

2014 年度 修士論文

中学生野球選手におけるバランス能力と
投球障害および投球コントロールの関連

The relation of balance ability to throwing
accuracy and throwing injury in junior high
school baseball players.

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

5013A060-5

松野 宏哉

研究指導教員：鳥居 俊 准教授

目次

第 1 章 緒言

1-1. 成長期野球における投球障害	1
1-2. 投球動作の相分け	3
1-3. 投球障害の発生要因	4
1-4. バランス能力と投球障害および投球コントロールの関連性	8
1-5. 研究目的	9

第 2 章 【研究 1】

片脚立位のバランス能力および投球時の姿勢と

投球障害の関連性の検討

2-1 対象と方法	10
2-2 結果	20
2-3 考察	28

第 3 章 【研究 2】

片脚立位のバランス能力および投球時の姿勢と

投球コントロールの関連性の検討

3-1 対象と方法	31
3-2 結果	33
3-3 考察	36

第 4 章 総合考察 39

第 5 章 結論 42

6. 引用文献 43

7. 謝辞 49

第 1 章 緒言

1-1. 成長期野球選手における投球障害

日本において野球は子どもに人気の高いスポーツの 1 つである。2014 年の競技人口は、中学生で 221,150 人 [1]、高校生で硬式 170,312 人、軟式 10,535 人 [2]と発表されている。笹川スポーツ財団「10 代のスポーツライフに関する調査」2013 の過去によく行った運動・スポーツ種目において野球は 2009 年から 2013 年にかけて常に上位である [3]ことから、少年にとって非常に人気のスポーツということがわかる。

人気のスポーツである一方、野球を行うことで肩や肘に疼痛を経験している野球選手は非常に多い。9 歳から 12 歳の野球選手を対象に障害調査を行った研究では、肩と肘の疼痛を経験している選手はそれぞれ 31.9%、25.5%であったと報告されている [4]。9 歳から 14 歳の投手を対象に肩と肘の障害調査を行った研究では、肩は 35.0%、肘は 28.0%の選手が疼痛を経験していた [5]。また、9 歳から 12 歳の 343 名を対象に調査紙を用いて投球後の肘の疼痛について調査した研究では、52.0%の選手が肘の疼痛を経験していた [6]。日本においては、16 年にわたって 5,768 名の小学 5 年生と 6 年生を対象に肘の検診を行った研究で、47.2%の選手が疼痛を経験していたと報告されている [7]。また、高校野球選手を対象に調査紙を用いて障害調査を行ったところ、76.6%が小中学校時代に痛みを経験したことがあると報告されている [8]。これらの報告から、成長期野球選手は日本においても海外においても高い割合で上肢に疼痛を経験していると考えられる。

これらの上肢の疼痛は様々な障害によるもので、総称して投球障害肩や投球障害肘と呼ばれている。

投球障害肩の中に、Little Leaguer's shoulder(上腕骨近位骨端線離開)

という障害がある． Little Leaguer's shoulder は小学校高学年から中学生，特に 11 歳から 13 歳に好発するという報告 [9]や成長期，特に 10 歳から 15 歳の投球回数の多い投手や捕手に好発すると報告されている [10]．

投球障害肘は成人にも生じるが，骨格が成熟していない 10 歳から 15 歳の選手に多く発生すると報告されている [11]．投球障害肘には，内側，外側，後方障害があり，内側の障害は約 70%を占め，小学校高学年から中学校低学年に生じる [12]．外側の障害は離断性骨軟骨炎と呼ばれ，投球障害肘の約 30%を占めており，12 歳から 15 歳に生じる [10]．また，離断性骨軟骨炎の初期症状を有する者は平均 11.5 歳であった [13]．

以上のことから，野球選手における肩や肘の障害は 10 代の初めから半ばにかけて好発していると考えられる．

1-2. 投球動作の相分け

投球動作は 5 つの相に分けられ [14], **wind-up** 相, **early-cocking** 相, **late-cocking** 相, **acceleration** 相, **follow-through** 相と呼ばれる (図 1). **wind-up** 相は, 投球動作の始めからグローブをはめた手からボールが離れるまで, **early-cocking** 相はグローブからボールが離れてからステップ脚が地面に接地するまで, **late-cocking** 相はステップ脚が接地してから投球側の肩関節が最大外旋するまでと定義される. **acceleration** 相は投球側の肩が最大外旋してからボールをリリースするまで, そして **follow-through** 相は前腕を回内しボールをリリースした後, 体幹と上肢の動作が終了するまでと定義されている.

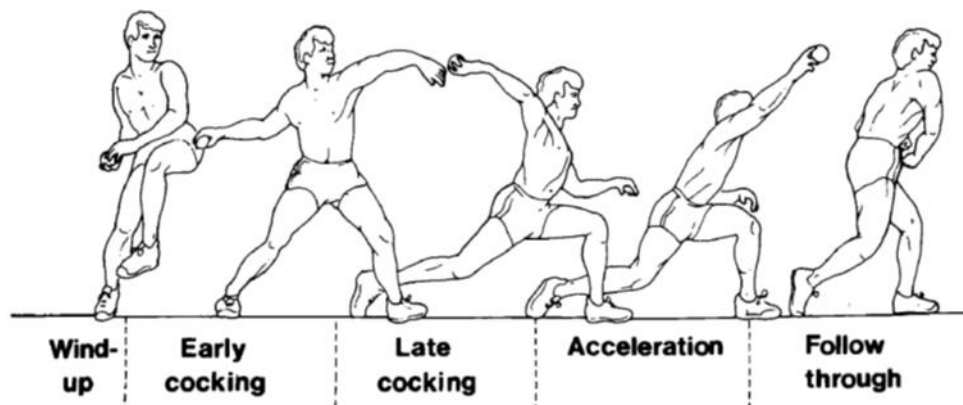


図 1. 投球の相分け ([14]より抜粋)

1-3. 投球障害の発生要因

成長期野球選手の上肢障害のメカニズムを解明するために、いくつかの投球動作の研究が行われている。10 歳から 15 歳の野球選手と 19 歳から 34 歳の野球選手の投球動作を比較した研究では、前者はボールをリリースする時の肩関節外転角度が小さく、肘が下がっており、体幹の非投球側への側屈が大きく回旋が少ないため上肢に頼った投球動作であった [15]。中学生と大学生の野球選手の投球動作の比較では、中学生で上肢運動と体幹の回旋運動が強調される傾向にあった [16]。また、子どもと比較的習熟度の高い成人の **cocking** 相に着目した研究では、子どもの投球動作は体幹の回旋運動が早期化する特徴があった [17]。これらの報告から、成長期野球選手の投球動作では、肘が下がり、体の開きが早く、上肢に頼った投球動作と特徴づけられる。投球障害が発生しやすい代表的な投球フォームには、肘下がり、肘の突き出し、体の開き(腕の遅れ)、体重移動の不足が挙げられる(図 2) [18]。これらの投球動作は肩や肘にかかるストレスが大きく、疼痛が生じやすい。そのため、成人野球選手と比較して、成長期野球選手の投球動作では、肩や肘へのストレスが大きいと考えられる。



図 2. 投球障害が発生しやすい代表的な投球動作 ([18]より抜粋)

投球動作の他にも障害発生の要因はいくつか報告されている．青年期の投手を対象に肩や肘の障害の発生要因を調査した結果では，障害の最も大きな発生要因はオーバーユースと疲労であった [19]．また，日本の高校野球選手の障害は年間を通しての過密なスケジュールとトーナメント方式により，選手を酷使することが原因であると報告されている [20]．9 歳から 12 歳の選手では，肩と肘の障害のリスクを低下させるためには 1 試合の中で 75 球以上投げないようにするべきであると報告されている [4]．これらが報告される以前から，青少年の野球障害に対する提言として，投球数の制限がある(表 1) [21]．また，米国では，2014 年に Major League Baseball(MLB)が若年選手のオーバーユースによる障害

を予防し，健康な競技生活ができるようにと PITCH SMART というサイトを立ち上げ，投球数と投球数に対する休養に関するガイドラインを示している(表 2) [22].

