

2014年度 修士論文

野球選手に対するストレッチの有用性

Usefulness of stretching for
the baseball player

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻 スポーツ医科学研究領域

5013A051-4

西本 豪友
NISHIMOTO, Taketomo

研究指導教員： 福林 徹 教授

目次

第1章 緒言

1-1. 研究背景	1
1-2. 研究小史	5
1-2-1. 肩甲上腕関節	5
1-2-2. 肩甲胸郭関節	6
1-2-3. ストレッチング	7
1-2-4. 先行研究のまとめ	7
1-3. 研究の目的	8

第2章 研究「大学野球選手における肩甲上腕関節のストレッチングに対する胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋(3rd:肩関節 90° 屈曲位)角度および投球時 MER の即時的効果と継時的変化の検証」

2-1. 目的	9
2-2. 方法	9
2-3. 可動域測定	10
2-4. 投球時肩関節最大外旋位(MER)測定	14
2-5. ストレッチング方法	15
2-6. 解析および統計	20
2-7. 結果	21
2-8. 考察	27

第 3 章 結語	34
----------	----

参考文献	35
------	----

謝辞	44
----	----

1. 緒言

1.1 研究背景

野球は、世界的に人気のある代表的なオーバーヘッドスポーツの一つである。2011 年の時点において、世界野球機構(International Baseball Federation : IBAF)には、119 の国が加盟しており、全世界の競技人口は 3500 万人と報告されている。^{注 1)} また、総務省によると日本の野球競技人口は、810 万人であると報告されている。

(<http://preneta.b2you.biz/shakaisekatsu/sportscounts.html>) つまり、世界の約 4 割の競技人口を日本人が占めていることになり、世界的にみても日本の野球人気は明白である。

野球における投球動作とは、「ある物体が上肢の動きに導かれて速度と方向が与えられた動作⁽¹⁾」とされている。さらに、投球動作を上手く・速く・正確に行うためには、下肢・体幹・上肢などを協調させながら全身でダイナミックに運動を行うことが必要である⁽¹⁾⁽²⁾。

一般的な投球動作は、①ワインドアップ期、②アーリーコッキング期、③レイトコッキング期、④アクセレーション期、⑤ディセレーション期、⑥フォロースルー期の 6 相から成り立っている⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ (図.1)。

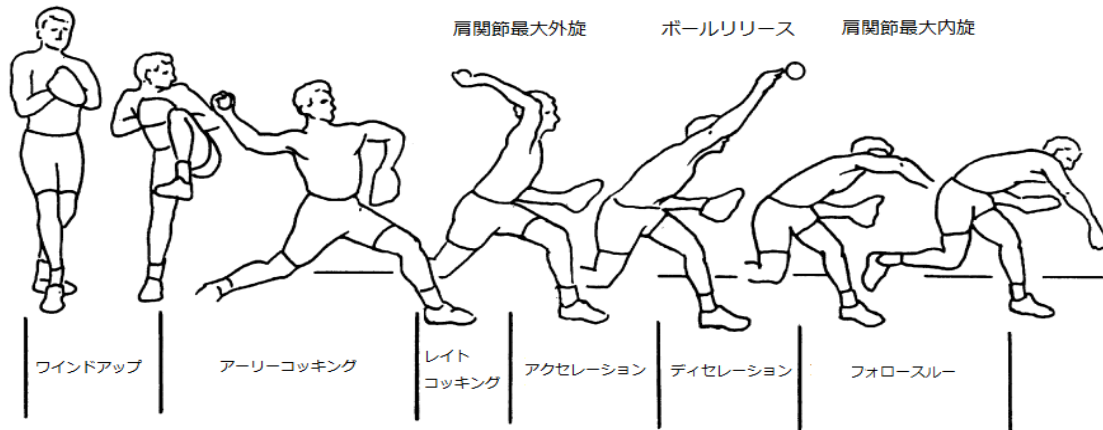


図 1 6 期に分けた投球動作(Fleisig GS et al.1999 を改変して引用)⁽⁴⁾

投球動作時には、肩周囲の筋や関節に多大なるストレスが加わるため、投球障害肩と呼ばれる投球に係る上肢の障害が多く発生する。投球動作時には、肩甲上腕関節(以下、肩関節)に大きなストレスがかかり、ダイナミックな肩関節運動を可能にするための安定性や内・外旋の可動域を保つことが要求される⁽⁴⁾。肩の動的安定性には、回旋腱板筋(棘上筋・棘下筋・小円筋・肩甲下筋)が貢献する⁽⁷⁾⁽⁸⁾。特にコッキング期には回旋腱板筋が上腕骨頭を関節窩に固定する働きをする⁽⁷⁾。また、レイトコッキング期において、胸椎後弯角が大きいと肩関節の外転が制限され肘下がりの投球動作となり、肩関節前方の靱帯などに強い伸張性のストレスが加わる⁽⁹⁾。さらに、ディセレーション期では投球腕の減速をするために回旋腱板筋全体に遠心性収縮の大きなストレスが加わり、ボールリリース直後に肩甲上腕関節には体重の108%の牽引力が掛かると報告されている⁽¹⁰⁾。伊藤らの研究によると、若年代の野球選手10,957名(小学生:1781名 中学生:7188名 高校生:1489名 大学生:499名)のうち肩関節に痛みを有する選手は1,224名(11.2%{小学生:6.1% 中学生:9.6% 高校生:17.7% 大学生:32.7%})であったと報告した⁽¹¹⁾。また、大倉ら(2003)によると、72%の選手が肩や肘の障害経験があると報告しており、投球による肩の障害が多く起こっていることがわかる⁽¹²⁾。

投球障害肩とは、投球動作によって生じる肩のスポーツ障害の総称であり、病態診断名ではなく、肩の疼痛や不安定感・脱力感によりパフォーマンスが阻害される病態のことを示す。具体的には肩峰下インピンジメント・SLAP(Superior Labrum Anterior and Posterior)病変・Bennett病変・腱板損傷・肩甲骨機能障害が含まれるとされている⁽²⁾。近年、画像診断・関節鏡検査の進歩により、投球障害肩に関する解剖学的な損傷部位はより明確に解明されてきており、肩峰下滑液包、腱板、上腕二頭筋長頭腱、関節包、上・中・下関節上腕靱帯、関節唇、関節軟骨、骨、骨端部、肩甲胸郭部滑液包、神経と血管が損傷部位として挙げられている⁽²⁾。しかし、実際の投球障害肩ではこの解剖学的損傷部位の一部が損傷するのではなく、複数の組織で損傷が生じ、複数の損傷部位が混在していることが

多い⁽²⁾⁽¹³⁾。また、一度投球障害肩を引き起こすと、難治性の為長期間競技からの離脱を余儀なくされる場合が多く⁽¹⁴⁾、そのため障害予防法の確立が急務である。

投球障害肩の予防法を確立するためには、その受傷機転や受傷要因を明らかにする必要がある。投球時に肩関節の疼痛が引き起こされやすい局面は、レイトコッキング期の肩関節最大外旋(Maximal External Rotation; 以下 MER)時・ディセレーション期の外旋筋群の遠心性収縮時であると言われている⁽¹⁾。また、投球の各相において障害の危険因子となりうる動作は、坂田らによって以下のようにまとめられている⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾。(表. 1)

投球障害肩の発症要因として肩甲上腕関節可動域制限・肩甲胸郭機能低下・内・外旋筋力低下が挙げられている⁽²⁾⁽¹⁷⁾。このなかでも可動域制限は障害発症の主な要因⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾とされており、可動域の改善が障害予防にとって重要であると考えた。可動域改善にはストレッチングが有効であることはいくつかの研究で報告されており⁽²⁰⁾⁽²¹⁾⁽²²⁾、継続的に適切なストレッチングを行うことで、長期に渡って可動域制限を生じさせることなく競技に参加することが可能になると予測される。そこで以下に投球動作に関連する各関節の可動域や筋機能と投球障害肩の関係、そしてストレッチングの詳細について先行研究の報告を考証し、本研究の目的について述べる。

表 1. 各投球相における代表的な悪い投球フォーム(右投手)(坂田ら 2012, 2014 より引用)

	stride相		arm cocking期	arm accelerationからfollow-through相	
上肢	非投球側肩外転の減少 (グローブの高さ)	両肩の高さまでグローブが上がらない	hyper angulation	両肩のラインよりも肘を後方に引き、肩の水平外転が増大する	肩甲平面からの逸脱 (手投げ)
	非投球側上肢(グローブ)の早期運動開始	踏み込み足接地前にグローブが引かれ、母指が上を向く	肩外転減少 (肘下がり)	肩最大外旋時に肩の外転角が減少し、両肩のラインよりも肘が下がる	肩水平内転増大し、両肩のラインよりも肘が前方に位置し、肘屈曲位のままりリリースする
体幹	過伸展	踏み込み足を振り上げた際、骨盤に対して体幹が後方に位置する	非投球側への過剰な側屈	両脇骨稜のラインよりも両肩のラインが側方に傾斜する	
	早期回旋 (身体の開き)	踏み込み足接地前に体幹の非投球側への回旋が開始する	骨盤に対する体幹の非投球側への偏位 (上体の突っ込み)	骨盤の中心に対して体幹の中心が非投球側に偏位する	
骨盤・下肢	骨盤後傾	骨盤後傾位のまま前方にステップする(投球側股関節屈曲減少)	骨盤の早期前方移動 (早期の重心移動)	踏み込み足接地時に、骨盤の中心が両側部の中心よりも前方に位置する	骨盤が投球方向に正面あるいは三塁側を向いたままりリリースを迎える
			インステップ	軸足のつま先ラインを越えて、踏み込み足踵部が三塁側につく	踏み込み足の外傾
				踏み込み足の外傾	踏み込み足の下腿が非投球側に傾斜する

1.2 研究小史

1.2.1 肩甲上腕関節

肩関節は、上腕骨の大きな凸状の骨頭と凹状の浅い関節窩との間で形成される関節である⁽²³⁾。肩関節の運動学として、自由度 3 での運動が生じる。この関節での運動は、屈曲・伸展、外転・内転、そして外旋・内旋である⁽²³⁾。一般的に野球選手の肩関節可動域特性は、繰り返しの投球することで適応現象が起き、非投球側に比べ投球側の外旋可動域が増大し、内旋可動域が減少する⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾。肩関節外旋可動域の増大の要因としては、投球数の増加に伴う前方関節包の弛緩と後方関節包の拘縮⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾、さらに、上腕骨の後捻角の増大と考えられている⁽³⁰⁾。また、内旋可動域の減少に関しては、ボールリリース後のディセレーション期において、肩後方に遠心性の収縮が強いられ、肩後方筋群が拘縮するために生じると考えられている⁽²⁴⁾。外旋可動域と内旋可動域の和である総可動域は、投球側・非投球側に差はみられない⁽³⁰⁾。つまり、総可動域自体は変わらず、可動域が外旋方向に偏位すると考えられている⁽²⁴⁾。

