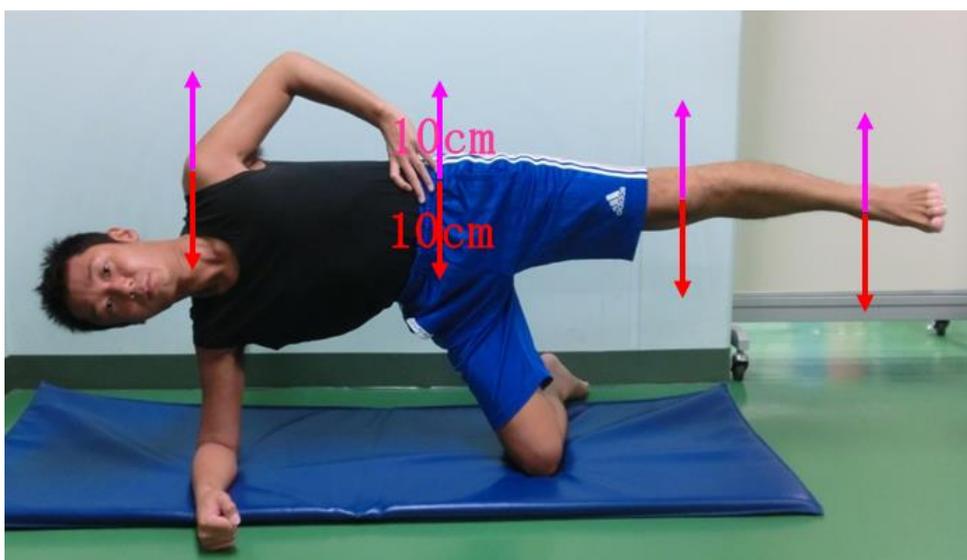


図 25. Sideways Bench test  
ランドマーク：肩峰・上前腸骨棘・膝蓋骨中央・内果

26) FFD: デジタル前屈計 (FLEXION-D. TAKEI 社製) を台座 (高 40cm, 幅 40cm, 奥行き 30cm) に固定して使用した. 浅見<sup>69)</sup>の評価方法に則り, 両足の踵をつけ, 足先を 5cm 開き, 台座前端に足趾趾尖を揃えた台座上の立位姿勢から自動で膝関節伸展位のまま立位体前屈を行わせ, 指尖で計測用目盛りを押し下げさせた (図 26). なお, 指尖が台座上面の位置を超えるとプラス (+), 超えないとマイナス (-) となる測定方法である.



図 26. FFD

27) HBD: 鳥居ら<sup>71)</sup>, 竹中ら<sup>72)</sup>の評価方法に則り, 伏臥位にて股関節伸展位で他動的に膝関節を最大屈曲した際の踵から臀部までの垂線距離をメジャー (ROTARY MEASURE (2m). KAWAGUCHI 社製) にて測定した (図 27).



図 27. HBD

28) SLR：宮崎ら<sup>73)</sup>の評価方法に則り，仰臥位にて膝関節伸展位で股関節を他動的に屈曲した際の最終屈曲角度を角度計にて測定した（表4）（図28）。

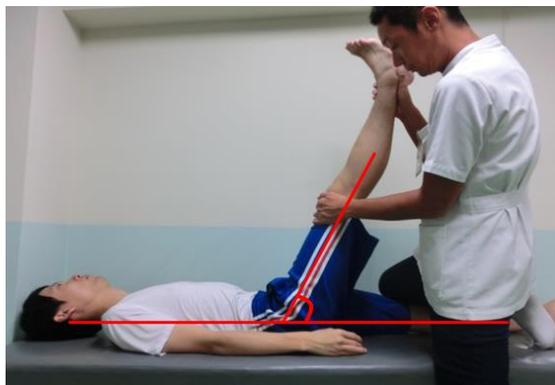


図 28. SLR

29) HER：日本整形外科学会（身体障害委員会）<sup>74)</sup>・日本リハビリテーション医学会（評価基準委員会）<sup>75)</sup>が制定した「関節可動域表示ならびに測定法」に則り，仰臥位で股関節と膝関節 90° 屈曲位での他動最終股関節外旋角度を角度計にて測定した（図29）。

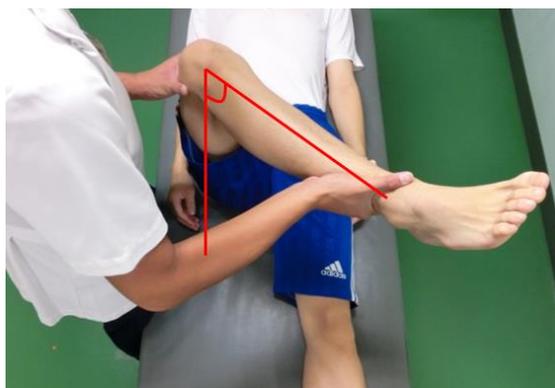


図 29. HER

30) HIR：日本整形外科学会（身体障害委員会）<sup>74)</sup>・日本リハビリテーション医学会（評価基準委員会）<sup>75)</sup>が制定した「関節可動域表示ならびに測定法」に則り，仰臥位で股関節と膝関節 90° 屈曲位での他動最終股関節内旋角度を角度計にて測定した（図30）。



図 30. HIR

31) 足関節底屈角度：日本整形外科学会（身体障害委員会）<sup>74)</sup>・日本リハビリテーション医学会（評価基準委員会）<sup>75)</sup>が制定した「関節可動域表示ならびに測定法」に則り，仰臥位で膝関節屈曲位での他動最終足関節底屈角度を角度計にて測定した（図 31）。



図 31. 足関節底屈角度

32) 足関節荷重位背屈角度：著者ら<sup>76)</sup>の足関節荷重位背屈角度評価（しゃがみ込み動作）を参考に，荷重下にて膝関節を十分に屈曲させた状態で足部を中間位に保ち，踵の離床しない最大限に自動で足関節を背屈させた角度を角度計にて測定した（表 4）（図 32）。



図 32. 足関節荷重位背屈角度

なお、CAT, HFT, HERT, HBD, SLR, HER, HIR, 足関節底屈角度の測定方法は、検者による他動的な方法とし、SRT, Modified trunk rotation test, 上体そらし test, FFD, 足関節荷重位背屈角度の方法は、被検者自身による自動的な方法とし、いずれも最終角度（可動域）での計測値を記録した。また、すべての角度の測定には東大式角度計（村中医療器社製、精度：1°）を使用し、最終可動域での角度を1°単位で計測した。なお、CAT, HFT, HERT, SRT, Modified trunk rotation test, SLR, 足関節荷重位背屈角度の角度測定方法は、基本軸、移動軸を設定し測定した（表4）。上記項目すべてを有症状群、無症状群において投球側、非投球側ともに測定した。ただし、上体そらし test と FFD に関しては、投球側と非投球側としては分けられないため、有症状群、無症状群と分類して測定した。なお、測定日については、有症状群は外来初診日で統一し、無症状群は身体機能評価測定を受けに来院した日で統一した。

統計処理は、有症状群と無症状群間の投球側の比較、有症状群と無症状群間の非投球側の比較、有症状群と無症状群間の上体そらし test, FFD の比較について unpaired t-test を用い、有意水準は 5%未満とした。また、投球障害肩に關与する因子の解析方法は、多変量解析として、投球障害肩陽性・陰性を従属変数、有症状群と無症状群間において（上記 unpaired t-test にて）有意差のあった項目を独立変数とした多重ロジスティック回帰分析（ステップワイズ法）を用いた。さらに多重ロジスティック回帰分析によるオッズ比にて有意に抽出された關与因子に対して、受信者動作特性（Receiver Operating Characteristic：以下、ROC）曲線を用い、ROC 曲線下面積（Area Under the Curve：以下、AUC）にて回帰モデルの適合性を判定し、感度、特異度を算出し、Youden index（感度＋特異度－1）が最も大きい点をカットオフ値として算出した<sup>77)</sup>。統計処理の有意水準は 5%未満とし、解析に使用した統計ソフトは、いずれも SPSS Statistics 22（IBM 社製）とした。

表 4. 可動域測定時における角度計の基本軸、移動軸

	基本軸	移動軸
CAT	体幹と平行な線	上腕骨
HFT	肩峰を通る床への垂線への垂直線	上腕骨
HERT	肘を通る床への垂直線	前腕中央線
SRT	両側の肩峰を結ぶ線	頭頂と肩峰を結ぶ線
Modified trunk rotation test	両側の上後腸骨棘を結ぶ線	両側の肩峰を結ぶ線
SLR	体幹と平行な線	大腿骨
足関節荷重位背屈角度	外果を通る床への垂直線	腓骨