表 1. 青少年の野球障害に対する提言

	1日の 全力投球数(球)	1週間の 全力投球数(球)	1週間における 休息日(日)
小学生	50	200	4
中学生	70	350	1
高校生	100	500	1

[20]より抜粋，一部改

表 2. PITCH SMART. の提言

年齢(歳)	1日の最大投球数(球)	球数に対する休息日(球)				
		0日	1日	2日	3日	4日
7-8	50	1-20	21-35	36-50	/	/
9-10	75	1-20	21-35	36-50	51-65	66+
11-12	85	1-20	21-35	36-50	51-65	66+
13-14	95	1-20	21-35	36-50	51-65	66+
15-16	95	1-30	31-45	46-60	61-75	76+
17-18	105	1-30	31-45	46-60	61-75	76+

[21]より抜粋，一部改

これらの提言がなされているものの，投球数を厳密に管理しているチームはまだ少なく，成長期野球選手は障害のリスクにさらされていると考えられる．また，投球数を管理している場合であっても誤った投球動作を繰り返すことにより，身体が発達途上の成長期野球選手では障害が発生すると考えられる．よって適切な投球動作の指導が必要であると考えられる．図 2 で示した投球障害が発生しやすい動作は **late-cocking** 相から **acceleration** 相である．投球動作は一連の流れであり，この相より前の **wind-up** 相に原因があると考えられる．

wind-up 相は投球の準備期間と位置付けられ，ステップ脚側の股関節の屈曲角度の増加は下肢の位置エネルギーを高め，以降の相での並進運動に利点をもたらす [23]．また，**wind-up** 相は **Balance Point** として重要視されている [24]．**wind-up** 姿勢でのバランス能力の調査では，ステップ脚の股関節屈曲角度の増加でバランス能力が低下する [25]．そして，**wind-up** 相でのバランスは重要であり，わずかなバランスの乱れが結果として **late-cocking** 相や **acceleration** 相での肩関節運動に影響を与える [26]．**wind-up** 相での不良姿勢は，以降の相の円滑な運動連鎖を阻害し，投球障害を引き起こす [27] [28]．以上のことより，**wind-up** 相のバランス能力が低いことが投球障害を引き起こしやすい投球動作につながると考えた．また，**wind-up** 相のバランス能力が低いことによって投球動作が安定せず，投球コントロールの低下にもつながると考えた．

1-4. バランス能力と投球障害および投球コントロールの関連性

バランス能力と投球障害および投球コントロールの関連性について、先行研究の結果をまとめると以下のようなになる。中学生野球選手では、肩や肘の投球障害の有無で動的バランスに有意な差はなかった [29]。高校生野球選手では、投球障害を有する選手は重心動揺の面積が大きかった [30]。大学生野球選手では、片脚立位バランスと投球フォームや投球障害との関係はなかった [31]。しかし、これまでに数々の投球障害に関する図書に **wind-up** 相の安定性の必要性が記載されているものの [17] [26] [28], 実際にバランス能力と障害の関連性を検討した研究は少なく、これらの関連性は明らかではない。

また、バランス能力と投球コントロールの関連性について、大学生野球投手では、**wind-up** 姿勢でのバランス能力と投球コントロールの関連性は低く [24], 静的なバランス能力と投球コントロールに関係はない [32]。しかし、成長期野球選手を対象とした研究はなく、成長期野球選手は投球技術が未熟であり、バランスの乱れや投球時の姿勢が投球コントロールに影響を与えている可能性があると考えられるが、それらの関連性は明らかになっていない。

1-5. 研究目的

研究 1 の検討(I)では，片脚立位バランス能力と投球障害の関連性および検討(II)では投球時の姿勢と投球障害の関連性を明らかにすることを目的とした．次に，研究 2 の検討(III)では片脚立位バランス能力と投球コントロールの関連性および検討(IV)では投球時の姿勢と投球コントロールの関連性を明らかにすることを目的とした．

本研究の仮説として，投球障害のある選手は，障害の無い選手より片脚立位バランス能力が低く，投球時の姿勢が良くない選手に投球障害が多いと考えた．また，片脚立位バランス能力が高い選手ほど投球動作が安定して投球コントロールが良いと考えた．

第 2 章 【研究 1】

片脚立位のバランス能力および投球時の姿勢と投球障害の関連性

2-1. 対象と方法

2-1-1. 対象

検討(I)の対象は、地域野球クラブチームに所属する中学生男子野球選手 90 名とした。また、90 名のうち、投球動作の撮影が依頼できた 38 名を検討(II)の対象とした。除外基準は、測定時に何らかの障害によりバランス能力に支障をきたすと判断された者、また、手術歴や測定時に肩や肘などに疼痛などがあり投球に支障をきたす者とした。本研究に参加したすべての被験者は右投げであった。対象者および対象者の保護者に対し、本研究の目的と起こりうる危険性の説明を行い、書面にて参加の同意を得た。なお、本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を受けたものである。

2-1-2. 既往歴に関する調査

質問紙にて、対象者にこれまでの上肢の疼痛経験の有無とその部位、時期、原因を調査した。

2-1-3. 片脚立位姿勢の重心動揺の測定

測定には重心動揺計(GS-7, アニマ社製, 日本)を用いた。測定は投球時に軸脚となる脚(右投げの場合右脚)で測定を行った。測定方法は、芝ら[25]と池内ら[31]の研究を参考に、屋外の平らな場所で開眼片脚立位にて重心動揺を測定した。測定時間は本研究で用いた重心動揺計での最小時間である10秒とした。測定肢位は、ステップ脚側の股関節90°屈曲位で、両手は胸の前とし、片脚立位を保持させた(図3)。測定中は、被験者が転倒しないよう注意し、周りの人が話しかけないよう注意した。なお、測定中にバランスを崩し、足の位置が動いた場合や両手を胸の前で保持できなくなった場合は再度測定した。得られた測定結果は身長を用いて標準化を行った。



図 3. 重心動揺の測定

総軌跡長

計測時間内の床反力作用点の総移動距離を表している．重心動揺計に取り込まれた重心座標(x,y)のデータから，次のような演算により瞬時動揺長(ΔLi)を求め，それを測定時間にわたって積算した．

$$\Delta Li = \sqrt{\Delta xi^2 + \Delta yi^2}$$

$$\text{総軌跡長} = \sum_{i=1}^n \Delta Li \quad (n=\text{サンプリング個数})$$

外周面積

床反力作用点の移動した外周の線で囲まれる面積を表している．重心動揺の原点の周囲を 120 等分し，各領域における半径(r_i)が最大の重心点を全領域に渡って求める．隣り合う領域の最大点と動揺原点を結んでできる三角形の面積を求め，原点の周囲について積算した．

$$Si = r_i \cdot r_{i+1} \cdot \sin \frac{\theta}{2} \quad (\theta = 3^\circ)$$

$$\text{外周面積} = \sum_{i=1}^{120} Si$$

矩形面積

床反力作用点の移動した各軸の最大幅で囲まれる長方形の面積を求めた．

$$\text{矩形面積} = (x_{\max} - x_{\min}) \cdot (y_{\max} - y_{\min})$$

単位面積軌跡長

計測時間内の単位面積中で移動した床反力作用点の長さを表し,以下の式で算出した.

$$\text{単位面積軌跡長} = \text{総軌跡長} / \text{外周面積}$$

本研究では, 総軌跡長, 外周面積, 矩形面積を片脚立位での揺れの大さを **wind-up** 相でのバランス能力として扱い, 値が大きい者ほど **wind-up** 相で姿勢が不安定であると考えた. また, 単位面積軌跡長は姿勢制御の微細さを示すと報告されている [33]. このことから, 本研究では値が大きい者ほど **wind-up** 相での姿勢制御能力が優れ, バランス能力が高いとした.

2-1-4. 測定手順

動作の撮影は，参加協力を依頼した被験者の任意で行った．測定手順は，まず各被験者に十分なウォーミングアップを行わせた後に，身体表面においてマーカーを貼付した．マーカーを貼付した後，18.44m 先にある的に向かって平らなグラウンド上で投球した．投球は練習として 3 球，本試行として 10 球行った．投球フォームは，すべての被験者でセットポジションへ統一し，ステップ脚を 90° まで挙げるよう指示した．また球種はすべてストレートとし，全力投球ではなく，的に当てられるようにし，投球フォームが乱れないように 7 割程度での投球を指示した．なお投球間隔の時間は選手の任意の間隔とした．解析は，投球動作のうち，動作開始時点(Set Position,以下 SP 期)，wind-up 相のステップ脚が最も高く上がった時点(Balance Point,以下 BP 期)，early-cocking 相のステップ脚が投球方向に接地した時点(Foot Contact,以下 FC 期)の 3 つの時点で行った(図 4)．



図 4. 解析を行った 3 つの時点

2-1-5. 投球時の姿勢評価

投球時の姿勢の測定では、2 台のハイスピードカメラ(EX-F1,CASIO, 日本)を用いて被験者の側方と後方から、サンプリング周波数 300Hz にて撮影した(図 5).



図 5. 撮影風景

両側の肩峰，上前腸骨棘，右大転子，右膝外側裂隙，右外果の計 7 点にマーカーを貼付し(図 6)，動作解析ソフト(Frame-DiasⅣ,DKH,日本)を用いて得られた座標から角度を算出した．算出する角度と算出方法は以下の通りである(図 7,8)．

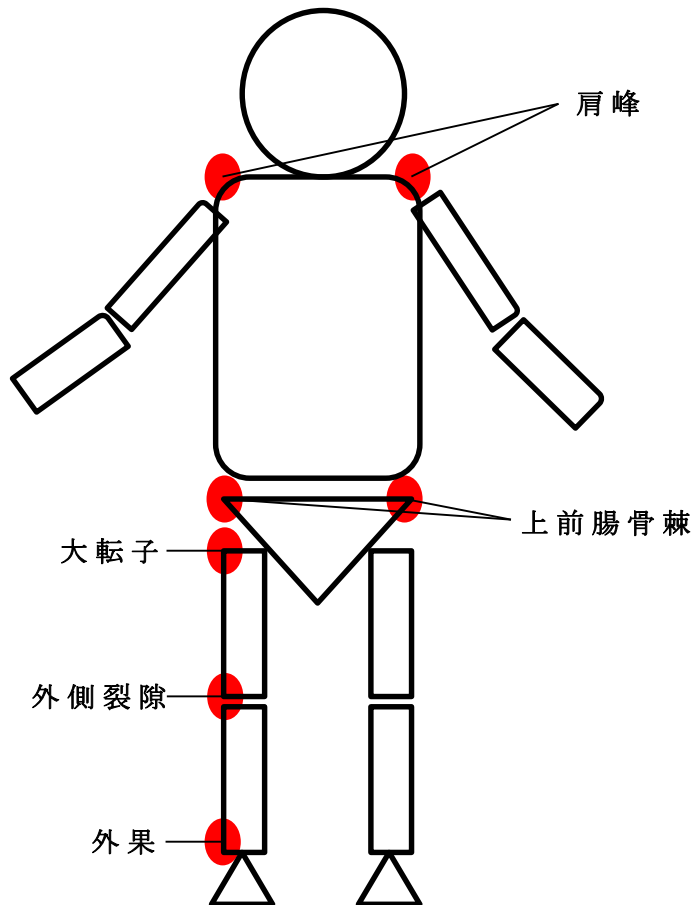


図 6. マーカー貼付位置

A. 肩傾斜角度

両側の肩峰を結んだ線と右肩の肩峰を通る地面との水平線がなす角度を肩傾斜角度とした。水平線より左肩が上に位置している場合の角度を正の値とし、左肩が下に位置している場合の角度を負の値とした。