しかし、前方関節包の弛緩による肩関節外旋可動域の異常な増大は、投球動作のレイトコッキング期において骨頭が外旋方向にシフトされ、腱板が関節唇に挟まれるインターナルインピンジメントを引き起こす要因の一つとして報告されている⁽³²⁾⁽³³⁾。さらに、過度な肩関節内旋可動域の減少は肩関節障害の危険性を高める⁽⁷³⁾⁽⁷⁴⁾。

また、特に野球選手の肩関節内・外旋においては、投球時のアクセレーション期に、肩関節内旋筋群が活動し、肩関節最大内旋角速度が $6100^{\circ}/s \sim 7150^{\circ}/s$ に達する⁽³⁾⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾。そして、ボールリリース期では、肩後方に体重の約 0.8~1.5 倍の牽引力が掛かる⁽²³⁾⁽³⁵⁾⁽³⁸⁾⁽³⁹⁾。さらに、ディセレーション・フォロースルー期においては MER から肩関節最大内旋位へと急激な加速と減速が強いられるため、肩関節に 947~1090N の関節圧縮力が掛かる⁽³⁾⁽³⁹⁾。

繰り返しの投球により、肩関節周囲筋の筋疲労を起こさせる。また、投球前後において肩の内旋・外旋筋力が低下する⁽⁴⁰⁾。さらに、この筋疲労により生じた、不均衡な筋力の状態で投球を続けることで、投球障害へ繋がる可能性があることが示されている⁽³⁶⁾⁽³⁹⁾⁽⁴¹⁾。

また、投球側・非投球側の内旋・外旋筋力に関しては、内旋筋力が強く外旋筋力が弱いと報告されている⁽³⁷⁾。そして、高校・大学・プロ野球選手を対象にした測定から、理想的な内外旋筋力比は、61%～71%であると報告されており、この範囲よりも高値あるいは低値の選手は、障害を引き起こしやすいともされている⁽⁶⁾⁽³⁷⁾。

1.2.2 肩甲胸郭関節

肩甲胸郭関節は、本質的に真の関節ではなく肩甲骨前面と胸郭の後外側面との間の接触点である⁽⁸⁾⁽⁴²⁾。肩甲胸郭関節の運動は、肩甲骨の挙上と下制、前方牽引と後退、上方回旋と下方回旋である⁽⁴²⁾。一般的に、オーバーヘッドスポーツ選手の利き手側肩甲骨位置が非利き手側肩甲骨位置に比べ、肩甲骨内旋(外転)・前方傾斜していると Oyama らが報告している⁽⁴³⁾。このアライメント異常のまま肩関節を屈曲・外転運動した場合、肩峰との間でインピンジメントが生じる⁽⁴⁴⁾。また、野球選手や投球スポーツに関する調査によると、腹斜筋・広背筋や肩甲骨周囲筋のタイトネスおよび肋間筋や肋椎関節などの胸郭の可動性低下により、投球側への有意な回旋制限がある⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾⁽⁴⁷⁾。さらに、投球動作は、下肢で生み出されたエネルギーを、体幹・肩関節・肘関節・手部へと伝達し、最後にボールへ伝達され则认为られている。この下肢から上肢への運動連鎖の一部が破綻した場合、他の部位がその動作を代償する。その代償動作により新たな障害が引き起こされる可能性が高くなると考えられる。瀬戸口らによると、肩甲胸郭関節の伸展制限がある状態において投球を行うと、肩甲胸郭関節は鎖骨の回旋とともに下制し、内転・下方回旋がさらに増して後傾が制限され、代償動作として肩関節が過外旋・水平過外転が強要されると考察した⁽⁴⁸⁾。その結果、肩関節へのストレスが増大し、投球障害になる危険性が増加する⁽³⁾⁽⁴⁸⁾。

1.2.3 ストレッチング

ストレッチングとは、筋・腱を伸張することで、医療現場やスポーツの準備運動などで幅広く行われている。ストレッチングにより得られる効果として、筋の柔軟性の向上⁽⁴⁹⁾⁽⁵⁰⁾、関節可動域の改善⁽⁵¹⁾、筋萎縮の抑制⁽⁵⁰⁾、血液循環の促進⁽⁵²⁾、障害予防⁽⁵³⁾、筋疲労の回復⁽⁵⁴⁾、パフォーマンス向上⁽⁵⁵⁾など⁽⁵⁶⁾が挙げられる。

また、ストレッチングの即時効果として Ryan らによると、2 分間と 4 分間と 8 分間の受動的ストレッチングにより関節角度が増大したと報告している⁽²¹⁾⁽⁵⁰⁾。さらに、継時効果について Kokkonen らによると、10 週間(週 3 日の 1 日 40 分間)のストレッチングをしたところ、柔軟性、立ち幅跳び、垂直跳び、20m 走、膝関節屈曲 1RM、膝関節伸展 1RM、膝関節屈曲持久力、膝関節伸展持久力の改善が見られたと報告している⁽²²⁾。

1.2.4 先行研究のまとめ

投球障害に関して、年齢の上昇と共に障害発症率が増加する。また、障害発生は、肩甲骨関節の可動域の減少、運動連鎖の破綻・肩甲骨関節の伸展制限・筋力バランスの低下により引き起こされる。特に、下肢から上肢への運動連鎖の破綻が障害や投球時 MER の低下に大きく影響する。運動連鎖の重要な部分として肩甲骨関節の伸展が挙げられており、この肩甲骨関節の伸展制限により障害・パフォーマンスが低下するとされている。そのため、ストレッチング(特に肩甲骨関節に着目して)により、より円滑に下肢から上肢へのエネルギー伝達が行えるようになり投球障害の予防とパフォーマンスの向上が期待されたと考えたが、ストレッチング(特に肩甲骨関節に着目して)が各可動域(胸椎後弯角、体幹回旋角度、肩甲骨外転角度、肩関節内旋(3rd:肩関節 90°屈曲位)角度)及び投球時 MER に与える影響は明らかとされていない。

1.3 研究の目的

本論文では、大学野球選手において、投球障害肩の身体特性を元に肩甲上腕関節・肩甲骨郭関節を中心としたストレッチを実施し、即時的効果と継時的変化について検証を行い、ストレッチによる投球障害の予防の可能性を提示することを目的とした。仮説は、「ストレッチにより 1)胸椎後弯角の減少.2)体幹回旋角度の減少(柔軟性獲得).3)肩甲骨外転角度の減少.4)肩外旋筋群拘縮改善による肩関節内旋角度(3rd)減少(肩関節内旋制限の改善).5)MER(レイトコッキング期の肩関節最大外旋角度)の増大が起こる」である。

2.研究 「大学野球選手における肩甲上腕関節のストレッチングに対する胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋(3rd:肩関節 90° 屈曲位)角度および投球時 MER の即時的効果と継続的变化の検証」

2.1. 目的

本研究では、肩関節と肩甲胸郭関節を対象としたストレッチングを行い、介入前(ストレッチング前)・介入後(ストレッチング直後)・介入1週間後(ストレッチング1週間後)において、胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度(3rd)・投球時 MER の変化を検証することを目的とした。

2.2. 方法

被験者は、大学野球選手7名(年齢:20±1歳, 身長:176.3±2.9cm, 体重:74.9±7.1kg, 競技歴:12±1年)であった。被験者の内訳は、投手4名・野手3名(右投げ6名・左投げ1名)であった。測定のプロトコルを図 2に示す。ストレッチング前後とストレッチング1週間後(ストレッチング(6種類)は、各自1週間継続的に行わせた)に各可動域・投球時MER測定を行った。(図 2)

また本研究は、早稲田大学スポーツ科学学術院の倫理委員会にて承認を受け実施した。各被験者にはあらかじめ研究目的と方法を十分説明し、被験者として自主的に協力する旨の同意を得た。

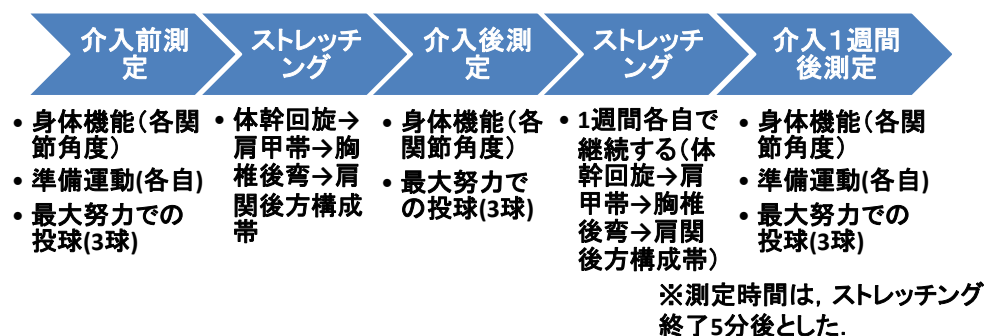


図 2. 測定の流れ

2.3. 可動域測定

2.3.1 胸椎後弯角度(円背角度)

胸椎後弯角度測定は、スパイナルマウス(Index 社製)を使用し、先行研究⁽⁵⁷⁾と同様に立位姿勢にて胸椎後弯角度を測定した(図 3 (a)). 先行研究に従い、胸椎後弯角度は第 1 胸椎(Th1)から第 12 胸椎(Th12)までの背部脊柱全体の弯曲とし、Th1/2 から Th11/12 までの 11 箇所の角度の合計⁽⁷¹⁾を求めた(図 3 (b)). その際、上下の棘突起間を結んだ線に対する垂線がなす角度を **segmental angle** とし、スパイナルマウスが記録したデータをコンピュータに入力し、矢状面弯曲を抽出した⁽⁵⁷⁾. 得られた値は、後弯が正、前弯が負の値とした⁽⁵⁷⁾. 測定は、被験者に両足に均等に荷重させて楽な立位姿勢をとらせ、検者がスパイナルマウスを第 7 頸椎(C7)から第 3 仙椎(S3)までの棘突起上を頭側から尾側へ移動させて測定した.