#### 第4節 結果

可動域（柔軟性）評価項目では、有症状群と無症状群間の投球側の比較では、補正外旋角度は有症状群が無症状群に比べて平均  $10^{\circ}$  大きく ( $p < 0.05$ )、補正内旋角度は平均  $20^{\circ}$  小さくなっていた ( $p < 0.05$ )。HFT は有症状群が無症状群に比べて平均  $10^{\circ}$  小さくなっており ( $p < 0.05$ )、SRT は平均  $6^{\circ}$  小さくなっていた ( $p < 0.05$ )。筋力評価項目では、inner muscle（棘上筋、棘下筋、小円筋、肩甲下筋）筋力は有症状群が無症状群に比べて、Full can test は平均 11N、Empty can test は平均 8N、小円筋 test は平均 9N、Lift off test は平均 9N、低くなっており ( $p < 0.05$ )、僧帽筋下部線維筋力は Muscle strength of the lower trapezius test が平均 11N 低くなっていた ( $p < 0.05$ )（表 5）。

非投球側の有症状群と無症状群間の比較では、HIR のみ有症状群が無症状群に比べて平均  $7^{\circ}$  小さくなっていた ( $p < 0.05$ )（表 5）。

他の項目に関しては、有症状群と無症状群間の比較では、投球側、非投球側ともにすべて有意差はなかった（表 5）。

多重ロジスティック回帰分析結果（従属変数：投球障害肩陽性・陰性、独立変数：補正外旋角度・補正内旋角度・HFT・SRT・Full can test・Empty can test・小円筋 test・Lift off test・Muscle strength of the lower trapezius test・HIR）では、投球障害肩に有意に関与する因子として、SRT（肩甲帯伸展角度）（オッズ比：1.578, 95%信頼区間（95% Confidence Interval：以下, 95%CI）：1.071-2.324）、補正内旋角度（オッズ比：1.420, 95%CI：1.105-1.823）、Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力）（オッズ比：1.239, 95%CI：1.003-1.530）が抽出され ( $p < 0.05$ )、オッズ比より、SRT（肩甲帯伸展角度）、補正内旋角度、Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力）の順に有意な関連を示した ( $p < 0.05$ )（表 6）。ROC 曲線より求めたカットオフ値（感度、特異度、AUC, 95%CI）は、それぞれ SRT（肩甲帯伸展角度）は  $21.5^{\circ}$ （感度：0.750, 特異度：0.795, AUC：0.824, 95%CI：0.733-0.915） ( $p < 0.05$ )（図 33）、補正内旋角度は  $35.5^{\circ}$ （感度：0.972, 特異度：0.818, AUC：0.962, 95%CI：0.929-0.998） ( $p < 0.05$ )（図 34）、Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力）は 55.15N（感度：0.889, 特異度：0.591, AUC：0.813, 95%CI：0.722-0.903）であった ( $p < 0.05$ )（図 35）。

表 5. 有症状群 (n=44) と無症状群 (n=36) 間における投球側と非投球側の身体機能項目比較

			有症状群	無症状群	有意
肩関節・肩甲帯 機能評価 21項目	上腕骨頭後捻角度	投球側	9.2±4.6°	9.1±4.8°	
		非投球側	-0.8±5.6°	-0.9±5.6°	
	補正外旋角度	投球側	111.2±9.4°	101.5±8.6°	*
		非投球側	101.1±10.2°	101.8±9.3°	
	補正内旋角度	投球側	27.6±7.9°	47.3±7.8°	*
		非投球側	46.8±8.4°	47.6±8.9°	
	SSD	投球側	8.0±0.7cm	7.6±0.5cm	
		非投球側	7.2±0.8cm	7.1±0.6cm	
	CAT	投球側	180.9±12.9°	181.6±11.4°	
		非投球側	183.8±10.7°	184.2±11.6°	
	HFT	投球側	126.7±11.1°	137.1±9.2°	*
		非投球側	137.5±9.7°	139.1±9.3°	
	HERT	投球側	114.9±10.2°	113.8±10.1°	
		非投球側	112.1±17.8°	112.8±19.1°	
	SRT	投球側	19.4±4.1°	25.1±4.7°	*
		非投球側	25.3±5.1°	25.7±4.7°	
	ISP	投球側	98.9±6.1N	99.4±5.4N	
		非投球側	100.4±7.1N	102.1±7.3N	
	SSC	投球側	105.7±9.8N	106.0±9.2N	
		非投球側	107.4±10.6N	108.1±10.4N	
	SSP	投球側	101.7±9.7N	102.2±9.2N	
		非投球側	101.1±11.5N	101.9±12.3N	
	ET	投球側	106.6±9.5N	107.3±9.1N	
		非投球側	106.7±9.7N	106.4±9.0N	
	EPT	投球側	114.9±14.9N	116.1±13.5N	
		非投球側	113.3±12.5N	114.0±13.5N	
	Full can test	投球側	111.5±20.9N	122.2±17.5N	*
		非投球側	122.3±21.8N	123.1±18.2N	
Empty can test	投球側	101.2±18.3N	108.7±17.4N	*	
	非投球側	109.0±18.9N	109.2±17.8N		
小円筋test	投球側	76.3±12.9N	85.4±12.3N	*	
	非投球側	85.2±13.6N	85.8±12.4N		
Lift off test	投球側	68.3±7.8N	77.7±8.0N	*	
	非投球側	77.4±8.7N	78.2±7.7N		
前鋸筋筋力test	投球側	119.0±31.2N	118.6±17.0N		
	非投球側	116.5±31.1N	117.6±17.8N		
僧帽筋中部線維筋力test	投球側	120.4±22.8N	121.0±15.3N		
	非投球側	119.2±21.9N	120.4±13.8N		
菱形筋筋力test	投球側	112.4±22.7N	113.4±17.0N		
	非投球側	113.4±20.4N	112.8±15.0N		
Muscle strength of the lower trapezius test	投球側	51.8±9.7N	62.6±6.8N	*	
	非投球側	62.2±6.8N	62.8±6.6N		

体幹・下肢 機能評価 11項目	Modified trunk rotation test	投球側	73.8±8.2°	73.7±8.8°	
		非投球側	74.0±7.1°	73.8±7.5°	
	上体そらしtest		50.2±4.8cm	50.4±5.1cm	
	The Bench test	投球側	26.9±8.5秒	27.1±9.1秒	
		非投球側	28.3±8.4秒	28.2±8.9秒	
	Sideways Bench test	投球側	27.6±8.3秒	27.5±9.0秒	
		非投球側	27.9±8.7秒	28.0±8.5秒	
	FFD		4.0±7.2cm	4.2±7.3cm	
	HBD	投球側	2.4±2.9cm	2.5±2.8cm	
		非投球側	2.4±2.8cm	2.5±2.9cm	
	SLR	投球側	75.4±7.0°	75.5±7.4°	
		非投球側	75.5±7.1°	75.7±7.8°	
	HER	投球側	61.6±7.1°	62.3±7.5°	
		非投球側	62.1±6.6°	61.9±7.0°	
	HIR	投球側	46.7±7.9°	46.6±7.4°	
		非投球側	39.6±7.6°	46.9±6.6°	*
足関節底屈角度	投球側	51.9±8.1°	51.7±7.8°		
	非投球側	51.8±7.6°	51.8±7.8°		
足関節荷重位背屈角度	投球側	51.8±7.2°	51.9±7.4°		
	非投球側	50.8±7.5°	51.1±7.3°		

N : ニュートン.      平均値±標準偏差.      \* : p<0.05.

表 6. 投球障害肩に関与する身体機能因子のロジスティック回帰分析

	オッズ比	95%信頼区間	有意
SRT	1.578	1.071-2.324	*
補正内旋角度	1.420	1.105-1.823	*
Muscle strength of the lower trapezius test	1.239	1.003-1.530	*

Hosmer-Lemeshow test : p=0.962, 判別的中率 : 95.0%, \* : p<0.05.

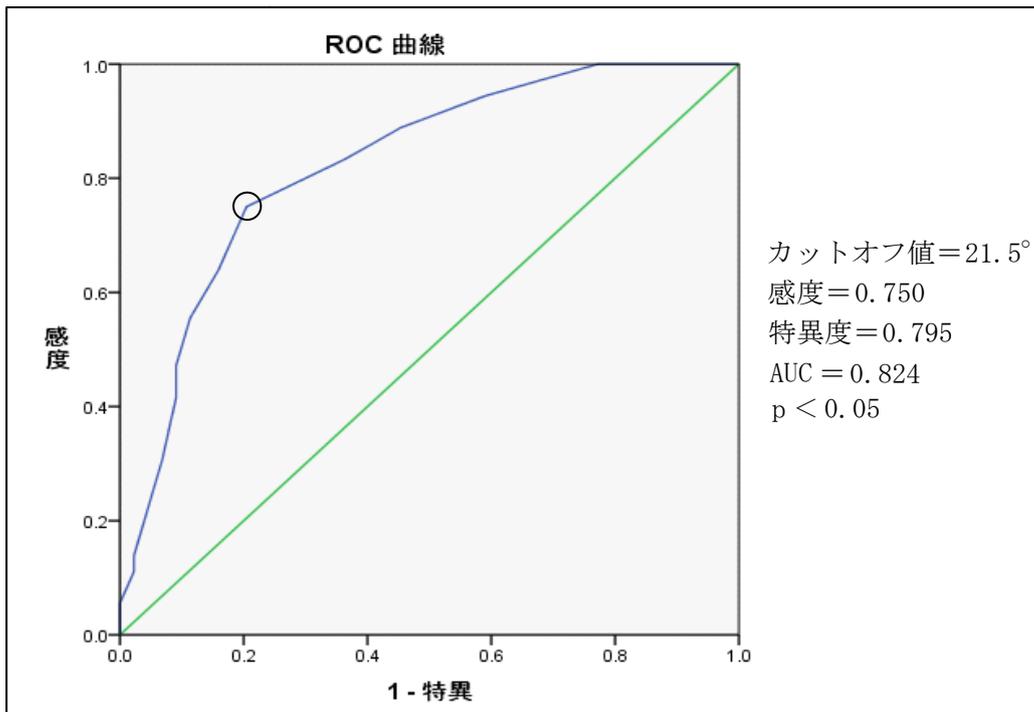


図 33. SRT の ROC 曲線とカットオフ値  
 ○ : カットオフ値. AUC : ROC 曲線下面積.