B. 骨盤傾斜角度

両側の上前腸骨棘を結んだ線と右側の上前腸骨棘を通る地面との水平線がなす角度を骨盤傾斜角度とした。水平線より左上前腸骨棘が上に位置している場合の角度を正の値とし、左上前腸骨棘が下に位置している場合の角度を負の値とした。



図 7.角度定義

C. 体幹前傾角度

右肩峰と右大転子を結んだ線と右大転子を通る地面からの垂線がなす角度を体幹前傾角度とした。垂線より右側に肩峰が位置している場合を正の値とし、左側に位置している場合を負の値とした。

D. 軸足膝関節屈曲角度

右大転子と右膝外側裂隙を結んだ線の延長線と右膝外側裂隙と外果を結んだ線がなす角度を膝関節屈曲角度とした。

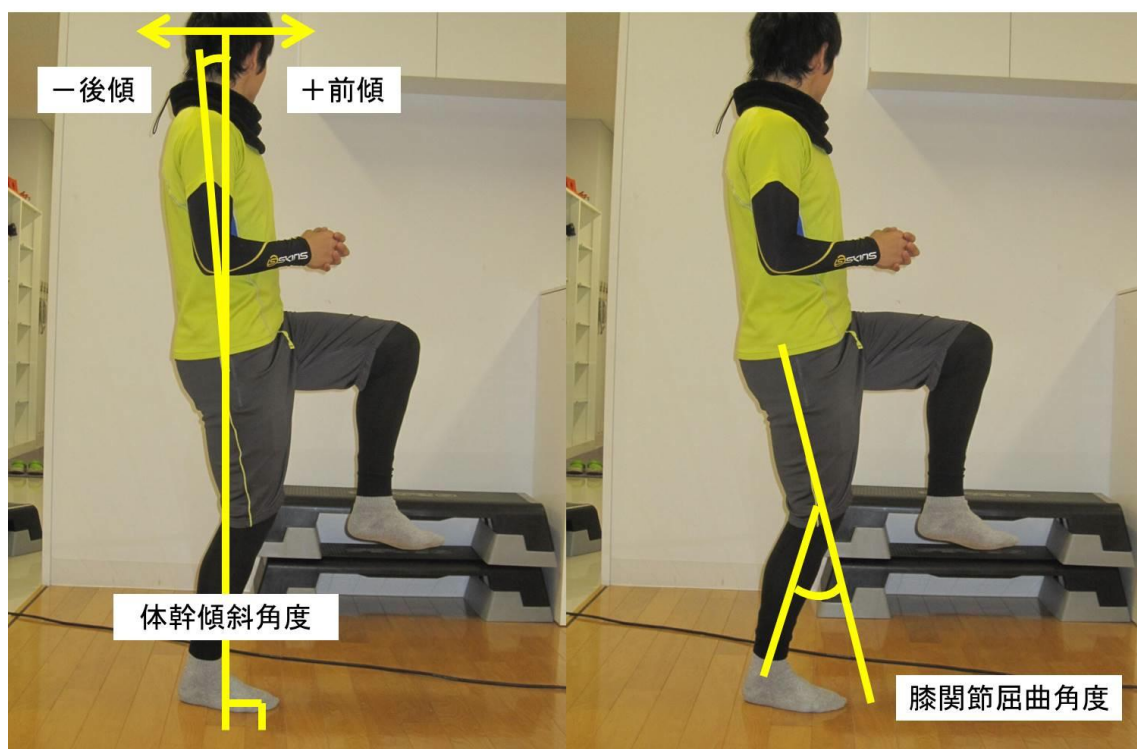


図 8. 角度定義

2-1-6. 統計処理

測定結果は，平均±標準偏差で表示し，統計処理は統計処理ソフト (SPSS Statistics 22, IBM, 米国) を用いた．本研究に参加した者で，いずれかの測定値が全体の平均値±3 標準偏差を超えた者は，外れ値として解析から除外した．

データの正規性を確認するため K-S 検定を行い，両群ともにデータが正規分布と仮定できることが示された。

投球障害のある選手(既往有)と投球障害の無い選手(既往無)で分け，両群間の比較には各項目で対応のない t 検定を行った．そして，t 値と被験者数から効果量 (Effect Size, 以下 ES) を算出した．また，重心動揺の測定結果と投球時の傾斜角度の関連性の検討，BP 期の姿勢と FC 期の姿勢の関連性の検討には Pearson の積率相関係数を算出した．統計学的有意水準は危険率 5%未満とし，5%以上 10%未満を傾向ありとした．

2-2. 結果

2-2-1. 片脚立位のバランス能力と投球障害の関連性

検討(I)-1. 既往歴の調査結果

90名から6名を外れ値として除外した。84名の中で、上肢に疼痛を訴えたことがある者は41名(48.8%)、訴えなかった者は43名(51.2%)であった(表3)。両群間で、身体特性に差は見られなかったが、既往有群の競技歴が有意に長かった。

表3. 各群の被験者特性

	既往有(n=41)	既往無(n=43)	P値	95%信頼区間		効果量
				下限	上限	
年齢(歳)	13.5±1.0	13.5±0.8	.966	-2.510	4.319	.01
身長(cm)	163.2±8.4	162.3±6.7	.599	-.416	.399	.12
体重(kg)	53.4±9.1	54.2±9.4	.692	-4.928	3.287	.09
競技歴(年)	6.1±1.1	5.4±1.1	.011	.157	1.155	.57

平均値±標準偏差

検討(Ⅰ)-2. 重心動揺の比較結果

両群間で，総軌跡長に有意差はなかった．既往有群の外周面積は有意に($P = 0.014$, $ES = 0.55$)大きかった(図 9)．また，既往有群の矩形面積は有意に($P = 0.013$, $ES = 0.55$)大きかった(図 10)．既往無群の単位面積軌跡長は長い傾向があった($P = 0.086$, $ES = 0.38$) (図 11)．