図 3 胸椎後弯角の測定の様子(a), 胸椎後弯角の定義(スパイナルマウスホームページより
改変^{注 2)} (b)

2.3.2 体幹回旋角度

胸部周囲の筋タイトネスによる胸郭拡張不全の指標⁽⁵⁸⁾⁽⁵⁹⁾は、能動的に胸郭を最大回旋させた際の体幹回旋角度を測定した。体幹回旋角度は、水平線を基本軸とし、頭頂と肩峰を結んだ線を移動軸として、基本軸と移動軸の成す角度と定義した。実際の投球側胸郭角度測定(図 4)において、被験者はトレーナーベッドに仰臥位になり、両膝をそろえ股関節 90° 屈曲位を保持し非投球側に外転させた。さらに、非投球側の手で両膝を抑え、投球側で肋骨下端部分を引き、能動的に上体を最大限捻った姿勢を保持した。その際の体幹回旋角度を検者がゴニオメーターを使用して測定した。また、非投球側も同様に測定し、測定順序は被験者ごとにランダムとした。

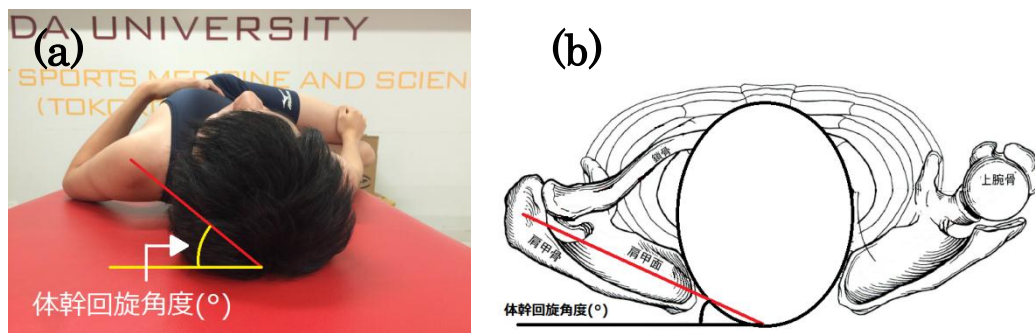


図 4 体幹回旋測定の様子(a), 体幹回旋角度の定義(b) (筋骨格キネシオロジーを改変して引用⁽⁴²⁾)

2.3.3 肩甲骨外転角度

肩甲骨周囲筋の筋タイトネスによる肩甲骨変位の指標⁽⁴⁴⁾は、肩甲骨外転角度とした。肩甲骨外転角度は、水平線を基本軸とし、肩峰と肩甲骨三角結節を結んだ線を移動軸として、基本軸と移動軸の成す角度と定義した。実際の投球側肩甲骨外転角度測定において、被験者はトレーナーベッドに仰臥位をとらせ、検者がゴニオメーターにて測定した(図 5 (a, b))。また、非投球側も同様に測定し、測定順序は被験者ごとにランダムとした。

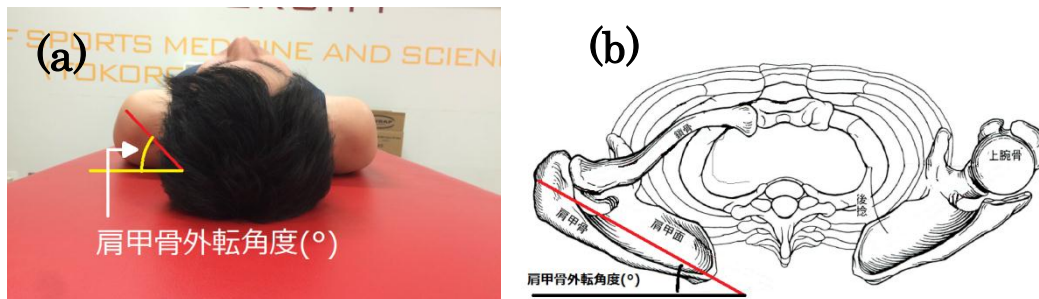


図 5 肩甲骨外転角度測定の様子(a)，肩甲骨外転角度の定義(筋骨格キネシオロジーを改変して引用⁽⁴²⁾) (b)

2.3.4 肩関節内旋角度(3rd: 肩関節 90°屈曲位)

肩甲骨上腕関節内旋制限の指標⁽²⁴⁾として、肩関節内旋角度を測定した。肩関節内旋角度は水平線を基本軸、尺骨茎状突起と肘頭を結んだ線を移動軸として、基本軸と移動軸の成す角度と定義した。実際の投球側肩の測定において、被験者はトレーナーベッドに投球側に側臥位になり、投球側肩関節 90°屈曲位・肘関節 90°屈曲位の姿勢をとらせた。次に、投球側の手首を非投球で保持し、能動的に可能なところまで肩関節内旋を行わせた。最大内旋に到達した時点で、検者がゴニオメーターを使用して測定した(図 6)。また、非投球側も同様に測定し、測定順序は被験者ごとにランダムとした。



図 6 肩関節内旋角度測定風景

全ての可動域測定は、同一の検者が行った。また、測定回数において、胸椎後弯角は 2 回測定しその平均値を個人の値とした。その他の体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度は 1 回の測定値を使用した。さらに、各関節角度の減少を、関節可動域増大と定義した。

また、胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度の可動域測定の再現性を検討するため、検者内信頼性として級内相関係数 ICC(1, 1)を求めた。検者の信頼性を検討するために同一被験者で 2 回実施した。ICC(1, 1)は、胸椎後弯角度 0.93, 体幹回旋角度 0.92, 肩甲骨外転角度 0.88, 肩関節内旋角度 0.99 であった。

2.4. 投球時肩関節最大外旋位(MER)測定

被験者の投球動作を矢状面上(三塁側)から1台のハイスピードカメラ(EX-F20,CASIO 社)を用いて撮影し(サンプリング周波数 210Hz), 二次元動作撮影を行った. 動作を水平に撮影するために, 三脚に水準器を装着し撮影した(図 7). 撮影に先立ち, 測定実施前に対象者に皮膚マーカを貼付した. マーカの貼付位置は投球側の肘頭・尺骨茎状突起・橈骨茎状突起の midpoint の計 2 か所とした. 試技は最大努力の投球とし, 被験者にはコントロールについての特別な指示は与えずに 3 回投球させた.

解析には, フリーソフト Image J(National Institute of Health, USA)を用いて, MER を求めた. MER は水平軸に対して, 尺骨茎状突起・橈骨茎状突起の中間が成す角と定義した.

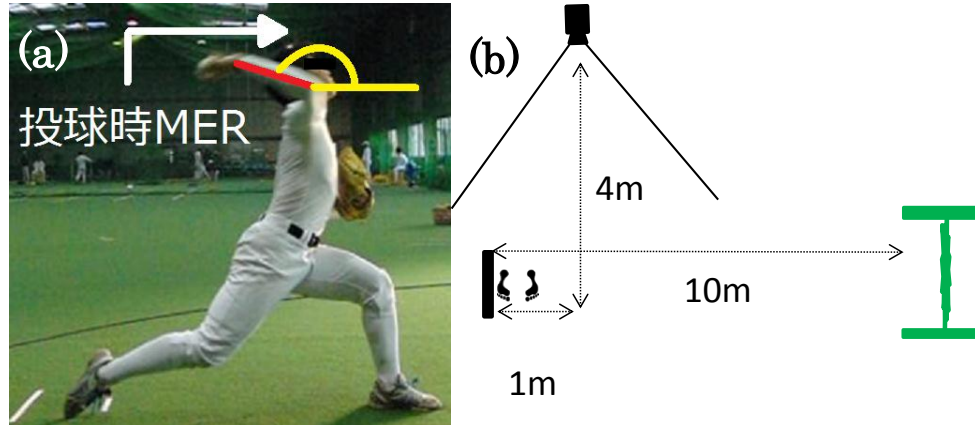


図 7 投球時 MER 測定時の様子(a), 投球動作の撮影方法(b)

2.5. ストレッチング方法（体幹回旋・肩甲帯・胸椎後弯・肩関節後方構成帯）

ストレッチングは、間瀬らによって書かれた「野球 肩・ひじ・腰の鍛え方・治し方」に紹介されている一連のストレッチングプログラム⁽⁵⁸⁾に従って実施内容を決定した。今回行った6種類のストレッチングは、様々な投球障害に寄与する共通因子と考えられている、胸椎伸展制限と肩関節後方の筋拘縮の改善を目的として組まれたプログラムであった。実施させたストレッチングは、以下に記す通りである。

2.5.1 体幹回旋ストレッチング(2種類)

一種類目の体幹回旋ストレッチングは、仰臥位になり膝関節を90°屈曲位にし、みぞおち部分から肋骨弓沿いに指を入れ、10回両足を左右に倒し終えたら、徐々に指を下制させ、肋骨下端に到達後は指をみぞおちまで戻らせるストレッチング(図8)である。このストレッチングを5分間行わせた。



図 8 体幹回旋ストレッチング（一種類目）

二種類目の体幹回旋ストレッチは、非投球側に側臥位になり股関節 90°屈曲位・膝関節 90°屈曲位をとる。さらに、非投球側の手で投球側の膝を抑え、投球側で肋骨下端部分を引くストレッチである。上体を 5 秒×30 回ゆっくりと最大限に捻らせた(図 9)。



図 9 体幹回旋ストレッチ(二種類目)

2.5.2 肩甲帯ストレッチ(2種類)

一種類目の肩甲帯ストレッチは、利き腕の大胸筋筋腹を非投球側の手で鷲掴みし、肩関節の内転・外転を繰り返すストレッチであり、これを被験者に 5 分間行わせた (図 10) .



図 10 肩甲帯ストレッチ(一種類目)

二種類目の肩甲帯ストレッチは、広背筋筋腹を非投球側の手で鷲掴みし、肩関節の内転・外転動作を繰り返すストレッチであり、これを被験者に 5 分間行わせた (図 11) .