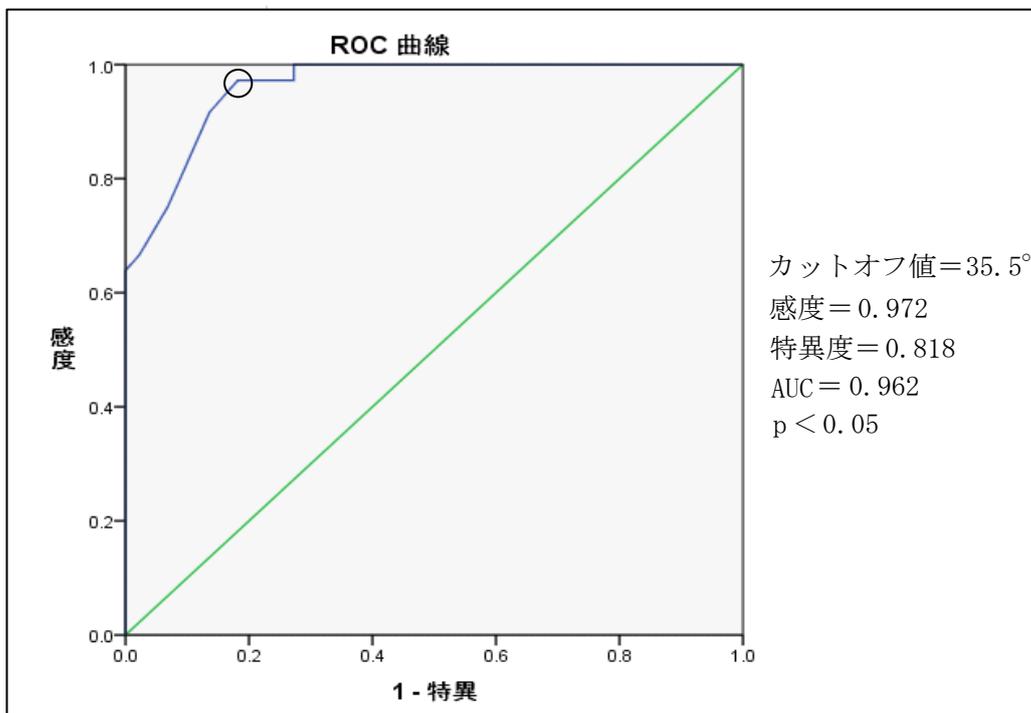


図 34. 補正内旋角度の ROC 曲線とカットオフ値  
 ○ : カットオフ値. AUC : ROC 曲線下面積.

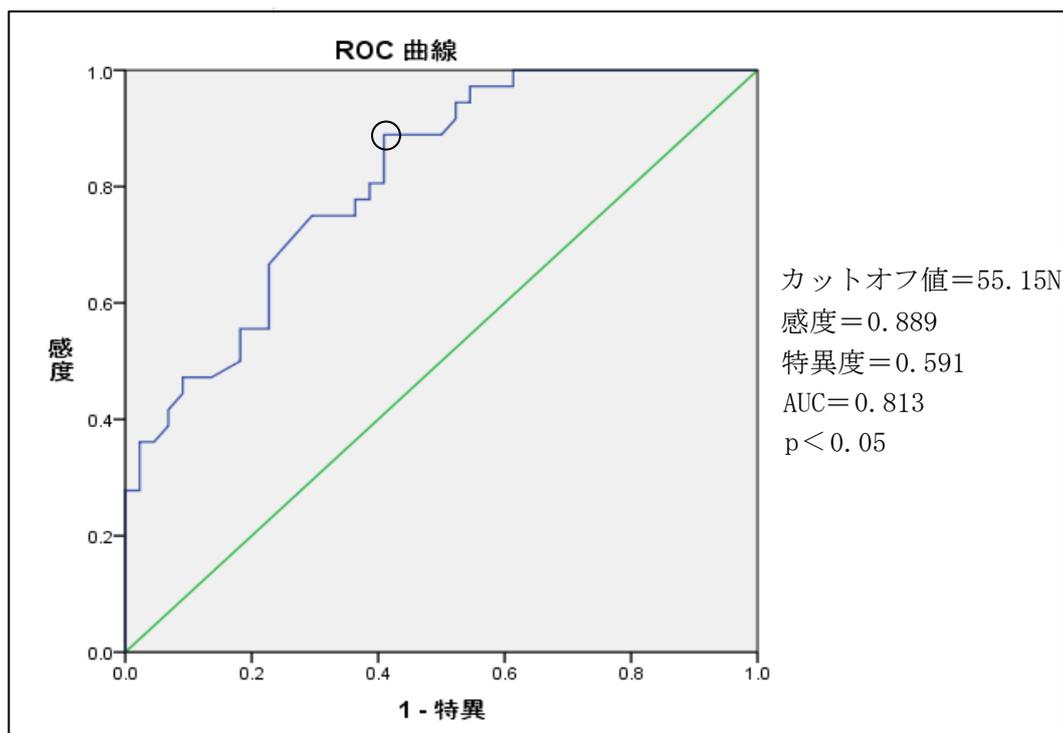


図 35. Muscle strength of the lower trapezius test の ROC 曲線とカットオフ値  
 ○ : カットオフ値. AUC : ROC 曲線下面積. N : ニュートン.

## 第 5 節 考察

本研究では、投球障害肩症例（投手）に対する PT の治療に科学的根拠を持たせることを目的に、投球動作時に肩関節の痛みを有する男性硬式野球投手（有症状群）と痛みのない男性硬式野球投手（無症状群）の 2 群間における身体的特徴（身体機能）の相違について比較検討し、さらに投球障害肩に有意に関与する身体機能因子を抽出し、ROC 曲線によりそれらのカットオフ値を算出した。その結果、有症状群と無症状群間の投球側の比較では、補正外旋角度は有症状群が無症状群に比べて有意に大きくなっていたが、補正内旋角度、HFT, SRT は有意に小さく、inner muscle 筋力（Full can test（棘上筋筋力）・Empty can test（棘下筋筋力）・小円筋 test（小円筋筋力）・Lift off test（肩甲下筋筋力））、僧帽筋下部線維筋力（Muscle strength of the lower trapezius test）は有症状群が無症状群に比べて有意に低くなっていた。有症状群と無症状群間の非投球側の比較では、HIR のみ有症状群が無症状群に比べて有意に小さくなっていた。また、投球障害肩に有意に関与する因子として、SRT, 補正内旋角度, Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力）の順に抽出され、それぞれカットオフ値は、 $21.5^{\circ}$ ,  $35.5^{\circ}$ , 55.15N であった。

先行研究では、無症状群における投球側と非投球側の身体機能の相違、また、有症状群における投球側と非投球側の身体機能の違いに関する報告がある。松井ら<sup>46)</sup>は、野球検診に参加した無症状の中学生（93 例）および高校生（140 例）の野球投手の上下肢関節可動域を左右測定した結果、肩関節外転位での外旋可動域は投球側が有意に大きく、内旋可動