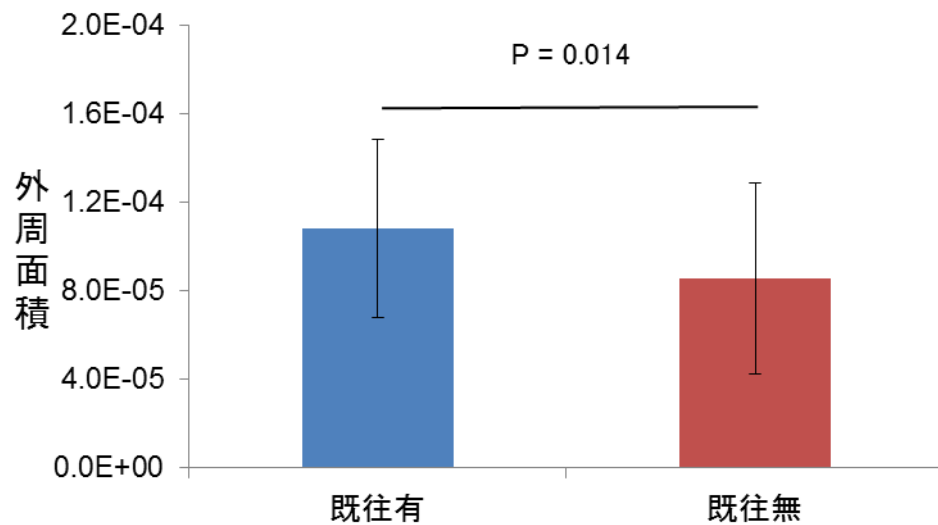


図 9. 既往の有無での外周面積の比較

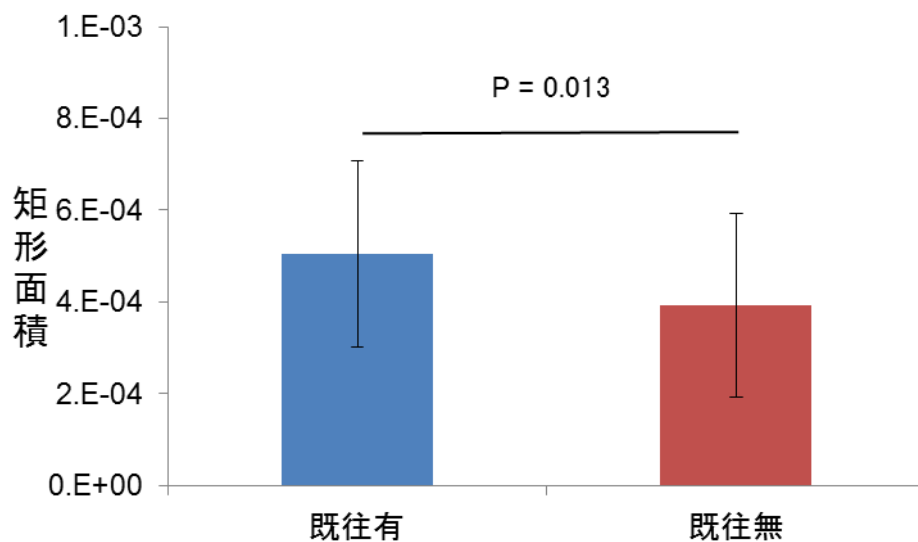


図 10. 既往の有無での矩形面積の比較

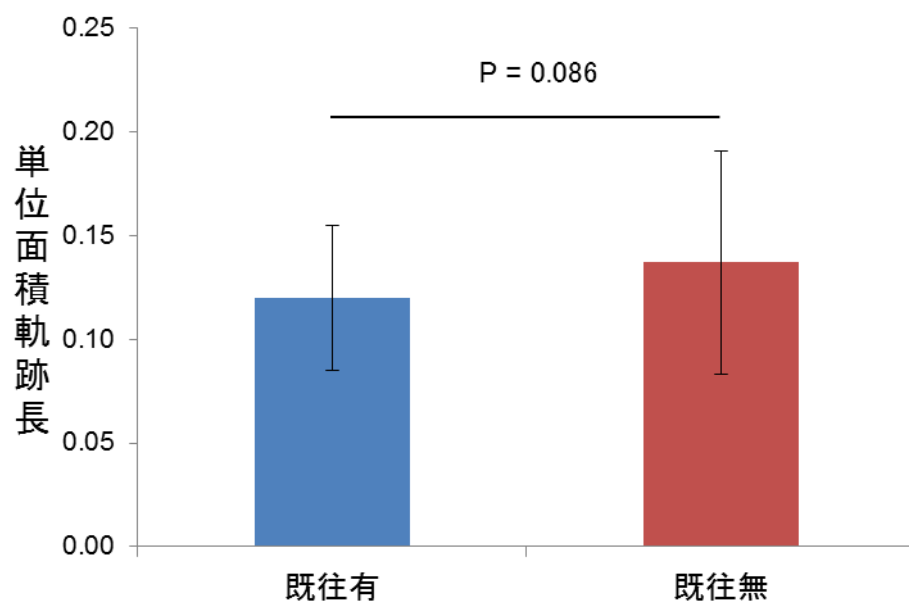


図 11. 既往の有無での単位面積軌跡長の比較

2-2-2. 投球時の姿勢と投球障害の関連性

検討(Ⅱ)-1. 投球時の姿勢の比較

投球時の姿勢を測定した 38 名のうち、3 名を外れ値として除外した。対象の 35 名(年齢 13.2 ± 0.9 歳, 身長 160.8 ± 7.7 cm, 体重 50.5 ± 8.4 kg, 競技歴 6.1 ± 1.1 年)の選手の中で、上肢に疼痛を訴えたことがある者は 19 名(54.2%), 訴えなかった者は 16 名(45.4%)であった(表 4)。両群間で、身体特性に差は見られなかったが、既往有群では競技歴が有意に長かった。

表 4. 各群の被験者特性

	既往有(n=19)	既往無(n=16)	P値	95%信頼区間		効果量
				下限	上限	
年齢(歳)	13.4 ± 1.1	13.0 ± 0.6	.230	-.247	.984	.34
身長(cm)	161.4 ± 8.0	160.1 ± 7.5	.641	-4.138	6.631	.13
体重(kg)	50.2 ± 7.3	50.8 ± 9.7	.832	-6.476	5.245	.24
競技歴(年)	6.5 ± 1.0	5.7 ± 1.1	.028	.096	1.581	.62

平均値±標準偏差

各群の測定結果を以下の表に示した(表 5). 既往有群は既往無群と比較して, BP 期の骨盤傾斜角度が有意に大きく, 非投球側へ傾斜し, 軸脚膝関節屈曲角度も有意に大きかった. また, 既往有群で FC 期肩傾斜角度と FC 期骨盤傾斜角度が有意に大きく, 非投球側へ肩と骨盤が傾斜していた.

投球の位相ごとの肩傾斜角度と骨盤傾斜角度を以下の図に示す(図 12, 図 13).

表 5. 投球時の姿勢の測定結果

	既往有	既往無	P値	95%信頼区間 下限 上限		効果量
SP期肩傾斜角度	0.2±2.8	0.3±2.4	.551	-0.732	0.391	.05
SP期骨盤傾斜角度	0.0±2.6	0.2±2.8	.667	-0.694	0.445	.04
BP期肩傾斜角度	2.7±5.6	2.9±5.3	.800	-1.309	1.011	.01
BP期骨盤傾斜角度	18.4±7.3	14.9±5.0	<.001	1.926	4.953	.55
BP期膝関節屈曲角度	22.7±7.1	19.7±7.5	<.001	1.381	4.607	.41
BP期体幹傾斜角度	2.2±4.1	2.0±5.9	.762	-0.954	1.299	.03
FC期肩傾斜角度	4.8±7.0	-2.0±9.4	<.001	4.982	8.532	.83
FC期骨盤傾斜角度	2.7±3.8	1.6±5.3	.020	0.158	2.133	.25