図 11 肩甲帯ストレッチ(二種類目)

2.5.3 胸椎後弯角ストレッチング

胸椎後弯角のストレッチングは、胸椎後弯角度の強い部分にストレッチポールを当て、投球側の手首を非投球側の手で保持し、肩関節の伸展・屈曲を繰り返すストレッチングであり、これを被験者に5分間行わせた（図12）。

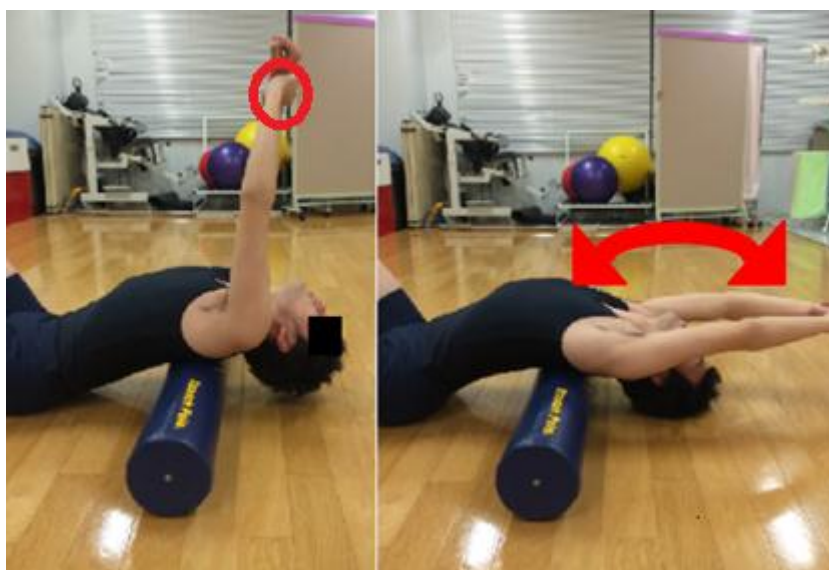


図 12 胸椎後弯角ストレッチング

2.5.4 肩関節後方構成帯ストレッチング

肩関節後方構成帯ストレッチングは、被験者にトレーナーベッドに投球側に側臥位で投球側肩関節 90°屈曲位・肘関節 90°屈曲位の姿勢をとらせ、投球側の手首を非投球で保持し、可能なところまでゆっくりと肩関節最大内旋をするストレッチングである。これを被験者に 10 秒間×10 セット行わせた（図 13）。



図 13 肩関節後方構成帯ストレッチング

これら 6 種類のストレッチングを 1 週間継続して練習後に、被験者自身に行わせた。ストレッチングの強度は、痛みが生じない程度の強さで行わせた。また、6 種類のストレッチングの順番は本論文に記載した通りの順番で実施するように指示した。1 回のストレッチングの所要時間は、約 25～30 分であった。また、注意事項として、各ストレッチングを分割して行うことはせず、一連の流れで順番通り行うように指示した。さらに、チームのウォーミングアップとして実施する以外には、自主的に体幹回旋・肩甲帯・胸椎・肩関節後方構成帯へのストレッチングを控えるように指示した。

2.6. 解析および統計

胸椎後弯角度，およびMER(肩関節最大外旋角度)の経時的変化の比較には，一元配置分散分析を行い，球面性の仮定が棄却された場合にはGreenhouse-Geisserにより調整を行った．事後検定にBonferroniの多重比較を行った．また，体幹回旋角度，肩甲骨外転角度，および肩関節内旋角度のストレッチングによる，投球側・非投球側の経時的変化を検討するために二元配置分散分析を行い，球面性の仮定が棄却された場合にはGreenhouse-Geisserにより調整を行った．その結果，交互作用の有意差が認められた場合，単純主効果の検定を実施し，さらにBonferroniの多重比較検定を実施した．

そして，各測定(介入前・介入後・介入1週間後)における胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度とMERと介入前測定後のそれらとの差を，胸椎後弯角度の減少，体幹回旋角度の減少，肩甲骨外転角度の減少及びMERの増大とし，胸椎後弯角・体幹回旋角・肩甲骨外転角の変化量とMERの増大量の関係についてPearson相関係数を用いて調べた．さらに，各測定(介入前・介入後・介入1週間後)における体幹回旋角度・肩甲骨外転角度と胸椎後弯角度の減少と介入前測定後のそれらとの差を，体幹回旋角度の減少，肩甲骨外転角度の減少及び胸椎後弯角度の減少とし，体幹回旋・肩甲骨外転の変化量と胸椎後弯角度減少の関係についてPearson相関係数を用いて調べた．有意水準は全て $p < 0.05$ とした．

2.7. 結果

2.7.1 胸椎後弯角度(図 14)

ストレッチング前・ストレッチング直後・ストレッチング 1 週間後の胸椎後弯角度の平均値に有意な主効果が認められた($F=28.883$, $p<0.01$). 多重比較の結果, 胸椎後弯角はストレッチング前 $29.9\pm 5.7^\circ$ よりもストレッチング直後, $25.0\pm 7.4^\circ$ ($p<0.05$) とストレッチング 1 週間後 $20.4\pm 5.1^\circ$ ($p<0.05$) で有意に減少した. また, ストレッチング前とストレッチング 1 週間後においても有意に減少した($p<0.01$).

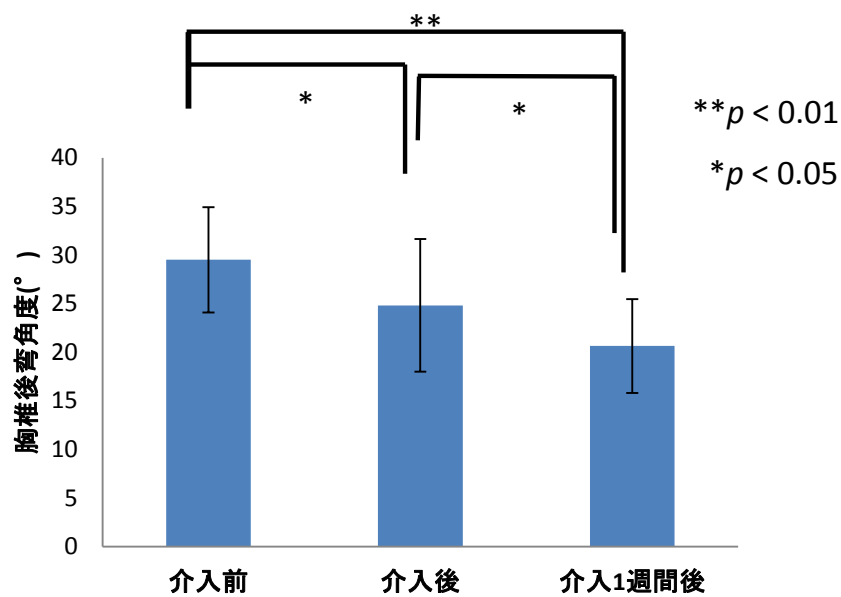


図 14 胸椎後弯角度

2.7.2 体幹回旋角度

測定腕（投球側・非投球側）及び継時的変化（ストレッチング前・ストレッチング直後・ストレッチング 1 週間後）の要因の主効果，さらに交互作用が有意であった（順に $F=14.4$, $p<0.01$ ； $F=62.0$, $p<0.01$ ； $F=6.5$, $p<0.05$ ）。そこで，多重比較検定を行った結果，投球側の体幹回旋角度はストレッチング前， $26\pm 4^\circ$ よりもストレッチング直後， $17\pm 3^\circ$ （ $p<0.01$ ）とストレッチング 1 週間後， $15\pm 3^\circ$ （ $p<0.01$ ）で有意に減少した。また，非投球側の体幹回旋角度はストレッチング前， $19\pm 2^\circ$ よりもストレッチング直後， $14\pm 2^\circ$ （ $p<0.01$ ）とストレッチング 1 週間後， $13\pm 3^\circ$ （ $p<0.01$ ）で有意に減少した（図 15）。

さらに，ストレッチング前・ストレッチング直後において 5 %水準で有意に投球側の体幹回旋角度が大きかった。

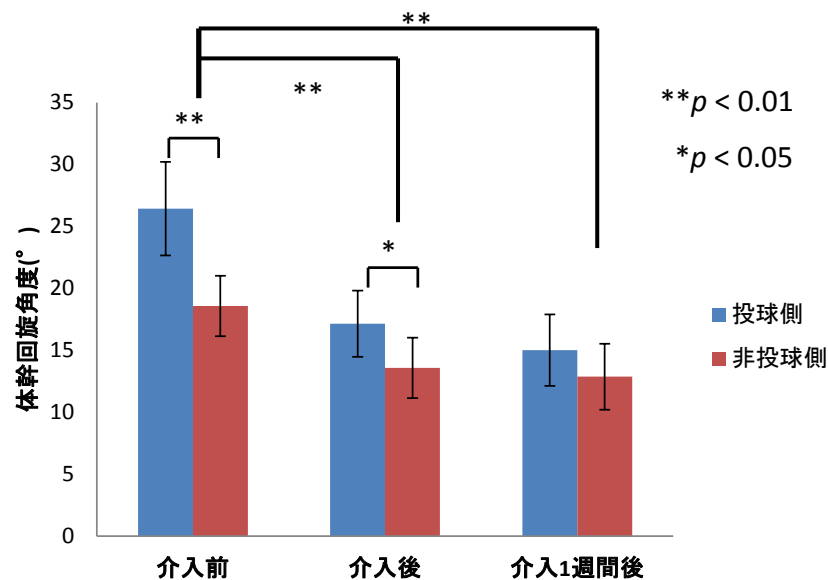


図 15 体幹回旋角度

2.7.3 肩甲骨外転角度

投球側・非投球側(測定腕)要因の主効果及び、ストレッチング前・ストレッチング直後・ストレッチング 1 週間後(継時的変化)要因の主効果, さらに交互作用が有意であった(順に $F = 28.15, p < 0.01$; $F = 57.52, p < 0.01$; $F = 3.52, p < 0.05$). そこで, 多重比較検定を行った結果(Bonferroni の方法), 投球側の肩甲骨外転角度はストレッチング前, $31 \pm 2^\circ$ よりもストレッチング直後, $25 \pm 3^\circ$ ($p < 0.01$)とストレッチング 1 週間後, $21 \pm 2^\circ$ ($p < 0.01$)で有意に減少した. また, ストレッチング直後とストレッチング 1 週間後においても有意に減少した($p < 0.01$). 非投球側の肩甲骨外転角度は, ストレッチング前, $24 \pm 2^\circ$ よりもストレッチング直後, $20 \pm 3^\circ$ ($p < 0.01$)とストレッチング 1 週間後, $18 \pm 3^\circ$ ($p < 0.01$)で有意に減少した(図 16).

さらに, ストレッチング前・ストレッチング直後・ストレッチング 1 週間後において 5 % 水準で有意に投球側の肩甲骨外転角度が大きかった.