域は肩関節外転位、屈曲位ともに投球側が有意に小さかったと報告している。下肢可動域では、股関節内旋、SLR は非投球側が有意に大きく、これらは投球という左右非対称の繰り返し動作によって生じた投手の身体的特性であろうと推測した。一方、高橋ら<sup>43)</sup>は、男子若年野球選手 42 例（平均年齢 14 歳）を対象に、肩関節・前腕部・股関節の可動域を調査し、これらと投球時の全身の障害との関連について検討を行った。その結果、肩あるいは肘関節の痛みを訴えた肩・肘有症状群（26 例）、いずれの部位においても障害のない無症状群（11 例）ともに投球側の肩関節の内旋可動域は制限され、外旋可動域は大きくなっていったが、両群間で有意差はなく、また、股関節の可動域に関しては投球側・非投球側間、また両群間で有意差は認められなかったとしている。また、鈴木ら<sup>47)</sup>は、肩・肘に愁訴のないシニアリーグ野球選手 12 例（平均年齢 13 歳）を対象に、肩関節と股関節の可動域を投球側・非投球側間で比較検討した結果、肩 90° 外転位での内旋可動域、90° 屈曲位での外旋可動域は投球側の有意な可動域制限を認めたが、股関節可動域には左右差を認めなかったとしている。山崎ら<sup>44)</sup>は、投球時に肩に痛みのある高校野球部員 9 例と痛みのない高校野球部員 48 例を対象に身体機能評価 22 項目（肩・肘・股関節・体幹の可動域かつ筋力評価）をそれぞれ投球側と非投球側間で比較した結果、投球時痛の有無にかかわらず投球側の肩関節内旋および水平内転の可動域は小さく、肩甲下筋の筋力低下を認めたものが多く、肩痛のある群に関しては肩甲下筋の筋力低下や肩甲帯の過度の下制を認める割合が高い傾向にあったとしている。村ら<sup>42)</sup>は、投球時肩痛のない高校野球選手 24 例を対象に、投球側・非投球側の肩外転、内外旋筋力を比較検討した結果、投球側は非投球側に比べ有意に外旋筋力が小さく、内旋筋力が大きかったとしている。中垣内ら<sup>45)</sup>は、少年野球クラブチームに所属する選手 54 例（小学 4 年生：19 例、5 年生：22 例、6 年生：13 例）に対して、原テスト<sup>16)</sup>に含まれる 10 項目と上体そらし、立位体前屈、膝かかえテスト、肩 90° 外転位での外旋・内旋可動域、股関節の回旋角度の測定をした結果、左右差が認められたものは 18 例あり、これらはいずれも原テスト<sup>16)</sup> 項目であった。一方、大沢ら<sup>49)</sup>は、高校野球投手 134 例を投球時肩に痛みのある 31 例と痛みのない 103 例に分け、2 群間において原テスト 11 項目<sup>16)</sup>の比較をした結果、有症状群の投球側 SSP, impinge, CAT, ET, EPT, HERT の陽性率は無症状群に比べて有意に高かったとした。また、土屋ら<sup>50)</sup>は少年野球選手 58 例（平均年齢 11.3 歳）を投球時肩または肘に痛みのある 20 例と痛みのない 38 例の 2 群に分けて、原テスト 11 項目<sup>16)</sup>と下肢柔軟性テストとの関連性を検討した結果、肩障害の有無に原テストと下肢柔軟性テストの両方が影響していたと述べている。梶ら<sup>51)</sup>は、大学生野球部員 15 例、高校生野球部員 33 例に対して、肩関節可動域、股関節可動域、立位体前屈、SLR、腸腰筋テストを評価したところ、肩関節に疼痛を認めた障害群（17 例）は、非障害群（31 例）よりも投球側肩関節内旋可動域のみが有意に小さくなっており、他の項目に関しては有意差がなかったとした。しかし、藤井ら<sup>48)</sup>は、高校 1, 2 年生の野球投手 65 例を肩・肘に疼痛のある群 34 例と疼痛のない群 31 例に分けて、肩関節可動域、立位体前屈、SLR、腸腰筋テスト、大腿四頭筋テストでのタイトネスを比較した結果、投球側肩外旋可動域は肩・肘に疼痛のある群が疼痛のない群に比べて有意に小さくなっていったが、肩内旋可動域とその他の評価項目には有意差はなかったとした。一方、糸数ら<sup>53)</sup>は、小学生の野球選手 180 例（肩障害群 15 例・非障害群 165 例）について、関節可動域（肩関節内旋・外旋、肘関節屈曲・伸展、前腕回内・回外、足関節背屈）、指床間距離、踵臀間距離、肘関節外

反ストレステスト，下肢伸展挙上テスト，オーバーテスト，ファーベルテスト，トーマステストを行なった結果，いずれの評価項目にも2群間に有意差はなかったと報告した．また，西野ら<sup>52)</sup>は，中高生野球部員44名例を肩・肘に疼痛のある群14名例と疼痛のない群30例に分けて，肩関節・股関節の可動域を比較したところ，いずれも有意差は認められなかったとしている．Endoら<sup>54)</sup>は，中学生野球選手39例の傷害発生とその危険因子について前向きに検討した結果，15例が投球中に肩または肘の疼痛が発症し，この15例の疼痛発症群の選手はinner muscle，軸足の大腿四頭筋，ハムストリング筋において，疼痛非発症群の選手に比べて有意な緊張増加を示したとしている．また，原<sup>16)</sup>，新宮ら<sup>17)</sup>は，投球障害肩の病態をinner muscleとouter muscleの機能的なimbalanceで生じたものと捉え，さらに大沢ら<sup>49)</sup>は全身運動である投球動作の繰り返しによって体幹・下肢の柔軟性低下，inner muscleなどの筋力低下が生じ，肩腱板等の炎症から投球時の肩痛につながると述べている．続いて，投球障害肩に関与する因子についての検討では，大沢ら<sup>78)</sup>は，高校野球投手133例を対象として，投球時の肩痛の有無と11項目の原テストを調査した．その結果，肩痛あり群(14例)と肩痛なし群(119例)では，HFT，HERT，SSP，EPT，impingementの5項目で有意差を認めた．さらに，投球時肩痛と原テスト11項目との関連をロジスティック回帰分析で検討した結果，肩痛あり群に有意に関与する原テスト項目はHERT，SSP，impingementであったと報告した．一方，太田ら<sup>79)</sup>は，医学部野球選手20例(平均年齢23歳)を対象に，投球時の肩肘痛を有していた12例と原テスト11項目，体幹筋肉量，体幹・下肢柔軟性(指床間距離，踵臀部間距離，Thomas test，下肢伸展挙上角度，股関節内旋・外旋可動域)項目との関連をロジスティック回帰分析で検討した結果，いずれも投球障害の有無に有意に関与する因子は認めず，肩肘痛群における特徴的な身体所見はなかったとしている．また，前田ら<sup>80)</sup>は，高校野球選手146例(1年生：87例，2年生：58例，3年生：1例)(ポジションの内訳は投手56例，捕手12例，内野手49例，外野手29例)を対象にメディカルチェック(以下，MC)を行ない，肩関節痛を有していた選手(19例(13%))の特徴的な身体所見を見出す目的で，原テスト11項目<sup>16)</sup>，僧帽筋下部線維筋力<sup>55,56)</sup>，ゼロポジション外旋筋力，体幹・下肢タイトネス項目(FFD，HBD，トーマステスト，SLR，HIR，HER)との関連をロジスティック回帰分析で検討した結果，肩関節痛に有意に関与する因子は僧帽筋下部線維筋力低下のみであったと報告した．また，投球時に肩関節痛のない高校野球選手30例(1年生：30例)(ポジションの内訳は投手15例，捕手2例，内野手10例，外野手3例)を対象として，原テスト11項目<sup>16)</sup>と体幹・下肢柔軟性(タイトネス)項目(FFD，HBD，トーマステスト，SLR，HIR，HER)を評価項目とし，投球時肩関節痛の発生に関与する身体所見を前向きに調査した結果，13例(43%)に投球時肩関節痛が生じ，その中でCAT，HFTとの関連認め，これらを危険因子として挙げている<sup>81)</sup>．石井ら<sup>82)</sup>は，高校野球部員80例(1年生：43例，2年生：37例，年齢15-17歳)(ポジションの内訳は投手17例，捕手7例，内野手36例，外野手20例)を対象として，MC(肩関節90°外転位における内旋可動域の左右差，肩関節90°外転位における外旋可動域の左右差，肩関節水平屈曲可動域の左右差，肩関節水平伸展可動域の左右差，股関節90°屈曲位における内旋可動域の左右差，股関節90°屈曲位における外旋可動域の左右差，SLR角度の左右差，踵臀間距離の左右差)を行い，投球肩障害の発症に関与する危険因子を前向きに研究した結果，38例(48%)に投球時肩関節痛が生じ，ロジスティック回帰分析で検討した結果，

SLR 角度の左右差, 肩関節 90° 外転位における外旋可動域の左右差が有意な投球肩障害の関連因子であったと報告している。

このように無症状群の投球側と非投球側の身体機能の相違, 有症状群の投球側と非投球側の身体機能の相違, 有症状群と無症状群の身体機能の比較, また, 投球障害肩に関与する身体機能因子について, さまざまな報告がされているが, 報告者によって対象数や対象年齢, 対象者のポジション, また, 測定評価項目が統一されておらず, さらにその結果も異なり, いかなる要因が投球障害肩に関与するかなどの統一された見解は未だにない。さらに, 投球障害肩に関与する身体機能因子のカットオフ値に対する報告は皆無である。また, 対象が野球投手のみに限定された報告は少なく, 多くの報告は複数のポジションを含んだ野球選手を対象としている。