単位: °

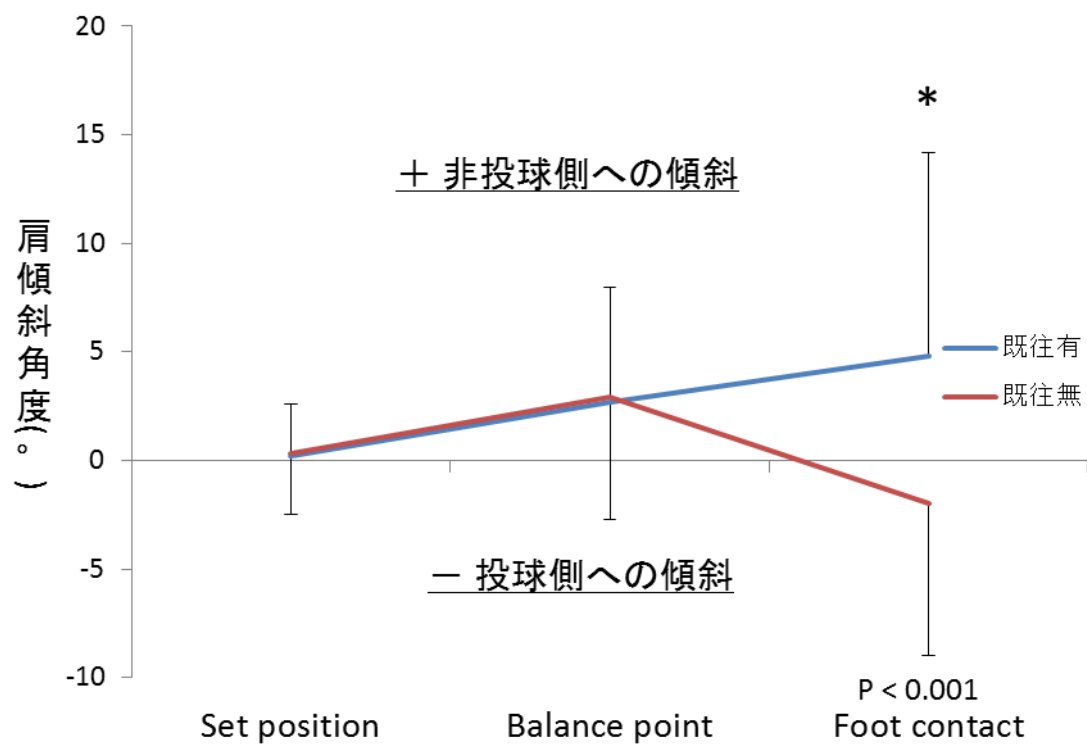


図 12. 期分けごとの肩傾斜角度

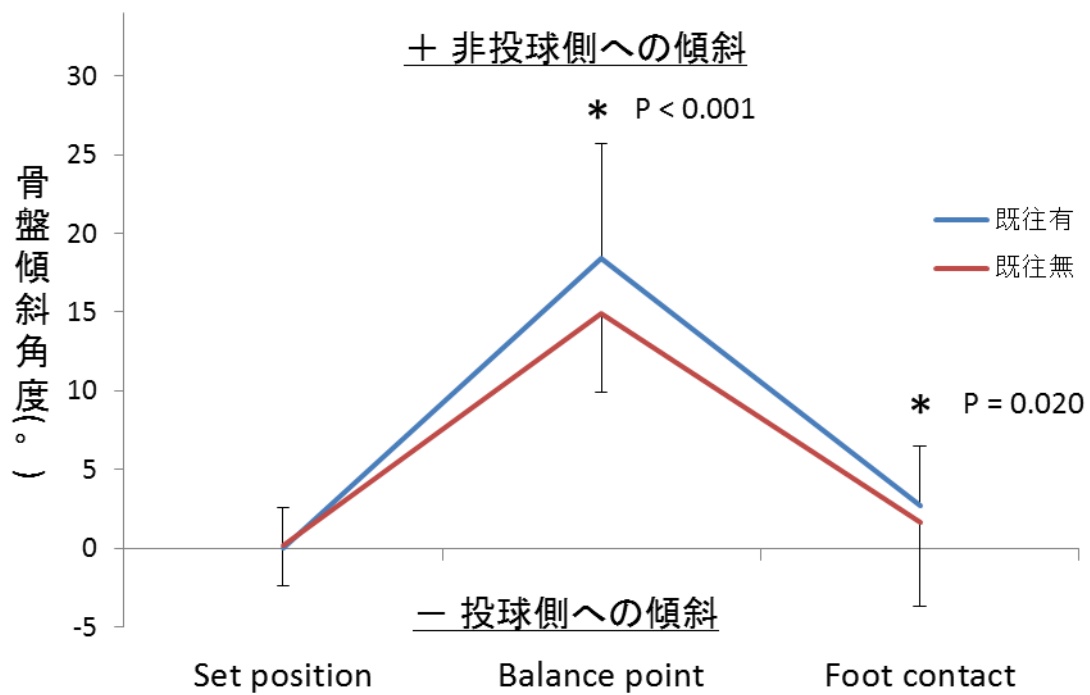


図 13. 期分けごとの骨盤傾斜角度

検討(Ⅱ)-2. 重心動揺と投球時の姿勢の関連性

両群を合わせた時の重心動揺と投球時の姿勢の関係についての結果を以下の表に示す(表 6). 矩形面積と BP 期骨盤傾斜角度との間に有意な正の相関関係があり($r=0.413, P=0.032$), 揺れが大きい者ほど BP 期で骨盤が非投球側へ傾斜していた.

表 6. 重心動揺と投球時の姿勢の相関係数

	総軌跡長	外周面積	矩形面積	単位面積軌跡長
BP期肩傾斜角度	.060	-.049	.140	.060
BP期骨盤傾斜角度	.148	.301	.413*	-.080
BP期膝関節屈曲角度	.123	.203	.231	-.178
BP期前傾角度	.082	-.030	-.014	.021
FC期肩傾斜角度	.097	-.055	.035	.076
FC期骨盤傾斜角度	.289	.180	.269	-.106

* $P < 0.05$

検討(Ⅱ)-3. Balance Point と Foot Contact の姿勢の関連性

両群を合わせた時の BP 期と FC 期の姿勢の関係についての結果を以下の表に示す(表 7). BP 期の骨盤傾斜角度と FC 期骨盤傾斜角度に有意な正の相関関係があり($r=0.416, P=0.031$), BP 期に骨盤が非投球側へ傾斜している者ほど FC 期に骨盤が非投球側への傾斜角度が大きかった. また, BP 期の膝関節屈曲角度と FC 期肩傾斜角度に有意な正の相関関係があり($r=0.396, P=0.025$), BP 期の膝関節屈曲角度が大きい者ほど FC 期の肩の非投球側へ傾斜が大きかった(図 14).

表 7. BP 期と FC 期の姿勢の相関係数

	FC期肩傾斜角度	FC期骨盤傾斜角度
BP期肩傾斜角度	.309	.153
BP期骨盤傾斜角度	.101	.416*
BP期膝関節屈曲角度	.396*	.102
BP期前傾角度	.081	.174

* $P < 0.05$

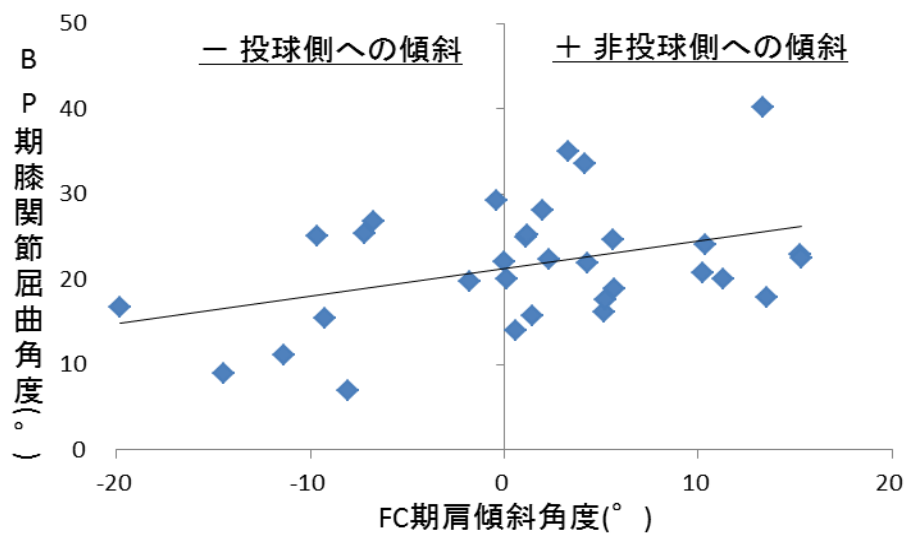


図 14. BP 期膝関節屈曲角度と FC 期肩傾斜角度の相関関係

2-3. 考察

研究 1 では，既往有群は既往無群と比較して，片脚立位での揺れが大きく，バランス能力が低かった．また，既往有群では BP 期に骨盤が非投球側へ傾き，軸脚膝関節の屈曲角度が大きかった．そして，FC 期に肩と骨盤が非投球側へ傾斜していた．

2-3-1. 片脚立位のバランス能力と投球障害の関連性

池内ら(2011)は，大学生野球選手の既往の有無で片脚立位の重心動揺に差はなかったと報告している [31]．しかし，高校生を対象にした研究では既往のある選手は重心動揺が大きいと報告されている [30]．本研究の対象であった中学生においても既往有群の選手は重心動揺が大きかったことから，wind-up 相のバランスの乱れが，以降の相で肩や肘に影響していると考えられる．骨格と筋力が発達途上の中学生や高校生においては，wind-up 相のバランスの乱れを以降の相で修正できない可能性がある．大学生では骨格と筋力が発達しており，wind-up 相のバランスの乱れを以降の相で修正することができるため，既往の有無で差がなかったのではないかと考えた．しかし，中学生野球選手の既往の有無間で動的なバランス能力を比較した研究では，有意な差はないと報告されている [29]．これは，先行研究の動的なバランス能力の評価方法が投球動作における wind-up 姿勢とは異なり，投球動作に与える影響が少ないため有意な差がなかったと考えられる．本研究では，投球動作に近い姿勢でのバランス能力の測定であったため，投球動作に関連しており，既往の有無間で差があったと考えた．今後はバランス能力の評価方法について検討し，より詳細に投球動作との関連性について検討していく必要があると考えた．

2-3-2. 投球時の姿勢と投球障害の関連性

青柳ら(2012)は、成人野球選手では、**early-cocking** 相の非投球方向への体幹の傾斜は投球方向への身体の並進運動を妨げると報告している[34]。また三原(2008)は、体幹の非投球方向への傾斜は下肢の運動が妨げられ、十分な体重移動がなされないまま体幹の回旋運動が起きる傾向にあるとしている。そして、体重移動が円滑に行われないと、ステップ脚接地位置が投球方向にまっすぐ踏み出せず、接地位置が外側や内側にずれやすいとしており、外側への接地は骨盤の回旋が早期に生じ体の開きを早くすると報告している[35]。本研究の既往有群の選手は **FC** 期に非投球側への肩と骨盤の傾斜が大きかったことから、体重移動が投球方向へスムーズに行えていないということが考えられる。それにより、**FC** 期以降の動作に支障をきたしていた可能性がある。また、**FC** 期に肩や骨盤の非投球方向への傾斜が大きいことにより以降の投球相に必要な肩関節の外転角度が得られていないことが考えられる。このことによって後の **late-cocking** 相や **acceleration** 相の肘下がりや肘を突き出した投球動作につながっていると考えられる。

FC 期の非投球方向への傾斜によって引き起こされることが考えられる投球動作は投球障害が発生しやすい動作と一致しており、**FC** 期の非投球方向への傾斜は既往のある選手の特徴であると考えられた。

また、本研究の対象者では、**BP** 期膝関節屈曲角度の増加に伴い **FC** 期肩傾斜角度の増加が見られたことから、**BP** 期軸脚膝関節屈曲角度が **FC** 期の非投球方向への傾斜の原因の 1 つであると考えた。既往有群は片脚立位での動揺が既往無群より大きかった。そのため、既往有群は片脚立位でバランスを取るため、膝関節をより大きく屈曲して重心を下げることで安定性を高めていると考えた。そして、バランス能力を代償するた

めの膝関節屈曲角度の増加が FC 期の非投球側への傾斜を大きくしており、投球障害の発生につながっていると考えた。

2-3-3. まとめ

本研究の結果、既往有群は片脚立位でのバランス能力が既往無群より低いことが示された。また、BP 期で膝関節の屈曲角度が大きかった。FC 期では肩と骨盤の非投球側への傾斜が増加していた。