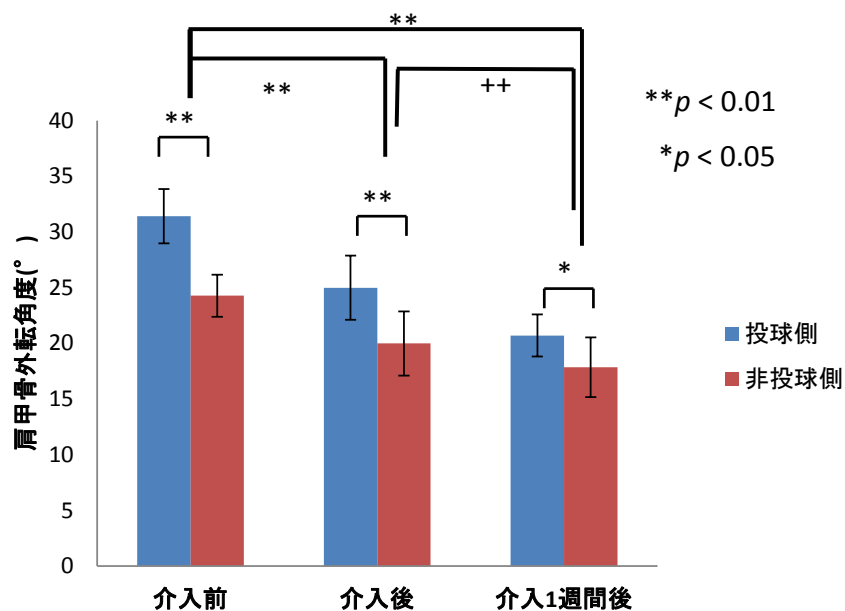


図 16 肩甲骨外転角度 (投球側・非投球側の両方に有意差が出たものを*, 投球側のみに有意差があったものを+で示す)

2.7.4 肩関節内旋角度(3rd)

投球側・非投球側(測定腕)要因の主効果以外の、ストレッチング前・ストレッチング直後・ストレッチング 1 週間後(継時的変化)要因の主効果、さらに交互作用が有意であった(順に $F=3.06$, $p=0.10$; $F=66.2$, $p<0.01$; $F=10.8$, $p<0.01$)。そこで、多重比較検定を行った結果、投球側の肩関節内旋角度はストレッチング前、 $41\pm 6^\circ$ よりもストレッチング直後、 $26\pm 6^\circ$ ($p<0.01$)とストレッチング 1 週間後、 $21\pm 6^\circ$ ($p<0.01$)であった。また、ストレッチング直後とストレッチング 1 週間後においても有意に減少した($p<0.01$)。さらに、非投球側の肩関節内旋角度はストレッチング前、 $29\pm 7^\circ$ よりもストレッチング直後、 $24\pm 8^\circ$ ($p<0.05$)とストレッチング 1 週間後、 $19\pm 4^\circ$ ($p<0.01$)で有意に減少した(図 17)。

さらに、ストレッチング前において 5%水準で有意に投球側の肩関節内旋角度が大きかった。

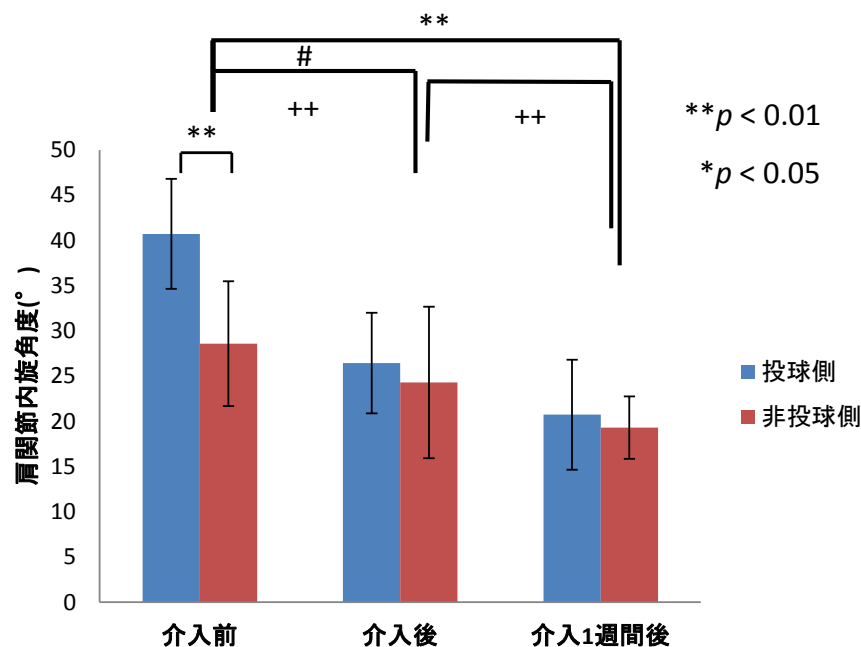


図 17 肩関節内旋角度 (投球側・非投球側の両方に同等の有意差が出たものを*, 投球側のみで有意差があったものを+, 非投球側で有意差が見られたものを#で示す)

2.7.5 投球時 MER(肩関節最大外旋角度)

介入前・介入後・介入 1 週間後の MER の平均値に有意な主効果が認められた ($F=40.374$, $p<0.01$). 多重比較の結果, MER(肩関節最大外旋角度)はストレッチング前, $167.3\pm 16.0^\circ$ よりもストレッチング直後, $170.3\pm 16.0^\circ$ ($p<0.01$)とストレッチング 1 週間後, $173.8\pm 15.7^\circ$ ($p<0.01$), そして, ストレッチング前とストレッチング 1 週間後で有意に減少した ($p<0.01$) (図 18).

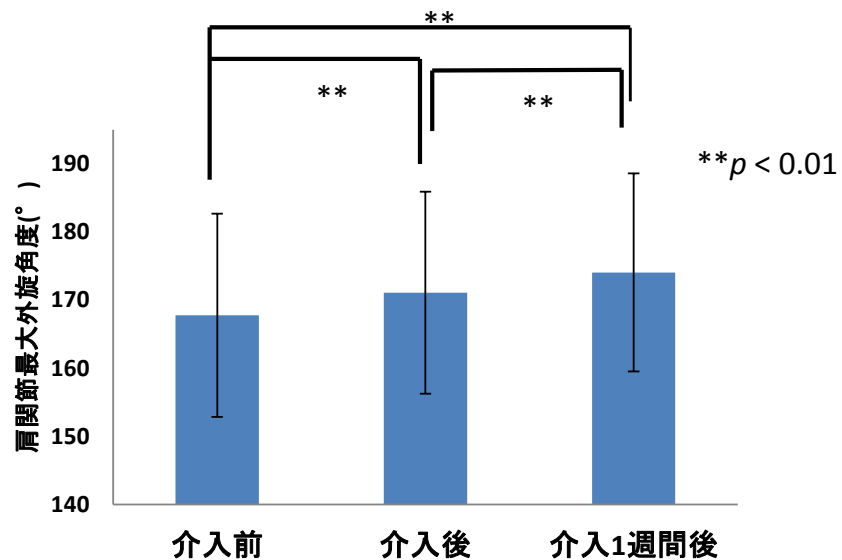


図 18 MER

2.7.6 MER と胸椎後弯角度(図 19 (a))・体幹回旋角度(図 19 (b))・肩甲骨外転角度(図 19 (c))の関係

胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度の変化量と MER の増大量は、いずれも有意な相関($r = 0.42, p < 0.13, r = -0.01, p < 0.97, r = 0.34, p < 0.23$)を示さなかった。

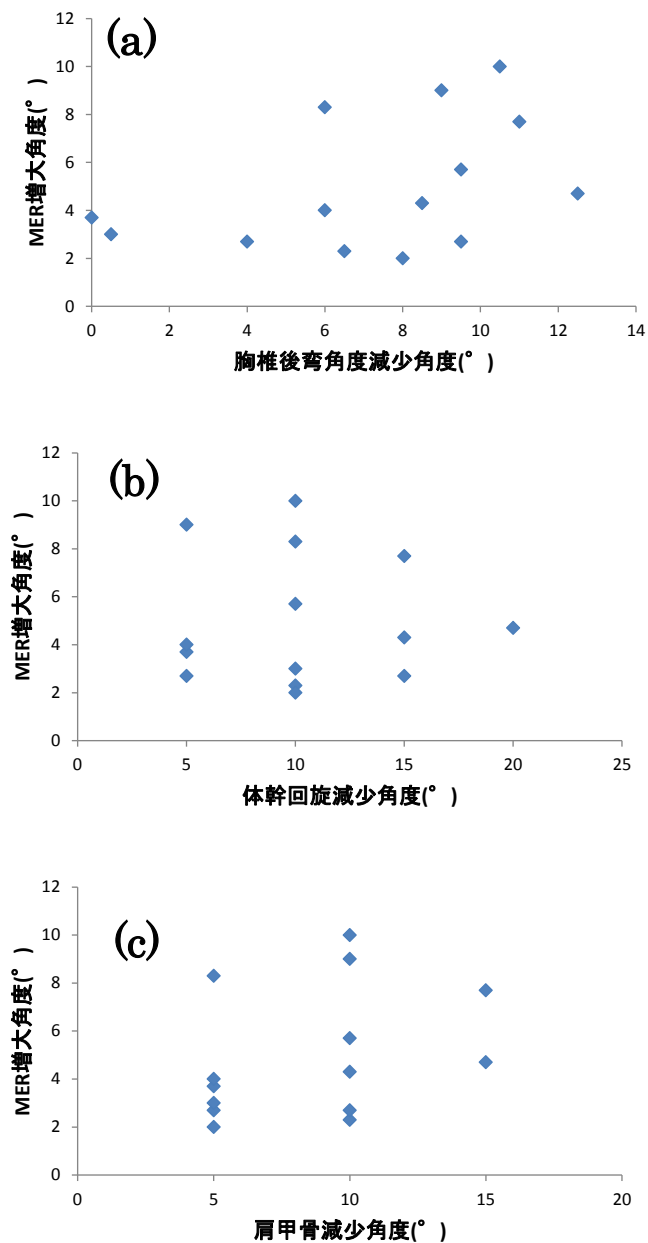


図 19 MER と胸椎後弯角度(a), MER と体幹回旋角度(b), MER と肩甲骨外転角度(c)

2.7.7 胸椎後弯角度減少と肩甲骨外転角度(図 20 (a))・体幹回旋角度(図 20 (b))の関係

体幹回旋角度・肩甲骨外転角度の変化量と胸椎後弯角度の減少量は、いずれも有意に高い正の相関($r = 0.85$, $p < 0.01$, $r = 0.92$, $p < 0.01$)を示した。