そこで, 著者ら<sup>60)</sup>は, 平均年齢 18 歳の投球障害肩を有する男性の硬式野球投手 44 例を対象に, 肩甲上腕関節ならびに肩甲胸郭関節に対する肩関節機能 (可動域 7 項目: 後捻角 (骨性の可動域項目) として捉えた)・補正外旋角度・補正内旋角度・CAT・HFT・HERT・SRT, 筋力 13 項目: ISP・SSC・SSP・ET・EPT・Full can test・Empty can test・小円筋 test・Lift off test・前鋸筋筋力 test・僧帽筋中部線維筋力 test・菱形筋筋力 test・Muscle strength of the lower trapezius test) を投球側と非投球側間で比較した。その結果, 投球側は非投球側に比べ, 後捻角, 補正外旋角度は有意に大きく, 一方, 補正内旋角度, HFT, SRT, inner muscle 筋力, 僧帽筋下部線維筋力は, 有意に小さい, あるいは低かったことを報告した。

本研究においても, すべての身体的機能評価項目 (上体そらし test, FFD を除く) を有症状群 (44 例) の投球側と非投球側間, 無症状群 (36 例) の投球側と非投球側間で比較検討 (paired t-test) した。その結果, 有症状群の投球側と非投球側の身体機能比較では, 投球側は非投球側に比べて, 後捻角 (平均 10°), 補正外旋角度 (平均 10°), SSD (平均 1cm), HIR (平均 7°) は有意に大きく ( $p < 0.05$ ), 補正内旋角度 (平均 19°), HFT (平均 11°), SRT (平均 6°) は有意に小さく ( $p < 0.05$ ), inner muscle 筋力 (Full can test (平均 11N)・Empty can test (平均 8N)・小円筋 test (平均 9N)・Lift off test (平均 9N)), 僧帽筋下部線維筋力 (Muscle strength of the lower trapezius test) (平均 10N) は有意に低くなっていた ( $p < 0.05$ ) (表 7)。無症状群の投球側と非投球側の身体機能比較では, 投球側は非投球側に比べて, 後捻角 (平均 10°) と SSD (平均 0.5cm) は有意に大きくなっていた ( $p < 0.05$ ) (表 7)。他の項目に関しては, 有症状群, 無症状群ともに, すべて投球側, 非投球側間において有意差はなかった (表 7)。このことより, 本研究では, 投球動作時の肩関節痛の有無に関係なく, 平均競技歴が約 11 年の高校生~成人野球投手の身体的特徴として, 投球側の後捻角と SSD は非投球側に比べて大きくなっていることが示された。

投球動作は, 大きく wind up phase, early cocking phase, late cocking phase, acceleration phase, follow through phase の 5 相<sup>83, 84)</sup>に, もしくは wind up phase, stride phase, arm cocking phase, arm acceleration phase, arm deceleration phase, follow through phase の 6 相<sup>85)</sup>に分けられることが多い。今回の研究 3 の結果より平均年齢 18 歳 (16-22 歳) の投球障害肩症例の投球動作を考えた際, 投球側の SRT は有症状群が無症状群に比べて有意に小さくなっていること, 一方, 補正外旋角度は有症状群が無症状群に比べて有意に大きく

なっているということは、投球相のearly cocking phase～late cocking phaseにおいて、肩甲胸郭関節の柔軟性を司る肩甲帯（肩甲骨）のretractionが少なく、肩甲上腕関節のみが過度に水平伸展（過角形成：hyperangulation）する、すなわち肩甲骨面から上腕骨が前上方に逸脱してしまうことで、非生理的な骨頭と関節唇の擦れや関節包の伸長、肩峰下インピンジなどをきたし、痛みを生じるものと推測した。また、inner muscleは、投球動作中、とくに肩挙上、回旋時に肩甲骨（肩甲骨窩）に対して上腕骨頭を求心位に保つ重要な役割をしている<sup>59)</sup>。また、僧帽筋下部線維は解剖学的な位置関係から、投球動作時に肩甲骨の上方回旋を誘導し、さらに、肩甲棘と上腕が一直線となる、いわゆるゼロポジション位の維持<sup>86)</sup>に加えて、投球相のarm deceleration phaseにおいて最大筋力を発揮する<sup>87)</sup>ことで、このarm deceleration phaseにおいて胸郭に対する肩甲骨の求心性に関与する重要なスタビライザーとして機能している<sup>55, 56, 86, 87)</sup>。Inner muscleが第1の求心力、僧帽筋下部線維が第2の求心力として、投球動作時には両者が効率よく働くことによって肩関節の安定化が得られることが必要である<sup>55, 56)</sup>。本研究の結果、投球側のinner muscle（棘上筋、棘下筋、小円筋、肩甲下筋）筋力、僧帽筋下部線維筋力の両者が、有症状群では無症状群に比べて有意に低くなっていたことは、有症状群ではarm deceleration phaseにおいて肩甲骨のスタビライザーとしての機能が働かず、肩甲胸郭関節のみならず肩甲上腕関節の不安定性を助長するものと考えた。さらに、非投球側のHIRが有症状群では無症状群に比べて有意に小さくなっているということは、有症状群では、acceleration phase～follow through phaseにおいて、体重移動によって蓄積されたエネルギーを非投球側の股関節に効率的に伝達することができないことが推測される。その代償を上半身、とくに肩甲上腕関節で補おうとすると、いわゆる手投げとなり、arm cocking phase～arm acceleration phaseにおける過度な外転外旋位とarm deceleration phase～follow through phaseにおける肩関節後方要素への牽引力によってPSTを形成すると推測した。それが身体所見上、補正内旋角度とHFTが小さく表れていると考えた。これらは、投球動作全般において上腕骨頭の求心位をさらに失わせ、前述のような二次的なさまざまな疼痛<sup>15)</sup>を誘発してしまうと考えた。このように、投球障害肩症例でみられた異なる部位での身体的特徴は、一連の投球動作の中で考えてみると、それぞれ密接に関連していることが示唆された。

以上のように、投球障害肩における特徴的な身体所見を抽出したが、本研究では、ロジスティック回帰分析を行い、上記のいかなる因子が投球障害肩に最も関連しているかの検討を行った。その結果、投球障害肩に有意に関与する因子として、SRT、補正内旋角度、Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力）の3項目が抽出された。この結果は、田中ら<sup>55, 56)</sup>が野球選手の身体機能評価項目として重要視している2項目（SRT、Muscle strength of the lower trapezius test）と一致した。本研究では、2nd肢位での肩回旋可動域の中でもさらに詳細に、後捻角の影響を除いた補正回旋角度を計測したところ、補正内旋角度も投球障害肩に関与する重要な因子として抽出された。2nd肢位での肩回旋可動域を測定する従来の方法では上腕骨の後捻角を考慮していないものであったが、本研究では、超音波画像診断装置を用いることによって、上腕骨の後捻角を差し引いた回旋可動域の測定が可能となり、補正内旋角度が小さいこと、すなわちPSTが、投球障害肩における重要な因子として抽出されたことは意義が深い。従来から、投球障害肩におけるPSTの関与が指摘されていたが、本研究によって初めてこれが裏付けられたものと考えられる。

以上のような特徴的な身体機能を有する投球障害肩症例（投手）は、効率的な運動連鎖を遂行するための投球動作は困難であるため、器質的かつ機能的な身体的問題を解決する必要がある。今回の研究から、器質的には、投球障害肩に有意に関与する因子として抽出された可動域項目 2 つ（SRT, 補正内旋角度）、筋力項目 1 つ（Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力））を優先的に評価し、治療する必要があると考える。また、有意に関与する 3 つの項目すべてにおいて、カットオフ値を算出できたことより、投球障害肩症例（投手）の治療の際、具体的な改善目標値として設定することが可能となった。つまり、SRT のカットオフ値は  $21.5^{\circ}$  であったのに対して有症状群の投球側 SRT は平均  $19.4^{\circ}$  であり、約  $2^{\circ}$  の改善を図る必要がある。同じく、補正内旋角度のカットオフ値は  $35.5^{\circ}$  に対して有症状群では平均  $27.6^{\circ}$  であり約  $8^{\circ}$  の改善を、Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力）のカットオフ値は 55.15N に対して有症状群では平均 51.8N であり約 3N の改善を図るといった目標値を客観的に数値化でき、われわれ PT に加え、患者自身にも改善目標値として提示できうると考える。さらに、これらの器質的な問題が解決された後は、投球動作においてこれらが機能的にも改善しているかを評価し、正しい運動連鎖に伴う投球動作を獲得することが重要である。