2-3-4. 限界点

本研究の限界点として 2 点挙げられる。

1 点目は、本研究は BP 期と FC 期の瞬間のみの姿勢の解析であったため、一連の投球動作を解析していないことである。2 点目は下肢筋力と非投球側への傾斜との関連性は明らかでないことである。本研究では、BP 期に膝関節屈曲角度が大きい者ほど FC 期の非投球側への肩の傾斜が大きかった。バランス能力の代償としての膝関節屈曲角度の増加と考えたが、選手の下肢筋力との検討を行っていない。そのため、下肢筋力と膝関節屈曲角度を検討し、膝関節屈曲角度を大きくさせる要因を検討していくことが必要であると考えられる。今後は動的なバランス能力や下肢筋力と投球動作全体の関連性を検討することでより詳細に投球障害の要因を明らかにでき、投球障害予防のトレーニング方法が立案できると考えた。

第 3 章 研究 2

3-1. 対象と方法

3-1-1. 対象

対象は研究 1 の投球動作撮影に参加した 35 名とした。

3-1-2. 片脚立位姿勢の重心動揺と投球時の傾斜角度の測定

片脚立位姿勢の重心動揺と投球時の姿勢評価は研究 1 の測定結果を使用した。また、投球時の傾斜角度の標準偏差を姿勢のばらつきの大きさとして扱った。

3-1-3. 投球コントロールの測定

本研究で使用した的は、勝亦ら(2004)の研究で用いられた的を参考に作成した [36]。的の大きさは中心円の直径を 15cm とし、内から順に直径 45, 75, 105, 135cm の円とし、中心が地面から 1m となるように防球ネットに設置した(図 15)。また、投球が的に当たった部位により得点化を行った。得点は、内側から 5, 4, 3, 2, 1 点とし、的に当たらなかった場合は 0 点とした。投球が的に当たる瞬間が映るようデジタルビデオカメラで撮影し、撮影した映像から各投球を得点化した。得点は 10 球の平均値を代表値として扱い、本研究では得点をコントロールの指標として扱った。また、得点の標準偏差をコントロールのばらつきの大きさとして扱った。

投球コントロールの測定は、研究 1 の投球時の姿勢の測定と同時に行ったため、投球の手順、投球時間の間隔、投球スピードの指示は研究 1 と同様である。

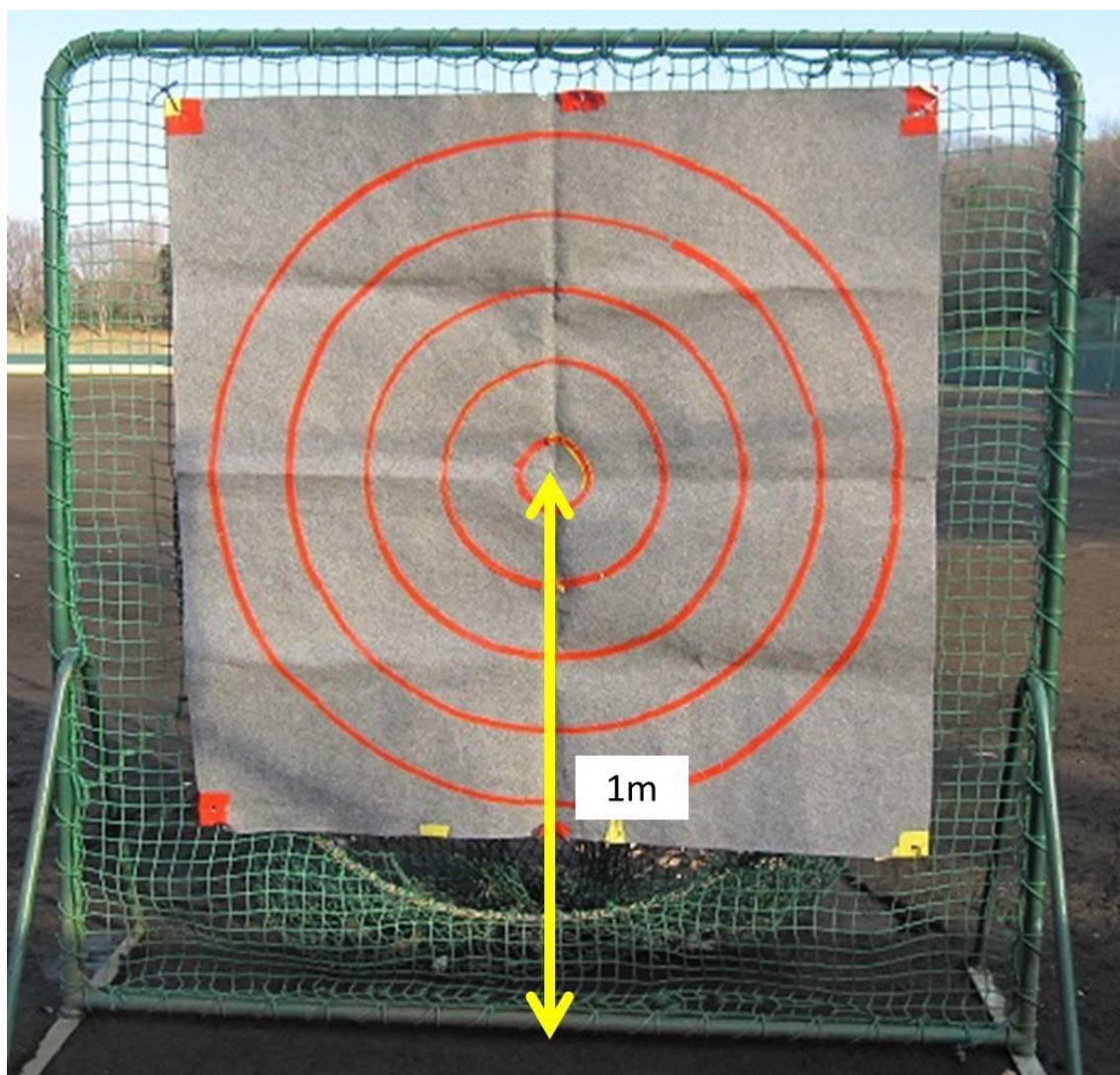


図 15. 作成した的

3-1-4.統計処理

重心動揺や投球時の姿勢と投球得点の関連性の検討には Spearman の順位相関係数を用いた．統計学的有意水準は危険率 5%未満とし，5%以上 10%未満を傾向ありとした．

3-2. 結果

投球得点の結果を以下の表に示す(表 8)。

表 8. 投球得点の結果

平均得点	標準偏差	変動係数	級内相関
2.086	1.397	0.670	0.217

3-2-1. 片脚立位バランスと投球コントロールの関連性

検討(Ⅲ)-1. 重心動揺と投球得点の関連性

重心動揺と投球得点の関係を以下の表に示す(表 9)。重心動揺と投球得点の間に有意な相関関係はなかった。

表 9. 重心動揺と得点の相関係数

	相関係数	
	平均点	標準偏差
総軌跡長	.000	.115
外周面積	.210	.000
矩形面積	.153	-.093
単位面積軌跡長	-.197	.103
Not significant		

3-2-2. 投球時の姿勢と投球コントロールの関連性

検討(Ⅳ)-1. 投球時の姿勢と投球コントロールの関連性

投球姿勢と投球得点との関係を以下の表に示す(表 10). FC 期の肩傾斜角度と投球コントロールの間に有意な負の相関関係があり($r=-0.436, P=0.009$), 非投球側への傾斜が大きい者ほど投球得点は低かった(図 16).

表 10. 投球時の姿勢と得点の相関係数

	得点	
	平均点	標準偏差
BP期肩傾斜角度	-.306	-.093
BP期骨盤傾斜角度	-.011	-.154
BP期体幹前傾角度	-.132	-.072
BP期膝屈曲角度	-.172	-.198
EC期肩傾斜角度	-.436*	-.070
EC期肩傾斜角度	-.112	-.057

* $P < 0.05$

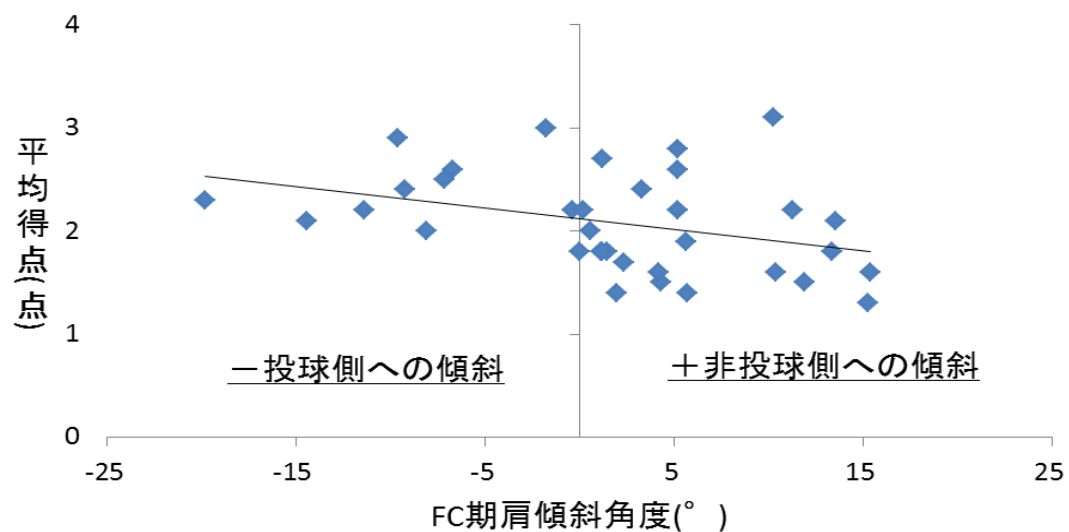


図 16. FC 期肩傾斜角度と平均得点の相関関係

検討(Ⅳ)-2. 投球姿勢のばらつきと投球コントロールの関連性

投球姿勢のばらつきと投球得点の関係を以下の表に示す(表 11). BP期の体幹前傾角度と投球得点に負の相関関係があり($r=-0.363, P=0.044$), BP期の体幹前傾角度のばらつきが大きい者ほど投球得点は低かった(図 17).