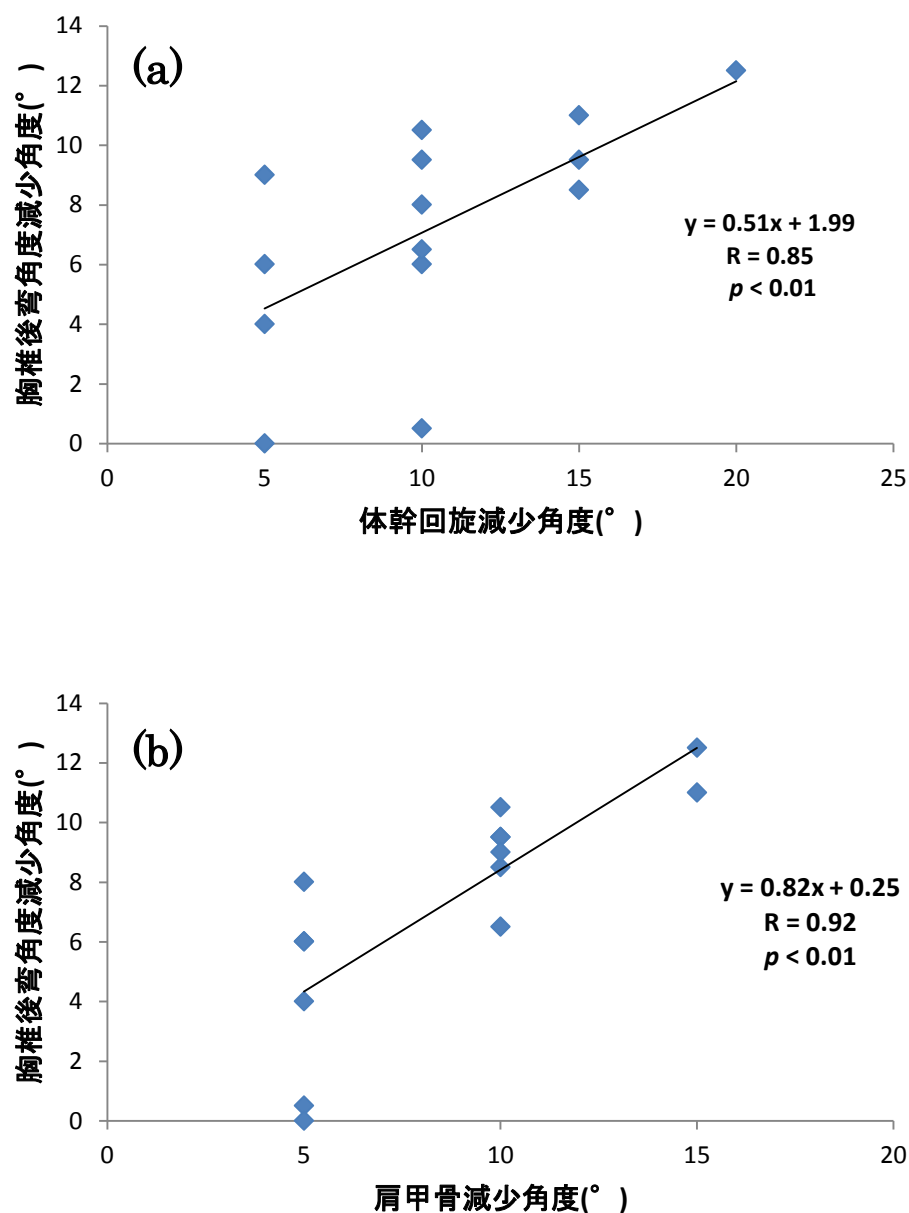


図 20 胸椎後弯角度減少と体幹回旋角度(a), 胸椎後弯角度減少と肩甲骨外転角度(b)

2.8. 考察

本研究では、ストレッチングが胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度に及ぼす影響を明らかにすること、及びストレッチングによる投球動作中のレイトコッキング期のMERの変化について明らかにすることを目的とした。測定の結果、ストレッチングにより胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度が即時的・継続的に有意に減少し、各関節可動域が増大した。その結果、非投球側のアライメントに近づくことが明らかとなった。また、レイトコッキング期のMERがストレッチング後においても即時的・継続的に有意に増大した。以下に今回対象にした野球選手の身体特性、胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度および投球時MERの変化がもたらされた要因と傷害予防との関連について考察する。

2.8.1 野球選手の身体特性

今回対象にした大学野球選手は、投球障害肩を発症している選手ではなく健常な野球選手であった。先行研究において投球障害を起こす可能性のある野球選手の身体特性として、腹直筋や腹斜筋の緊張による胸郭拡張不全⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾⁽⁴⁷⁾・肩甲骨外転位⁽⁴³⁾・肩後方タイトネスによる内旋可動域の減少⁽²⁴⁾などが挙げられている。今回、ストレッチング前の測定では、先行研究で示されていたように、体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度の投球側が非投球側に比べ有意に大きかった。つまり、今回の対象者は、健常な野球選手であるが、投球障害に繋がる身体的特徴を有している選手であった。従って、今回の測定結果は、実際に投球障害を発症している選手に対しても有効であると考えられる。

2.8.2 胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度

本研究においてストレッチングにより、仮説通り胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度が即時的・経時的に有意に減少し、各関節可動域が増大した。その結果、非投球側のアライメントに近づくことが明らかとなった。まず、今回多くのストレッチング方法がある中でこの6種類のストレッチングを選んだ理由は、投球障害を起こす要因として肩甲胸郭関節の伸展制限・肩関節後方の筋拘縮によると報告されており、この要因を改善することを目的としたためである。

一般的に野球選手の肩甲骨アライメントは外転・下方回旋しているおり⁽⁶⁰⁾、この肩甲骨アライメントは肩甲骨の上方回旋不足を誘発し、肩甲骨関節窩面に対して上腕骨の水平過外転や外転不足(肘下がり)を生じさせると考えられている。このことは投球動作時の肩甲上腕関節の過剰な内旋を強いることにつながり、アクセラレーション期におけるインターナルインピンジメントを引き起こす可能性が指摘されている⁽⁶¹⁾。また、胸郭部に関しては、運動連鎖の観点から重要な役割を担っており、上肢・下肢の連結部である体幹の障害や機能低下が、投球障害肩の発症の原因になる⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾。さらに、野球選手や投球スポーツに関する調査によると、体幹回旋角度については投球側への有意な回旋制限があると報告されている⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾。この要因として腹斜筋・広背筋や肩甲骨周囲筋のタイトネス及び肋間筋や肋椎関節などの胸郭の可動性低下が挙げられており⁽⁴⁷⁾、体幹回旋制限を有したまま投球を繰り返すと、レイトコッキング期において投球側肩甲上腕関節過外旋・水平外転がおこり、インピンジメント症候群が生じる⁽⁶²⁾⁽⁶³⁾。また一般的に肩甲上腕関節内旋制限のことをGIRD(glenohumeral internal rotation deficit)と言う。このGIRDは後方関節包の拘縮により肩甲上腕関節の可動性の低下を引き起こす。この肩後方タイトネスの増大は、内旋可動域の減少と外旋可動域を増大させ、上腕骨の骨頭を前方変位させ、外旋角度の増大にともない、インピンジメント症候群発生要因と報告されている⁽⁶⁴⁾⁽⁶⁵⁾。

これらの投球障害肩を引き起こす身体的特徴に対して、本研究のストレッチングは全てにおいて即時的・経時的に有意に可動域が増大した。第一にストレッチングにより胸椎後弯角度の減少がもたらされ、先行研究⁽⁶⁶⁾⁽⁶⁷⁾を支持する結果を得た。胸椎後弯角の増大は、胸郭に起始をもち胸部の屈曲や骨盤の後傾を司る腹直筋の短縮あるいは硬化が一因となってもたらされることが報告されている⁽⁶⁸⁾。従って、この腹直筋の柔軟性向上が胸椎後弯角度の減少に貢献することが推察される。本研究ではストレッチポール上に仰臥位になり胸椎の伸展を繰り返し行うことにより腹直筋を伸張することを意図したストレッチングを実施した。このようなストレッチングによって腹直筋の短縮・硬化が軽減したと考えられ、骨盤の後傾・胸部の屈曲が改善され、胸椎後弯角が減少したものと考えられる。

肩甲骨外転角度の変化を意図し、大胸筋と広背筋に対する能動的ストレッチングを行った。大胸筋の起始は鎖骨(内側 1/2)・胸骨(第 1～6 肋軟骨)・外腹斜筋の腱膜であり、停止が上腕骨大結節稜である。また、広背筋の起始は T6～L5・仙骨・腸骨であり、停止が上腕骨結節間溝である。つまり、これらの筋はともに肩甲骨を迂回し、直接上腕骨に付着しているために、当該筋の短縮・硬化は肩甲骨上腕リズムを破綻させ、肩甲骨を外転・下方回旋させる要因である⁽⁶⁸⁾とされている。Light(1984)らによると、軽い負荷の長時間のストレッチングは筋の伸張性獲得に有用であると考えられており⁽⁶⁹⁾、本研究においても対象とする大胸筋や広背筋の伸長性が得られた結果、肩甲骨外転角度が減少したと考えられた。

また、体幹回旋ストレッチングで体幹回旋可動域が増大した。胸郭部において、腹斜筋・広背筋や肩甲骨周囲筋のタイトネスおよび肋間筋や肋椎関節などの胸郭の可動性低下が体幹回旋制限の要因とされている⁽⁷⁰⁾。本研究では腹筋群(腹直筋・腹横筋・内腹斜筋・外腹斜筋)のストレッチングを実施し、伸張されたことで体幹回旋角度が改善されたと考えられる。

肩後方タイトネスに関しては、投球のディセレーション期において遠心性の収縮が課され、毎回肩後方に体重の 90%～150%の大きなストレスが掛かると言われている⁽³⁾⁽⁷¹⁾。その結果、肩関節後方構成帯(外旋筋群・後方関節包の拘縮)の拘縮が起き肩関節の内旋制限が

生じると考えられる。本研究では肩関節後方構成帯に対するストレッチングとして **sleeper stretch** を行った。このストレッチングは、肩関節内旋制限に有用であると報告されており⁽⁷²⁾、今回の測定においても同様に肩関節内旋可動域の増大が得られた。

今回、ストレッチングを練習後のみ行ったが、現場において可能な限り練習前・練習後に行うことが望ましいと考えられる。ストレッチングを継続的に行うことによって、長期的な可塑性についても報告されている⁽²²⁾ように、継続的に行うことが必要である。また、今回のストレッチングをすべて行うべきではなく、個々の選手の身体特性(各関節の可動域制限)にあったストレッチングを選択し、行うことが必要である。

以上の事から、本研究で示されたように投球障害肩(特にインピンジメント)へ影響を及ぼし得る身体的特徴に対して、ストレッチングを行うことで肩甲骨外転位を改善・胸郭部の柔軟性獲得・**GIRD** の改善が出来たことは、投球障害肩の予防に貢献する可能性を示しており、スポーツ現場において有効的なストレッチング方法であると考えられた。

2.8.3 投球時肩関節最大外旋位(MER)

投球時コッキング期 **MER** の構成要因として、肩甲骨上腕関節の動きのみではなく、肩甲骨・胸郭の動きも重要である⁽⁷³⁾。また、投球動作の運動連鎖の可動域の関連性を表したコンセプトに、**THABER**(total horizontal abduction&external rotation)concept がある。この **THABER concept** は瀬戸口らが提唱したコンセプトであり、先行研究によるとコッキング後期の肩甲骨上腕関節外転・外旋位における腕のしなりは胸椎伸展・肩甲骨胸郭関節上方回旋・肩甲骨上腕関節外転外旋の総和であり、胸椎伸展・肩甲骨胸郭関節上方回旋が減少するのに伴い **TER**(total external rotation)が減少すると⁽¹⁷⁾⁽⁴⁸⁾ 報告されている。本研究において体幹回旋・肩甲骨外転・胸椎に対するストレッチングによる胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度の変化量(柔軟性獲得)と、**MER** 増大量に相関はみられなかった。しかし、体幹回旋・肩関節後方構成帯に対するストレッチングによる体幹回旋角度・肩甲骨外転角