表 7. 有症状群 (n=44), 無症状群 (n=36) の投球側と非投球側における身体機能項目比較

			投球側	非投球側	有意
肩関節・肩甲帯 機能評価項目	上腕骨頭後捻角度	有症状群	9.2±4.6°	-0.8±5.6°	*
		無症状群	9.1±4.8°	-0.9±5.6°	*
	補正外旋角度	有症状群	111.2±9.4°	101.1±10.2°	*
		無症状群	101.5±8.6°	101.8±9.3°	
	補正内旋角度	有症状群	27.6±7.9°	46.8±8.4°	*
		無症状群	47.3±7.8°	47.6±8.9°	
	SSD	有症状群	8.0±0.7cm	7.2±0.8cm	*
		無症状群	7.6±0.5cm	7.1±0.6cm	*
	CAT	有症状群	180.9±12.9°	181.6±11.4°	
		無症状群	183.8±10.7°	184.2±11.6°	
	HFT	有症状群	126.7±11.1°	137.5±9.7°	*
		無症状群	137.1±9.2°	139.1±9.3°	
	HERT	有症状群	114.9±10.2°	112.1±17.8°	
		無症状群	113.8±10.1°	112.8±19.1°	
	SRT	有症状群	19.4±4.1°	25.3±5.1°	*
		無症状群	25.1±4.7°	25.7±4.7°	
	ISP	有症状群	98.9±6.1N	100.4±7.1N	
		無症状群	99.4±5.4N	102.1±7.3N	
	SSC	有症状群	105.7±9.8N	106.4±10.6N	
		無症状群	106.0±9.2N	108.1±10.4N	
	SSP	有症状群	101.7±9.7N	101.1±11.5N	
		無症状群	102.2±9.2N	101.9±12.3N	
	ET	有症状群	106.6±9.5N	106.7±9.7N	
		無症状群	107.3±9.1N	106.4±9.0N	
	EPT	有症状群	114.9±14.9N	113.3±12.5N	
		無症状群	116.1±13.5N	114.0±13.5N	
	Full can test	有症状群	111.5±20.9N	122.3±21.8N	*
		無症状群	122.2±17.5N	123.1±18.2N	
	Empty can test	有症状群	101.2±18.3N	109.0±18.9N	*
		無症状群	108.7±17.4N	109.2±17.8N	
	小円筋test	有症状群	76.3±12.9N	85.2±13.6N	*
		無症状群	85.4±12.3N	85.8±12.4N	
Lift off test	有症状群	68.3±7.8N	77.4±8.7N	*	
	無症状群	77.7±8.0N	78.2±7.7N		
前鋸筋筋力test	有症状群	119.0±31.2N	116.5±31.1N		
	無症状群	118.6±17.0N	117.6±17.8N		
僧帽筋中部線維筋力test	有症状群	120.4±22.8N	119.2±21.9N		
	無症状群	121.0±15.3N	120.4±13.8N		
菱形筋筋力test	有症状群	112.4±22.7N	113.4±20.4N		
	無症状群	113.4±17.0N	112.8±15.0N		
Muscle strength of the lower trapezius test	有症状群	51.8±9.7N	62.2±6.8N	*	
	無症状群	62.6±6.8N	62.8±6.6N		

体幹・下肢 機能評価項目	Modified trunk rotation test	有症状群	73.8±8.2°	74.0±7.1°	
		無症状群	73.7±8.8°	73.8±7.5°	
	The Bench test	有症状群	26.9±8.5秒	28.3±8.4秒	
		無症状群	27.1±9.1秒	28.2±8.9秒	
	Sideways Bench test	有症状群	27.6±8.3秒	27.9±8.7秒	
		無症状群	27.5±9.0秒	28.0±8.5秒	
	HBD	有症状群	2.4±2.9cm	2.4±2.8cm	
		無症状群	2.5±2.8cm	2.5±2.9cm	
	SLR	有症状群	75.4±7.0°	75.5±7.1°	
		無症状群	75.5±7.4°	75.7±7.8°	
	HER	有症状群	61.6±7.1°	62.1±6.6°	
		無症状群	62.3±7.5°	61.9±7.0°	
	HIR	有症状群	46.7±7.9°	39.6±7.6°	*
		無症状群	46.6±7.4°	46.9±6.6°	
	足関節底屈角度	有症状群	51.9±8.1°	51.8±7.6°	
		無症状群	51.7±7.8°	51.8±7.8°	
	足関節荷重位背屈角度	有症状群	51.8±7.2°	50.8±7.5°	
		無症状群	51.9±7.4°	51.1±7.3°	

N : ニュートン.      平均値±標準偏差.      \* : p<0.05.

## 第VI章 結語

研究1では、上腕骨頭後捻角度（後捻角）の測定方法の信頼性について検者内信頼性を測定し、研究2では、HHD（micro FET2. HOGGAN HEALTH 社製）を使用した肩関節周囲筋の筋力測定方法の信頼性について検者内信頼性を測定した結果、いずれも検者内信頼性に優れた測定方法であることが確認された。

研究3では、投球動作時に、平均年齢18歳の肩関節に痛みのある男性硬式野球投手（有症状群）と痛みのない男性硬式野球投手（無症状群）の2群間における身体的特徴（身体機能）の相違について検討し、さらに投球障害肩に関与する身体機能因子とそれらのカットオフ値を算出した。その結果、投球障害肩に有意に関与する因子として、SRT、補正内旋角度、Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力）の順に抽出され、また、それぞれのカットオフ値として  $21.5^{\circ}$ 、 $35.5^{\circ}$ 、55.15N が算出された。PTが高校生～成人の投球障害肩症例（投手）に対して評価・治療を施行する際、優先的にこれらの項目（SRT、補正内旋角度、Muscle strength of the lower trapezius test（僧帽筋下部線維筋力））を評価し、また、これらのカットオフ値を目標値として治療を施行することで、PTが今まで施行してきたNBM中心の治療に加え、EBMを融合した治療に転換できる可能性が示唆され、PTの治療に科学的根拠を持たせることができると考えた。

## 第Ⅶ章 本研究の限界と今後の課題

第1に、今回の被検者は、平均年齢18歳（16-22歳）の比較的若い年代のみを対象としている。異なる年齢層や競技歴が、病態や後捻角、さらに筋力などに影響を及ぼす可能性がある。したがって、今後は年齢、競技歴などの幅をさらに広げて検討する必要がある。

第2に、今回の有症状群（44例）に対しては、医師が単純X線像やMRIで画像診断を行い、痛みの原因として同定できる明らかな病変のあるものはほとんどないことを確認しているが、明らかな病変を伴った症例では、異なった結果も予想される。今後は、腱板の関節面損傷や関節唇損傷などの明らかな病変を伴ったものに対しても検討していく必要があると考える。

第3に、今回の被検者は、全例、利き手は右側で、右投げの投手を対象としている。今後は、利き手が左側で、左投げの投手においても、今回の右投げの投手と同様の結果となるか検討していく必要がある。

第4として、研究1、研究2で行った後捻角の測定方法・HHD（micro FET2、HOGGAN HEALTH社製）を使用した肩関節周囲筋の筋力測定方法の信頼性は、先行研究からも検者内信頼性が高いことは報告されているが、超音波画像診断装置・HHDの取り扱いに習熟した者がさらに練習をすることで検者内信頼性が高くなっていると考えられる。しかし、これらの機器に不慣れた検者、また肩関節疾患の治療に従事していない検者であると異なる結果が予測されるため、今後は検者間信頼性についても検討する必要がある。