表 11. 投球姿勢のばらつきと得点の相関関係

SD	得点	
	平均点	標準偏差
BP期肩傾斜角度	-.199	.191
BP期骨盤傾斜角度	-.184	.227
BP期体幹前傾角度	-.363*	.085
BP期膝屈曲角度	.019	.092
EC期肩傾斜角度	.066	.188
EC期肩傾斜角度	.133	-.147

* $P < 0.05$

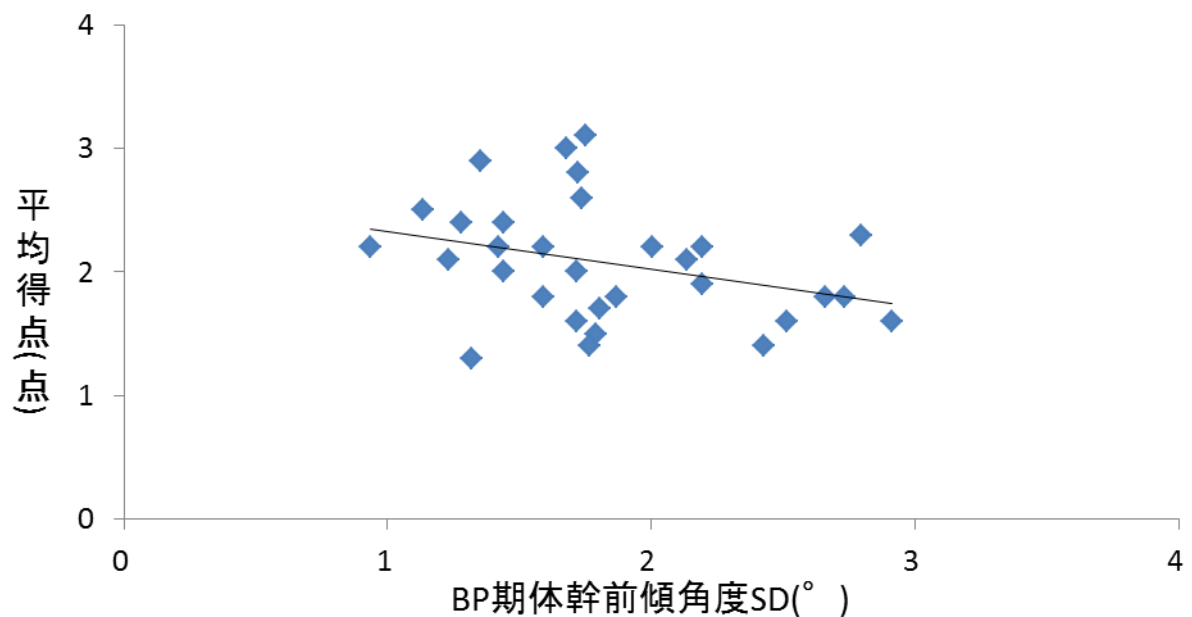


図 17. BP 期体幹前傾角度 SD と平均得点の相関関係

3-3. 考察

研究 2 では，片脚立位での重心動揺と投球コントロールに関連性はなかった．しかし，FC 期での非投球側への肩傾斜角度が大きい者ほど投球コントロールは低くなっていた．また，BP 期での体幹の前傾角度のばらつきが大きい者ほど投球コントロールは低くなっていた．

3-3-1. 片脚立位バランスと投球コントロールの関連性

本研究の結果，中学生野球選手では片脚立位のバランス能力と投球コントロールの関連性は低かった．木村と西井(2012)は投球コントロールが良い人の特徴として，ボールをリリースする位置のばらつきが小さいことを報告している [37]．大学生野球選手を対象にバランス能力と投球コントロールの関連性を調査した研究では，片脚立位のバランス能力と投球コントロールに関連性がなかったと報告されている [24] [32]．だが，Evans(2013)は熟練していない投手では片脚立位のバランス能力が投球コントロールに役割を果たしている可能性があると述べている [32]．しかし，Evans(2013)の研究では大学生野球選手のみを対象としており，本研究の結果，骨格や筋力，投球技術が発達段階である中学生野球選手においても片脚立位のバランスと関連性はなかった．そのため，野球選手において片脚立位のバランス能力は投球コントロールへの影響は小さいことが考えられた．

3-3-2. 投球時の姿勢と投球コントロールの関連性

本研究では、FC 期での非投球側への肩傾斜角度が大きい者ほど投球コントロールは低くなっていた。また、BP 期での体幹前傾角度のばらつきが大きい者ほど投球コントロールは低くなっていた。木村と西井(2012)は投球コントロールが良い人の特徴として、ボールをリリースする位置のばらつきが小さいことを報告している [37]。三原(2008)は、非投球側への傾斜は投球側への体重移動を妨げ、接地位置のずれを生じさせると報告している [35]。これらのことから、本研究の対象者は非投球側への傾斜が大きい者ほどステップ脚の接地位置がずれ、ボールをリリースする位置のばらつきが大きくなり、コントロールの低下につながっていると考えた。また、子どもの投球動作は体幹回旋が早期化する特徴があり、非投球側への傾斜は体の開きを早くする [17] [35]。体が開くことでボールをリリースするタイミングが早くなる [38]と報告されており、本研究の対象者も非投球側への肩の傾斜が大きくなることによって体の開きが早くなり、ボールをリリースするタイミングが早くなることでリリースする位置が一定にならず、投球コントロールが低下していると考えた。同様に、BP 期での体幹の前傾角度のばらつきは、一定の投球動作にならず、投球動作に乱れを生じさせ、リリースポイントが毎回異なっていることが考えられる。高崎ら(2006)は再現性のよい wind-up 相の動作の獲得がコントロール向上に必要であると報告している [39]。BP 期での体幹の前傾角度のばらつきと得点に負の相関関係があったことから、wind-up 相での動作の安定はコントロール向上のために必要であると考えられる。

3-3-3. まとめ

重心動揺と投球コントロールに関連性がなかった．FC 期の非投球側への肩傾斜角度や BP 期での体幹前傾角度のばらつきが大きくなる者ほど，投球コントロールが低下した．

3-3-4. 限界点

本研究の限界点として 2 点挙げられる．

1 点目は，投球中のバランス能力は評価しておらず，投球時の姿勢をバランスの代わりとして評価している．今後は動的なバランス能力の測定や片脚立位のバランス能力に関与する要因を調査し，関連性を検討することでより詳細な知見が得られると考えられる．2 点目は，本研究では BP 期と FC 期の瞬間のみの姿勢の解析であったことであるため，ボールをリリースする位置やリリース時の体幹の回旋角度との関連が明らかではない．そのため，動的なバランス能力や投球動作全体との検討を行うことでより詳細な知見が得られると考えられる．

第 4 章 総合考察

本研究は，中学生野球選手においてバランス能力と投球障害や投球コントロールの関連性を検討することを目的として 2 つの研究を行った．各研究結果は以下の通りである．

研究 1 では，既往有群は片脚立位のバランス能力が既往無群より低いことが示された．また，BP 期において膝関節の屈曲角度が大きく，FC 期において肩や骨盤の非投球側への傾斜が大きかった．

研究 2 では，片脚立位のバランスと投球コントロールに関連性はなかった．しかし，FC 期の非投球側への肩傾斜角度が大きい者ほど投球コントロールは低くなっていた．また，BP 期での体幹傾斜角度のばらつきが大きい者ほど投球コントロールは低くなっていた．

以上の研究結果から，中学生野球選手におけるバランス能力と投球障害および投球コントロールの関連性について総合的に考察していく．

【片脚立位のバランス能力と投球障害および投球コントロールの関連性】

研究 1 で，中学生野球選手において，既往有群は既往無群より片脚立位のバランス能力が有意に低かった．このことから，片脚立位のバランス能力は投球障害と何らかの影響を与えていると考えられた．これまでに片脚立位でのバランスの乱れが上肢への負担を増やし，投球障害の発生要因になると述べられている [17] [26] [28] が，本研究結果はこれらの意見を支持する結果となった．しかし，大学生野球選手で検討を行った池内ら(2012)や中学生野球選手で検討を行った Endo et al.(2014)は有意な差がなかったと報告している [29] [31]．本研究はこれらの先行研究とは対象者の年齢やバランス能力の評価方法が異なっているため，異なる結果になったと考えた．

研究 2 では，片脚立位のバランス能力と投球コントロールの関連性は低いことが示された．Marsh et al.(2004)や Evans(2013)は，大学生野球選手においてバランス能力と投球コントロールに関連性はないと報告している [24] [32]．本研究結果は，これらの先行研究と同様の結果を示した．そのため，野球選手においてバランス能力が投球コントロールに与える影響は小さいと考えられる．木村と西井(2012)は，投球コントロールの良い人の特徴として，ボールをリリースする位置のばらつきが小さいことを報告している [37]．このことから，バランス能力はボールをリリースする位置のばらつきへの影響は小さく，投球動作などの他の要因が投球コントロールに関与していると考えられる．