度の減少量(柔軟性獲得)と胸椎後弯角の減少において、高い正の相関がみられた。MER 構成要因として、肩甲上腕関節・肩甲胸郭関節・胸椎伸展の重要性が挙げられている。その中で、上腕骨が肩甲棘上で適切な MER の選手と上腕骨が肩甲棘上になく水平外転位にある不適切な MER の選手を比較したところ、肩甲胸郭関節の貢献度が少なかったと報告されている⁽⁴⁸⁾。MER 増大量に対して各角度の変位量の相関はみられなかったが、今回行った 6 種類のストレッチングにより肩甲胸郭関節の伸展に影響を与え、結果的に MER の増大が得られたものと考えられた。

このように胸郭から腹部へのストレッチングが即時的および 1 週間の継続実施後に肩甲上腕関節、肩甲胸郭関節の可動性が増大し、結果として投球時の肩関節最大外旋角度の増大をもたらしたことは、これらの可動域制限が投球障害肩の発症要因となることから、傷害予防に貢献できるものと考えられる。投球傷害肩が難治性であり、再発率が高いことを考慮すると、これらの予防に貢献する可能性を有する結果を得たことは、スポーツ現場においても非常に有意義であると考えられる。今後は実際の傷害統計も行い、これらの方法が傷害予防に貢献することを明らかにしていく必要があろう。

2.8.4 本研究の限界点

今回の測定においてストレッチングの有用性・投球時 **MER** 向上が示されたが、各関節角度測定において東大式ゴニオメーターを使用したため、検者による誤差が生じると考えられる。より正確な角度算出を行うために、画像を用いた評価を行う必要があると考えられた。

また、投球時 **MER** 評価として、二次元動作解析のみ行い角度だけを算出したため、どの関節が **MER** に大きく影響を与えているのかを明らかにすることが出来なかった。今後、より正確な **MER** の角度算出のために骨盤・腰部の動きを除去した角度を算出する必要がある。さらに、今後は、三次元動作解析を用いて、ストレッチングによる投球動作のキネマティック・キネティック変化を明らかにする必要があると考えられる。

3. 結語

本研究では、大学野球選手における胸郭部を対象としたストレッチングによる、介入前(ストレッチング前)・介入直後(ストレッチング直後)・介入1週間後(ストレッチング1週間)において、胸椎後弯角度・体幹回旋角度・肩甲骨外転角度・肩関節内旋角度および投球時MERへの効果検証を行い、以下のような結果を得た。

・ストレッチングにより胸椎・体幹回旋・肩甲骨外転・肩関節内旋角度は、ストレッチング直後・ストレッチング1週間後に有意に減少し可動域が増大した。また、投球時MERもストレッチング直後・ストレッチング1週間後に有意に増大した。

・胸椎後弯・体幹回旋・肩甲骨外転角度減少とMERの増大は、相関を示さなかった。しかし、体幹回旋・肩甲骨外転角度の減少と胸椎後弯角度の減少には、有意に高い正の相関がみられた。

これらの事より、特にインピンジメント症候群の要因と成り得る因子に対して改善が認められたため、投球障害肩の予防の観点から、本研究において実施したストレッチングの有用性が示唆された。

参考文献

1. 信原克哉:肩その機能と臨床. 第4版. 医学書院, 東京, 2012
2. 福林徹, 蒲田和芳: 肩のリハビリテーションの科学的基礎. NAP, 東京, 2009.
3. Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, Escamilla RF. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Med.* 23(2): 233- 239; 1995
4. Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, Escamilla RF, Andrews JR. Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *J Biomech.* 32(12): 1371- 1375; 1999
5. 町田実雄, 小柳磨毅, 境隆弘, 山野仁志. 野球選手の体力特性. *理学療法.* 22(1): 277- 285; 2005
6. 吉松俊紀, 福島一雅, 元島清香, 斎藤明義, 龍順之助, 吉松俊一: 高校生の投球障害肩に対しての筋力分析と復帰時期への指標. *肩関節,* 27(2): 387- 390; 2003
7. Pappas, AM: Rehabilitation of the pitching shoulder. *Am J Sports Med.* 13(4):223- 235; 1985
8. Terry GC, Chopp T. M: Functional anatomy of the shoulder. *J Athl Train.* 35(3): 248- 255; 2000
9. 井尻朋人, 宮下浩二, 浦辺幸夫, 藤川博樹, & 武本有紀子: 体幹アライメントが投球時の肩関節運動に与える影響. *体力科学.* 58(1): 73- 80; 2009
10. Powers ME: Rotator cuff strengthening for pitcher. *J Athlet Rehabil.* 7(4): 285- 299; 1998
11. 伊藤博一, 眞瀬垣啓, 河崎尚史, 小野大輔, 中嶋寛之, 渡會公治: 年代別肩・肘有痛部位と真下投げ VAS 評価の詳細. *日本臨床スポーツ医学会誌* 17: 362- 371; 2009.
12. 大倉俊之, 園田典生, 黒木龍二, 矢野浩明, 山本恵太郎, 帖佐悦男, 田島直也. 『宮崎県高校野球選手に対する傷害調査』. *整形外科と災害外科,* 52(2): 287- 289, 2003
13. 石井壮郎: 投球障害肩の病変予測システムの開発. 筑波大学大学院, 博士課程, 人間総

合科学研究科,スポーツ医学専攻, 2011

14. Li X, Zhou H, Williams P, Steele JJ, Nguyen J, Jäger M, Coleman S. : The epidemiology of single season musculoskeletal injuries in professional baseball. *Orthopedic Reviews* 5(1): 11- 15: 2013
15. 坂田淳, 鈴川仁人, 赤池敦, 清水邦明, 青木治人: 内側型野球肘患者の疼痛出現相における投球フォームの違いと理学所見について. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*. 32(3): 55- 62: 2012
16. 坂田淳, 鈴川仁人, 赤池敦, 清水邦明, 青木治人: 投球フォームからみた上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の危険因子. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*. 34(2): 53- 58: 2014
17. 菅谷啓佑之, 落合信靖: 肩と肘のスポーツ障害 診断と治療のテクニック. 中外医学社: 2014
18. 末永直樹, 鈴木克憲, 三浪明男: 野球選手における肩関節可動域と肩障害の関連について. *肩関節*. 18(1): 77- 81: 1994
19. Moreno-Pérez V, Moreside J, Barbado D, Vera-Garcia FJ: Comparison of shoulder rotation range of motion in professional tennis players with and without history of shoulder pain. *Manual Therapy*. Available online 19 October 2014
20. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Stout JR, Cramer JT. Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. *Med Sci Sports Exerc*. 40(8): 1529- 1537: 2008
21. Morse CI, Degens H, Seynnes OR, Maganaris CN, Jones DA. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. *J Physiol*. 586(1): 97- 106: 2008
22. Kokkonen J, Nelson AG, Eldredge C, Winchester JB. Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*. 39(10): 1825- 1831: 2007
23. Werner SL, Gill TJ, Murray TA, Cook TD, Hawkins RJ: Relationships between

- Throwing Mechanics and Shoulder Distraction in Professional Baseball Pitchers No author or related institution has received any financial benefit from research in this study. *Am J Sports Med.* 29(3): 354- 358: 2001.
24. Shanley E, Thigpen CA, Clark JC, Wyland DJ, Hawkins RJ, Noonan TJ, Kissenberth MJ: Changes in passive range of motion and development of glenohumeral internal rotation deficit (GIRD) in the professional pitching shoulder between spring training in two consecutive years. *J Shoulder Elbow Surg.* 21(11): 1605- 1612: 2012
 25. Kibler WB, Sciascia A, Moore S: An acute throwing episode decreases shoulder internal rotation. *Clin Orthop Relat Res.* 470(6): 1545- 1551: 2012
 26. Anloague PA, Spees V, Smith J, Herbenick MA, Rubino LJ: Glenohumeral range of motion and lower extremity flexibility in collegiate-level baseball players. *Sports Health.* 4(1): 25- 30: 2012
 27. Michael M. Reinold, Kevin E. Wilk, Leonard C. Macrina, Chris Sheheane, Shouchen Glenn S. Fleisig, Ken Crenshaw, and James R. Andrews: Changes in Shoulder and Elbow Passive Range of Motion After Pitching in Professional Baseball Players. *Am J Sports Med.* 36(3): 523- 527: 2008
 28. Thomas SJ., Swanik C, Higginson JS, Kaminski TW, Swanik KA, Bartolozzi AR, Nazarian LN: A bilateral comparison of posterior capsule thickness and its correlation with glenohumeral range of motion and scapular upward rotation in collegiate baseball players. *J Shoulder Elbow Surg.* 20(5): 708- 716: 2011
 29. Laudner K, Meister K, Noel B, Deter T: Anterior glenohumeral laxity is associated with posterior shoulder tightness among professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 40(5): 1133- 1137: 2012
 30. Yamamoto N, Itoi E., Minagawa H, Urayama M, Saito H, Seki N, Matsuura T: Why is the humeral retroversion of throwing athletes greater in dominant shoulders

- than in nondominant shoulders?. *J Shoulder Elbow Surg.* 15(5): 571- 575: 2006
31. Ellenbecker TS, Roetert EP, Bailie DS, Davies GJ, Brown SW. Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *ACSM.* 34(12): 2052-2056: 2002
 32. Freehill MT, Ebel BG., Archer KR., Bancells RL, Wilckens JH., McFarland EG, Cosgarea AJ: Glenohumeral Range of Motion in Major League Pitchers Changes Over the Playing Season. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach.* 3(1): 97-104: 2011
 33. Myers JB, Laudner KG, Pasquale MR., Bradley JP, Lephart SM.: Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *Am J Sports Med.* 34(3): 385- 391: 2006
 34. Pappas AM, Zawachi RM, Sullivan TJ. Biomechanics of baseball pitching. A preliminary report. *Am J Sports Med.* 13(4): 216- 222: 1985
 35. Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR. Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther.* 18(2): 402- 408: 1993
 36. Andrews JR, Carson WG Jr, McLeod WD: Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps. *Am J Sports Med.* 13(5): 337- 341: 1985
 37. 林田賢治,中川滋人:高校野球選手の肩内外旋筋力と投球障害の関係.肩関節. 29(3): 651-654: 2005
 38. Werner SL, Guido JA Jr, Stewart GW, McNeice RP, VanDyke T, Jones DG: Relationships between throwing mechanics and shoulder distraction in collegiate baseball pitchers. *J Shoulder Elbow Surg.* 16(1):37-42: 2007
 39. Wilk KE, Andrews JR, Arrigo CA, Keirns MA, Erber DJ : The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 21(1): 61- 66: 1993
 40. 赤瀬良裕, 杉野伸治, 貞清正史, 村山みゆき, 高橋千恵, 松尾礼美, 貞松利弘, 横山茂樹.