第5に、本研究で得られた結果をもとに、高校生～成人の投球障害肩症例（投手）に対し、カットオフ値を目標値としたSRT・補正内旋角度の可動域増大、僧帽筋下部線維の筋力向上を目的とした治療を優先的に施行し、また、有症状群と無症状群間において有意差のあった項目に対しても治療を施行し、治療効果と症状改善度の関連性について検討していく必要がある。最後に、著者らは、先行研究として、投球障害肩症例のPST、すなわち補正内旋角度の可動域増大に対する効果的なストレッチング方法（All-fours posterior stretch（APS法）<sup>33)</sup>、また、肩関節挙上角度の可動域増大に対する効果的な治療方法（快適挙上運動軌跡に沿った可動域 exercise<sup>88)</sup>を報告している。しかし、SRTの可動域増大、また僧帽筋下部線維の筋力向上に対する有効な治療方法（トレーニング方法）は明らかにされていないため、今後、これらに対する効果的な治療方法（トレーニング方法）についても確立し、これらの治療、トレーニングの持続効果についても検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) Snyder SJ, Karzel RP, Del Pizzo W, et al. : SLAP lesions of the shoulder. *Arthroscopy*, 1990, 6(4) :274-279.
- 2) Michener LA, McClure PW, Karduna AR : Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2003, 18(5) :369-379.
- 3) Lyman S, Fleisig GS, Waterbor JW, et al. : Longitudinal study of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc*, 2001, 33(11) :1803-1810.
- 4) Garrick JG, Requa RK : Injuries in high school sports. *Pediatrics*, 1978, 61(3) :465-469.
- 5) 丸山麻子, 桜庭景植, 石川拓次・他 : 高校野球における地域差による傷害発生要因の検討. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 2008, 16(1) :79-85.
- 6) 伊藤博一, 眞瀬垣啓, 河崎尚史・他 : 年代別肩・肘有痛部位と真下投げ VAS 評価の詳細－野球選手 10,957 名のフィールド調査から－. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 2009, 17(2) :362-372.
- 7) 日野邦彦 : スポーツ障害とストレッチング. *理学療法*, 1997, 14(6) :483-488.
- 8) 浜田純一郎, 櫻庭龍也, 遠藤和博 : 投球の運動連鎖と肩・肘障害. *Medical Rehabilitation*, 2011, 137 :23-29.
- 9) 宮下浩二, 小林寛和, 横江清司 : 投球の加速運動における上肢関節運動の検討. *Journal of Athletic Rehabilitation*, 2000, 2(1) :111-118.
- 10) 河上剛 : 上腕骨頭後捻角度の影響を除いた肩回旋可動域の計測法－成長期投球障害肩の 1 評価法－. *中部日本整形外科災害外科学会雑誌*, 2012, 55(1) :1-6.
- 11) 菅谷啓之 : 投球障害肩の診断と治療戦略－われわれの治療方針と成績－. *日本整形外科スポーツ医学会誌*, 2013, 33(3) :246-252.
- 12) 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(11) :1922-1930.
- 13) Pappas AM, Zawacki RM, Sullivan TJ : Biomechanics of baseball pitching. A preliminary report. *Am J Sports*, 1985, 13(4) :216-222.
- 14) Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, et al. : Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med*, 1995, 23(2) :233-239.
- 15) Burkhart SS, Morgan CD : The peel-back mechanism: its role in producing and extending posterior type II SLAP lesions and its effect on SLAP repair rehabilitation. *Arthroscopy*, 1998, 14(6) :637-640.
- 16) 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(9) :1189-1194.
- 17) 新宮由幸, 原正文 : 投球障害肩－野球肩理学所見 11 項目のとり方・考え方－. *MEDICAL REHABILITATION*, 2013, 157 :15-22.
- 18) Bigliani LU, Codd TP, Connor PM, et al. : Shoulder motion and laxity in the professional baseball player. *Am J Sports Med*, 1997, 25(5) :609-613.
- 19) Crockett HC, Gross LB, Wilk KE, et al. : Osseous adaptation and range of motion

- at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med*, 2002, 30(1):20-26.
- 20) Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB: The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy*, 2003, 19(4):404-420.
- 21) Osbahr DC, Cannon DL, Speer KP: Retroversion of the humerus in the throwing shoulder of college baseball pitchers. *Am J Sports Med*, 2002, 30(3):347-353.
- 22) Cowgill LW: Humeral torsion revisited: a functional and ontogenetic model for populational variation. *Am J Phys Anthropol*, 2007, 134(4):472-480.
- 23) Tyler TF, Roy T, Nicholas SJ, et al.: Reliability and validity of a new method of measuring posterior shoulder tightness. *J Orthop Sports Phys*, 1999, 29(5):262-274.
- 24) 三原研一: 少年野球選手の肩関節可動域. *骨・関節・靭帯*, 2007, 20(4):317-322.
- 25) Krahl VE: The bicipital groove; a visible record of humeral torsion. *Anat Rec*, 1948, 101(3):319-331.
- 26) Edelson G: The development of humeral head retroversion. *J Shoulder Elbow Surg*, 2000, 9(4):316-318.
- 27) Ringel SP, Treihart M, Carry M, et al.: Suprascapular neuropathy in pitchers. *Am J Sports Med*, 1990, 18(1):80-86.
- 28) 牧内大輔, 筒井廣明, 三原研一・他: 小・中学生の野球選手における上腕骨後捻角の検討. *東日本整形災害外科学会雑誌*, 2003, 15(1):62-65.
- 29) Yamamoto N, Itoi E, Minagawa H, et al.: Why is the humeral retroversion of throwing athletes greater in dominant shoulders than in nondominant shoulders?. *J Shoulder Elbow Surg*, 2006, 15(5):571-575.
- 30) Andrews JR, Dugas JR: Diagnosis and treatment of shoulder injuries in the throwing athlete: the role of thermal-assisted capsular shrinkage. *Instr Course Lect*, 2001, 50:17-21.
- 31) 岩本賢, 飯田博巳, 平井達也・他: 野球選手における肩関節可動域の特性—地域少年野球選手のメディカルチェックより—. *日本私立医科大学理学療法学会誌*, 2002, 19:26-28.
- 32) 飯田博巳, 平井達也, 岩本賢・他: 少年野球選手の肩関節内旋制限に関連する因子. *東海スポーツ傷害研究会会誌*, 2003, 21:24-26.
- 33) 川井謙太郎, 舟崎裕記, 林大輝・他: 投球障害肩における肩関節 2nd 内旋制限に対するセルフストレッチ方法の比較—即時効果判定—. *理学療法科学*, 2016, 31(1):13-17.
- 34) Morgan CD, Burkhart SS, Palmeri M, et al.: Type II SLAP lesions: Three types and their relationship to superior instability and rotator cuff tears. *Arthroscopy*, 1998, 14(6):553-565.
- 35) Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB: Shoulder injuries in overhand athletes. The dead arm revisited. *Clin Sports Med*, 2000, 19(1):125-158.
- 36) Tyler TF, Nicholas SJ, Roy T, et al.: Quantification of posterior capsule tightness and motion loss in patients with shoulder impingement. *Am J Sports Med*, 2000, 28(5):668-673.
- 37) 鈴木一秀, 筒井廣明, 三原研一・他: スポーツ障害肩の外転外旋位 MR アルトログラム

- 斜位横断像の有用性. 肩関節, 2002, 26(3):561-565.
- 38) Miniaci A, Mascia AT, Salonen DC, et al.: Magnetic resonance imaging of the shoulder in asymptomatic professional baseball pitchers. Am J Sports Med, 2002, 30(1): 66-73.
- 39) Mihata T, Lee Y, McGarry MH, et al.: Excessive humeral external rotation results in increased shoulder laxity. Am J Sports Med, 2004, 32(5):1278-1285.
- 40) 川井謙太郎: 投球障害肩症例における上腕骨頭後捻角度を考慮した肩回旋可動域の特徴—超音波画像診断装置を用いて—. 理学療法科学, 2014, 29(3):345-349.
- 41) 川井謙太郎, 舟崎裕記, 林大輝・他: 野球投手における上腕骨頭後捻角度を考慮した肩回旋可動域—有症状群と無症状群の比較—. 理学療法科学, 2016, 31(2):309-313.
- 42) 村成幸, 高原政利, 佐々木淳也・他: 成長期における野球選手の肩筋力評価—マイクロフェットを用いて—. 肩関節, 2004, 28(2):347-350.
- 43) 高橋亮輔, 林英俊, 澁川正人・他: 若年野球選手の上肢・下肢の可動域について—障害予防の観点から—. 身体教育医学研究, 2005, 6(1):31-37.
- 44) 山崎孝, 伊藤直之, 北出俊介・他: 高校野球部員同士による身体評価の試み—身体評価と肩及び肘痛との関係—. 理学療法福井, 2006, 10:36-41.
- 45) 中垣内博喜, 水谷信男, 山下洋太・他: 少年野球クラブチームにおけるメディカルチェックの実施について. 東海スポーツ傷害研究会会誌, 2006, 24:7-10.
- 46) 松井知之, 森原徹, 木田圭重・他: 中学生・高校生野球投手における身体特性—上下肢可動域の左右差に着目して—. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 2011, 31(1):93-97.
- 47) 鈴木昌, 西中直也, 松久孝行・他: 関東圏シニアリーグ野球選手のゼロポジション近似肢位での肘伸展筋力および身体機能評価. JOSKAS, 2014, 39(3):958-962.
- 48) 藤井康成, 赤嶺卓哉, 小倉雅・他: 高校野球選手に対するメディカルチェックの検討. 九州・山口スポーツ医・科研究会誌, 2003, 15:80-85.
- 49) 大沢敏久, 高岸憲二, 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(2):437-439.
- 50) 土屋篤志, 吉田雅人, 大藪直子・他: 原テストによる少年野球選手の肩評価—下肢柔軟性との関連—. 肩関節, 2010, 34(2):523-526.
- 51) 梶博則, 宮崎雅司, 中尾周平・他: 大学野球選手のメディカルチェック—高校生との比較—. JOSKAS, 2010, 35(1):256-257.
- 52) 西野大助, 石井兼太: 中高生野球部員に対するメディカルチェックについて—肩・肘の疼痛と関節可動域の関連—. みんなの理学療法, 2013, 25:24-27.
- 53) 糸数武士, 相澤徹, 藤本敬章・他: 小学生軟式野球選手のスポーツ障害の発生とその身体的要因の検討—メディカルチェックの結果より—. スポーツ傷害, 2014, 19:14-16.
- 54) Endo Y, Sakamoto M: Correlation of shoulder and elbow injuries with muscle tightness, core stability, and balance by longitudinal measurements in junior high school baseball players. Journal of Physical Therapy Science, 2014, 26(5):689-693.
- 55) 田中稔, 佐藤克己, 永元英明・他: プロ野球投手の肩甲帯機能と障害発生因子—僧帽筋下部の重要性—. 肩関節, 2012, 36(3):1023-1027.
- 56) 田中稔: 肩インターナルインピンジメントの病態と治療法. 臨床スポーツ医学, 2013, 30(9):859-867.

- 57) Ito N, Eto M, Maeda K, et al. : Ultrasonographic measurement of humeral torsion. J Shoulder Elbow Surg, 1995, 4(3) :157-161.
- 58) 桑原洋一, 齋藤俊弘, 稲垣義明 : 検者内および検者間の Reliability (再現性, 信頼性) の検討—なぜ統計学的有意が得られないのか—. 呼吸と循環, 1993, 41(10) :945-952.
- 59) 川井謙太郎, 安保雅博 : 肩関節 inner muscle の筋力増強訓練方法の考案—Closed Kinetic Chain cuff-exercise について—. 理学療法科学, 2009, 24(3) :343-346.
- 60) 川井謙太郎, 舟崎裕記, 林大輝・他 : 投球障害肩症例における投球側と非投球側の肩関節機能の違い. 理学療法科学, 2017, 32(1) :39-43.
- 61) 高橋友明, 畑幸彦 : 腱板損傷の理学療法. 理学療法, 2006, 23(12) :1611-1616.
- 62) 落合信康, 山崎博範, 佐々木裕・他 : 拡散強調画像を用いた腱板筋機能評価. 肩関節, 2013, 37(2) :461-463.
- 63) 西川仁史 : 有痛性疾患の理学療法プログラム—腱板損傷—. 理学療法, 2006, 23(1) :275-280.
- 64) Hislop HJ, Montgomery J : 新・徒手筋力検査法, 原著第 8 版. 津山直一・中村耕三 (訳), 協同医書出版社, 東京, 2008, pp63-87.
- 65) 光金正宮, 能登真一, 平田秀彦 : ハンドヘルドダイナモメーターによる筋力検査 腱板構成筋評価の再現性の検討. 総合リハビリテーション, 1999, 27(9) :861-864.
- 66) 佐藤滋, 鎌田潤也, 上嶋健治・他 : ハンドヘルドダイナモメーターの精度評価と臨床応用への検討—CYBEXNORM TM と Power Track II TM を用いて—. 東北理学療法学, 2000, 12:6-9.
- 67) 川井謙太郎, 齋藤昭彦 : 健常女性肩関節周囲筋筋力の加齢的变化—Hand-Held Dynamometer を用いて—. 理学療法科学, 2005, 20(3) :207-212.
- 68) 川井謙太郎, 舟崎裕記, 林大輝・他 : 足関節角度が腓骨筋トレーニングに及ぼす影響. 日本臨床スポーツ医学会誌, 2012, 20(3) :536-542.
- 69) 浅見俊雄 : スポーツ医学 検査測定マニュアル—体力・運動能力の測定—. 臨床スポーツ医学 臨時増刊号, 1990, 7:36.
- 70) 大島襄 : FIFA 医学評価研究センター (F-MARC) サッカー医学マニュアル, 財団法人日本サッカー協会, 2007, サンメッセ (株), 東京, pp113-121.
- 71) 鳥居俊, 中嶋寛之, 中島耕平 : 発育期のスポーツ傷害防止のための整形外科的メディカルチェック (第 2 報) —関節弛緩性・筋柔軟性と傷害発生との関係—. 日本整形外科学会雑誌, 1994, 14(3) :359-366.
- 72) 竹中裕人, 西浜かすり, 矢口敦貴・他 : 病院職員の腰痛の実態と関連要因に関する横断研究—腰痛特異的な心理的要因に着目した検討—. 理学療法科学, 2015, 30(2) :297-300.
- 73) 宮崎純弥, 村田伸, 堀江淳・他 : 高齢者の長座体前屈距離と脊柱可動性ならびに下肢伸展挙上可動域との関係. 理学療法科学, 2010, 25(5) :683-686.
- 74) 日本整形外科学会身体障害委員会 : 関節可動域表示ならびに測定法 (平成 7 年 2 月改訂). 日本整形外科学会雑誌, 1995, 69:240-250.
- 75) 日本リハビリテーション医学会評価基準委員会 : 関節可動域表示ならびに測定法 (平成 7 年 4 月改訂). リハビリテーション医学, 1995, 32:207-217.
- 76) 川井謙太郎, 舟崎裕記, 林大輝・他 : 野球, サッカー選手におけるしゃがみ込み動作,

正座の可否と下肢障害発生との関連性について－前向き研究－. 理学療法科学, 2015, 30(5):783-786.

77) Fluss R, Faraggi D, Reiser B: Estimation of the Youden Index and its associated cutoff point. *Biom J*, 2005, 47(4):458-472.

78) 大沢敏久, 高岸憲二, 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－第2報－. 肩関節, 2008, 32(3):687-690.

79) 太田聖也, 前田周吾, 津田英一・他: 医学部野球選手の投球障害と原テストおよび体幹・下肢柔軟性, 筋肉量との関連. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 2013, 33(2):164-167.

80) 前田周吾, 津田英一, 平賀康晴・他: 高校野球選手の肩痛に関連する身体所見の特徴. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 2014, 34(3):263-266.

81) 前田周吾, 津田英一, 平賀康晴・他: 高校野球選手の投球時肩痛発生に関連する身体所見. 整形・災害外科, 2014, 57(13):1767-1771.

82) 石井壮郎, 森慎太郎, 向井直樹・他: 高校野球選手においてメディカルチェックから投球肩障害の発症を予測できるか?. 日本臨床スポーツ医学会誌, 2010, 18(3):448-455.

83) Jobe FW, Tibone JE, Perry J, et al.: An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching. *Am J Sports Med*, 1983, 11(1):3-7.

84) Glousman RE, Jobe FW, Tibone JE, et al.: Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg Am*, 1988, 70(2):220-226.

85) Fleisig GS, Escamilla RF, Andrews JR, et al.: Kinematic and kinetic comparison between baseball pitching and football passing. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 12:207-224.

86) Kibler WB, Sciascia A: Current concepts: scapular dyskinesis. *Br J Sports Med*, 2010, 44(5):300-305.

87) Digiovine NM, Jobe FW, Pink M, et al.: An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elbow Surg*, 1992, 1(1):15-25.

88) 川井謙太郎, 佐藤信一: 肩関節可動域訓練方法の違いについて－最終可動域角度・痛みの程度を中心に－. 理学療法科学, 2007, 22(4):483-487.

## 謝辞

本学位論文の執筆にあたり、多くの方々より献身的なご指導と多大なるご支援を賜りました。

本学位論文の指導教授である立教大学コミュニティ福祉学部の加藤晴康先生、また、副指導教授となって頂きました立教大学コミュニティ福祉学部の沼澤秀雄先生、安松幹展先生、石渡貴之先生、石井秀幸先生に心より感謝申し上げます。加藤晴康先生には、本学位論文作成にあたって終始、大変献身的なご指導を頂きました。東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックに受診している患者を被検者とし、またその患者データを使用したこともあり、東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックの先生方とのパイプ役にもなって頂きました。また、私の研究テーマに深いご理解を頂き、綿密なご指導とご後援を賜りました。沼澤秀雄先生には、初年度より2年間に渡り指導教授として、大変ご丁寧なご指導を頂き、最終年度は副指導教授として本学位論文が倫理的整合性のとれた内容となるよう、ご助言、ご指導頂きました。安松幹展先生、石渡貴之先生、石井秀幸先生におかれましても、副指導教授として、丁寧で、的確なご指導を頂戴しました。

さらに、本学位論文の執筆にあたり、大変献身的且つ、熱心に、ご指導して下さいました東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックの舟崎裕記先生（東京慈恵会医科大学整形外科学講座：准教授、東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニック：診療部長）に厚く御礼申し上げます。舟崎裕記先生には、東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニックにおいて、共に働かせて頂いていることもあり、本学位論文の執筆にあたり、入学前の研究デザイン作成から完成に至るまで終始、大変献身的なご指導を頂きました。

また、本学位論文の外部審査委員となって頂きました岩間徹先生（潤生会岩間整形外科）に心より感謝申し上げます。岩間徹先生には、学術的なことに留まらず、スポーツ現場での選手目線に立った重要な考え方について、大変献身的なご助言、ご指導を頂きました。

また、本博士学位論文の審査過程にご助力を頂きました、立教大学コミュニティ福祉学部の全先生方、教務課および学部事務の職員の皆様に心より感謝申し上げます。

最後になりましたが、今後とも変わらぬご指導を賜りますようお願い申し上げます、書面をもって御礼のご挨拶といたします。大変献身的なご指導を多く頂きまして、本当にありがとうございました。

2017年12月  
川井 謙太郎