高校生投手において投球数増加が肩・体幹・股関節の回旋可動域,肩回旋筋力に及ぼす影響.長崎理学療法. 5: 9- 14: 2004

41. Stodden DF, Fleisig GS, McLean SP, Andrews JR. Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity: within pitching variation. J Appl Biomech. 21(1): 45- 56: 2005
42. Donald AN: 筋骨格系のキネシオロジー：原著第2版.医歯薬出版株式会社.2012
43. Oyama S, Myers JB, Wassinger CA, Ricci RD, Lephart SM: Asymmetric resting scapular posture in healthy overhead athletes. J Athl Train. 43(6): 565- 570: 2008
44. 坂本雅昭: スポーツにおける運動機能障害のリハビリテーションと予防: 体幹機能障害の観点から. 日本職業・災害医学会会誌= Japanese journal of occupational medicine and traumatology. 60(3): 125- 130: 2012
45. Aragon VJ, Oyama S, Oliaro SM, Padua DA, Myers JB.: Trunk-rotation flexibility in collegiate softball players with or without a history of shoulder or elbow injury. J Athl Train. 47(5): 507-513: 2012
46. 石原祐司, 山田稔晃, 山本淳史, 井芹直子, 矢野孝幸, 原川健一郎, 浦辺幸夫, 原正文: 投球障害肩における体幹および股関節の可動域の検討. 九州・山口スポーツ医・科研究会誌. 11: 33-37: 1999
47. 藤井康成, 東郷泰久, 前田昌隆, 福島佳織, 梶博則, 小倉雅: 投球スポーツにおける体幹機能の特徴-Trunk rotation test の有用性. 肩関節. 29(3): 663- 666: 2005
48. 瀬戸口芳正, 百済はつえ, 山口尚子, 野呂吉則, 大東亜衣: アスリートの反復性肩関節脱臼に対する後療法および再発予防 1.スローイングアスリートの運動連鎖と前方不安定症. 臨床スポーツ医学. 27(12): 1359- 1368: 2010
49. Bandy WD, Irion JM, Briggler M: The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. J Orthop Sports Phys Ther. 27(4): 295- 300: 1998

50. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Stout JR, Cramer JT: Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. *Med Sci Sports Exerc.* 40(8): 1529- 1537: 2008
51. Lintner D, Mayol M, Uzodinma O, Jones R, Labossiere D: Glenohumeral internal rotation deficits in professional pitchers enrolled in an internal rotation stretching program. *Am J Sports Med.* 35(4): 617- 621: 2007
52. 永澤健, 白石聖: 静的ストレッチングの伸長時間の違いが伸長部位の筋酸素飽和度および筋血流量に及ぼす影響. *体育学研究* 56(2): 423- 433: 2011.
53. Ekstrand J, Gillquist J, Möller M, Oberg B, Liljedahl SO: Incidence of soccer injuries and their relation to training and team success. *Am J Sports Med.* 11(2): 63- 67: 1983
54. 木村篤史, 松本和久, 池内隆治: 運動負荷後のストレッチングが筋硬度に及ぼす影響. *明治鍼灸医学.* 40: 29 – 37: 2007
55. 土井眞里亜, 浦辺幸夫, 山中悠紀, 野村真嗣, & 神谷奈津美: 静的および動的ストレッチング後に生じる 足関節可動域と筋力の経時的変化. *理学療法科学.* 25(5): 785- 789: 2010
56. 谷澤真, 飛永啓志, 伊藤俊一: 短時間の静的ストレッチが柔軟性および筋出力に及ぼす影響. *理学療法—臨床・研究・教育.* 21: 51- 55: 2014.
57. 白田梨奈, 佐藤みつ子: スパイナルマウスを用いた青年期の立位姿勢の評価. *山梨大学看護学会誌.* 5: 13- 18: 2007
58. 間瀬泰克, 医療法人社団スポーツメディカル 八王子スポーツ整形外科:野球 肩・肘・腰の鍛え方・治し方. 日本文芸社. 東京. 2014
59. 樋口隆志, 一瀬浩志, 伊藤一也: 高校生投手に対する胸郭コンディショニングプログラムが下位胸郭拡張性および肩甲骨アライメントに及ぼす効果: 介入研究. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 21(3): 744- 751: 2013

60. 森原徹, 松井知之, 高島誠: パフォーマンス UP!運動連鎖から考える投球障害~ 診療室からグラウンドまでをつなぐアプローチ~. 東京, 全日本病院出版会 2014
61. 菅谷啓之: トップレベルの野球選手における肩関節の外傷・障害. 臨床スポーツ医学 24(6): 643- 652, 2007.
62. Walch G, Boileau P, Noel E, Donell ST. Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the posterosuperior glenoid rim. An arthroscopic study. J Shoulder Elbow Surg. 1(5): 238- 245: 1992.
63. 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. 14(6): 637- 640: 1998
64. Werner SL, Gill TJ, Murray TA, Cook TD, Hawkins RJ. Relationships between Throwing Mechanics and Shoulder Distraction in Professional Baseball Pitchers. Am J Sports Med. 29(3): 354- 358: 2001
65. Wilk KE, Obma P, Simpson CD, Cain EL, Dugas J, Andrews JR: Shoulder injuries in the overhead athlete. J Orthop Sports Phys Ther. 39(2): 38- 54: 2009
66. 伊藤康宏, 井村康志, 石田和紀, 櫛田智仁, 加藤みわ子, 寺平良治且, 長岡俊治: 代替療法用具であるストレッチポールを使用した運動効果の生理学的解析. 生物試料分析. 29(3): 272- 278: 2006.
67. 伊藤一也, 増田圭太, 蒲田和芳: ストレッチポールを用いたエクササイズが健常男性の体幹後屈可動域及び背臥位圧分布に及ぼす即時効果: 無作為化対照研究. 理学療法科学 28(6): 829- 832: 2013
68. Sahrman SA. 運動機能障害症候群のマネジメントー理学療法評価・MSB アプローチ・ADL 指導ー. 東京. 医歯薬出版株式会社. 2005
69. Light KE, Nuzik S, Personius W, Barstrom A. Low-load prolonged stretch vs. high load brief stretch in treating knee contractures. APTA. 64(3): 330- 333: 1984

70. 福井尚志: 可動域制限の原因とその対応. トレーニング・ジャーナル 36(6): 14-17: 2014.
71. Aldridge R, Stephen Guffey J, Whitehead MT, Head P: The effects of a daily stretching protocol on passive glenohumeral internal rotation in overhead throwing collegiate athletes. IJSPT. 7(4): 365- 371: 2012
72. Shanley E, Rauh MJ, Michener LA, Ellenbecker TS, Garrison JC, Thigpen CA. Shoulder range of motion measures as risk factors for shoulder and elbow injuries in high school softball and baseball players. Am J Sports Med. 39:1997-2006:2011
73. Miyashita K, Kobayashi H, Koshida H and Urabe Y: Glenohumeral, Scapular, and Thoracic Angles at Maximum Shoulder External Rotation in Throwing. Am J Sports Med. 38(2): 363- 368: 2010
74. Thomas SJ, Swanik KA, Swanik C, Huxel KC, Kelly JD: Change in glenohumeral rotation and scapular position after competitive high school baseball. J Sport Rehabil. 19(2): 125- 135: 2010
75. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler BW. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology, part I: Arthroscopy. 19: 404- 420: 2003

注 1

Visitas IBAF.com

http://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDIQFiAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ibaf.org%2Fdoc%2Fb9b9a9bc-91d4-412b-bfd8-1d2c07cc27d0%2F2011_ibaf_numbers_book.pdf&ei=i6GSVMrpCsO8mAWL-ILQCQ&usg=AFQjCNEx_PJyqUgOCACOMsRrMcOMMvyZwg&sig2=dBR1AZaZsJw45Iyd2vRs_g&bvm=bv.82001339,d.dGY 2015/1/13

注 2

SPINAL MOUSE スパイナルマウス Website

<http://spinalmouse.jp/measure.html> 2015/1/13

謝辞

本論文において、指導教員である早稲田大学スポーツ科学学術院福林徹教授並びに広瀬統一准教授には多大なる御指導を賜り厚く御礼申し上げます。福林教授と広瀬統一准教授には、研究において自由にテーマ設定を行わせて頂いた上に、研究で壁に当たった居りには乗り越える策や、論文執筆まで幅広く親身なご指導を賜り、心より厚く御礼申し上げます。また、副査を快諾して頂きました、鳥居俊准教授も深く感謝申し上げます。

本研究を行うに当たり、多大なご理解とご協力の快諾をして頂いた、早稲田大学野球部長川口浩様、野球部監督岡村毅様、そして、学生トレーナーの安達玄君・押川智貴君・筒井俊春君、さらに快く被験者を引き受けてくれた野球部選手の皆様に心より感謝申し上げます。

また、早稲田大学スポーツ科学学術院深野真子先生には修士論文作成あたり、様々なご相談や論文執筆に当たり、ご指導を賜り厚く御礼申し上げます。さらに、福林研究室 OB であり横浜スポーツ医科学センターの坂田淳先生にはお忙しい中、実験のご相談など幅広くお世話になり、本当に心より感謝申し上げます。

そして、研究活動を進めるにあたり、博士課程の干場拓真さんを筆頭に多くの先輩方に助言を頂き手助けをして頂きました。また、研究室の同期である板花俊希君を始め大学院の同期・後輩には、スポーツ医学の知識が乏しい私に、色々と助言をして頂いた上に、論文執筆においても添削などして頂きました。そして、実験の補助を快く引き受けてくれた同じ研究室の修士課程 1 年の大澤健介君、礪研の修士課程 1 年の福田一樹君にこの場をお借りして心より感謝申し上げますと共に、今後のますますのご活躍を祈念いたします。

さらに、常に応援をしてくれ 28 歳まで長らくの学生生活を支援してくれた両親には、心より感謝申し上げたいと思います。

最後に、改めて本研究を進めるにあたり、様々な方にご迷惑・ご心配をおかけ致しまし

たが，このように無事完成することが出来ました．それも，皆様のご協力の下に成し遂げられた賜物だと痛感致して居ります．皆様，本当に本当に有り難う御座いました．