今後は wind-up 相から follow-through 相までの投球動作全体の重心軌跡の検討など，本研究での 3 時点から投球動作全体を一連の流れとして捉えた解析方法も開発していくことで，さらに新たな知見が得られると考えた．

【投球時の姿勢と投球障害および投球コントロールの関連性】

研究 1 では，既往有群は既往無群より FC 期の肩と骨盤の非投球側への傾斜が大きいことが示された．青柳ら(2012)や三原(2008)は体幹の非投球側への傾斜は投球側への体重移動に支障をきたすと報告している [34] [35]．そのため，既往有群の選手は投球側への体重移動が上手いかず，FC 期以降に投球障害が発生しやすい投球動作につながっていることが考えられる．また，本研究結果では，BP 期での膝関節屈曲角度の増加に伴って FC 期の非投球側への傾斜が増加していた．既往有群は片脚立位のバランス能力が既往無群より低く，その代償として BP 期で膝関節を屈曲させることによって安定性を高めていると考えられるが，

その代償動作が投球障害の発生につながっていると考えた。

研究 2 では、FC 期の非投球側への肩の傾斜角度が大きい者や BP 期の体幹前傾角度のばらつきが大きい者ほど投球コントロールは低くなっていた。三原(2008)は、体幹の非投球側への傾斜はステップ脚の接地位置のずれを生じさせることや体幹の非投球側への傾斜は体の開きを早くすることを報告している [35]。体の開きはボールをリリースするタイミングが早くなると報告されている [38]。高崎ら(2006)は、再現性のよい wind-up 相の動作の獲得が投球コントロールの向上に必要であると報告している [39]。これらのことから、非投球側への肩の傾斜や体幹の角度のばらつきの増加が、ボールをリリースする位置のばらつきを大きくし、投球コントロールを低下させていたと考えた。

以上のことから、FC 期の非投球側への傾斜は投球障害や投球コントロールの低下につながっていると考えられる。

しかし、筋力や筋タイトネス、重心位置など投球時の姿勢を規定する要因について今回は検討を加えられなかったが、FC 期の傾斜を引き起こす要因を明らかにすることで、障害予防やパフォーマンス向上への具体的な対策が得られると期待される。

第 5 章 結 論

中学生野球選手において，投球障害既往のある群は既往のない群に比べて片脚立位のバランス能力が既往のない群より低く，投球時の姿勢において，既往を有する群は FC 期の肩と骨盤の非投球側への傾斜が大きいことが示された．また，FC 期の肩の非投球側への傾斜は投球コントロールを低下させる．

6. 引用文献

1. 中学校体育連盟.:

http://www18.ocn.ne.jp/~njpa/pdf/kamei/h26kameiseito_m.pdf, 2014.

2. 高校野球連盟. : <http://www.jhbf.or.jp/>, 2014.

3. 笹川スポーツ財団. 青少年のスポーツライフデータ 2013.:55,2014.

4. **Stephen Lyman, Glenn S. Fleisig, John W. Waterbor, Ellen M. Funkhouser, Leavonne Pulley, James R. Andrews, E.David Osinski.** Longitudinal study of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers.: *Medicine and science in sports and exercise*,33:1803-1810, 2001.

5. **Stephen Lyman, Glenn S. Fleisig, James R. Andrews, E.David Osinski.** Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers.: *The American journal of sports medicine*,30(4):463-467, 2002.

6. **David Wei Hang , Chien Ming Chao , Yi-Shiong Hang.** A clinical and roentgenographic study of little league elbow. : *The American journal of sports medicine*,32(1):79-84, 2004.

7. 岩瀬毅信, 井形高明 , 柏口新二. スポーツ少年団の整形外科的メディカルチェック 少年野球の野外検診より. : *臨床スポーツ医*

学,13(10):1081-1085, 1996.

8. 大倉俊之, 園田典夫, 黒木龍二, 矢野浩明. 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.

9. 中川照彦, 土屋正光. 成長期の投球障害肩. : Monthly Book Orthopaedics,11:33-39, 1998.

10. 阿部宗昭, 横田淳司. 野球肩・野球肘. : 医学と薬学,59(3):319-328, 2008.

11. 阿部宗昭. 肘のスポーツ外傷・障害に対する治療. : 日本医師会雑誌,130(3):415-419, 2003.

12. 松浦哲也, 柏口新二. 野球肘. : 整形外科と災害外科,43:234-248, 2000.

13. 鈴木直人, 松浦哲也, 柏口新二, 岩瀬毅信. : 成長期アスリートの野球肘. : 臨床スポーツ医学,29(3):261-266, 2012.

14. Ronald E. Glousman, Jerry Barron, Frank W. Jobe, Jacquelin Perry, Marylin Pink. An electromyographic analysis of the elbow in normal and injured pitchers with medial collateral ligament insufficiency. : The journal of sports medicine,20(3):311-317, 1992.

15. 中溝寛之, 橋本淳, 中村真里, 金谷整亮, 信原克哉, 中村康雄 . 子供の投球動作の特徴. : 肩関節, 28(2):355-358, 2004.
16. 宮下浩二, 小林寛和 , 越田専太郎. 成長期野球選手の投球障害予防を目的とした投球動作の関節運動学的分析. : 日本臨床スポーツ医学会誌, 20(1):49-55, 2012.
17. 福林徹, 小林寛和 , 山口國光. 投球障害のリハビリテーションとリコンディショニング. : 文光堂:127-129, 2010.
18. 宮下浩二. スポーツによる上肢の運動障害の予防とリハビリテーション. : 日本職業・災害医学会誌, 60(3):131-136, 2012.
19. Samuel J. Olsen, Glenn S. Fleisig, Shouchen Dun, Jeremy Loftice, James R. Andrews. Risk factors for shoulder and elbow injuries in adolescent baseball pitchers. : The journal of sports medicine, 34(6):905-912, 2006.
20. 縞田博人. 日本の野球とアメリカ合衆国のベースボールの相違についての一考察. : 体育研究紀要, 42(1):27-36, 2003.
21. 渡辺好博, 福林徹, 岩瀬毅信, 増島篤, 斎藤明義, 正富隆. 「青少年の野球障害に対する提言」をめぐって. : 臨床スポーツ医学, 13(2):191-206, 1996.

22. PITCH SMART. :

<http://m.mlb.com/pitchsmart/pitching-guidelines/>, 2014.

23. 西川仁史, 立花孝 , 松岡俊哉. 投球動作の分析-プロ野球選手の投球分析. : 臨床スポーツ医学,11(1):601-606, 1994.

24. Darrin W. MarshA. Richard , L. Alexis Williams , Kelly J. LynchLeon. The relationship between balance and pitching error in college baseball pitchers. : Journal of strength and conditioning research,18(3):441-446, 2004.

25. 芝俊紀, 浦辺幸夫, 前田慶明, 篠原博, 笹代純平, 國田泰弘, 河野愛史, 松浦由生子 . 投球動作 wind-up 姿勢での股関節屈曲角度の増加が片脚立位姿勢に及ぼす影響. : 理学療法科学,28(5):695-698, 2013.

26. 財団法人 日本体育協会. 公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト 第5巻 検査・測定と評価. : 文光堂:155.

27. 宮下浩二. 動画で見るスポーツ傷害患者の臨床動作分析. : 理学療法,24(8):1104-1111, 2007.

28. 筒井廣明 , 山口國光. 投球障害肩 こう診てこう治せ. 東京 : Medical View:113-114, 2004.

29. Yasuhiro Endo , Masaaki Sakamoto. Correlation of shoulder and

elbow injuries with muscle tightness,core stability,and balance by longitudinal measurement in junior high school baseball players. : The society of physical therapy science,26:689-693, 2014.

30. 大松亮輔, 伊藤哲, 久保下亮. 投球動作 Wind-up 期における片脚立位時の重心動揺が投球障害に及ぼす影響について. : 第 47 回日本理学療法学会大会, 2012.

31. 池内誠, 柳田育久, 杉本卓也, 藤高紘平, 大槻伸吾, 大久保衛. 大学野球選手における片脚立位安定性と肩・肘の痛みの関係. : 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌,21:17-18, 2011.

32. Charles T. Evans. Balance and pitch accuracy in division I baseball pitchers. : Southern Illinois University Carbondale Research papers:408, 2013.

33. 大川剛, 時田喬, 柴田康成, 小川徹也, 宮田英雄. 重心動揺検査-単位面積軌跡長の意義- 健常者における検討. : Equilibrium Research, 54(3):296-306, 1995.

34. 青柳壮志, 中川和昌, 中澤理恵, 坂本雅昭, 加藤和夫. Early Cocking 期の非投球方向への体幹傾斜と Ball Release 時の肩・体幹動作との関連. : 日本臨床スポーツ医学会誌,20(1):34-40, 2012.

35. 三原研一. バイオメカニクスと投球フォーム. : 関節外科, 27 (8): 99

8-1008, 2008.

36. 勝亦陽一，東香寿美，金久博昭，福永哲夫．投球速度とコントロールの関係におけるポジション特性．：ヒューマンサイエンス リサーチ,13:203-210, 2004.

37. 木村嘉志 ，西井淳．投球動作の習熟に伴うシナジーの変化．：電子情報通信学会技術研究報告.NC,ニューロコンピューティング,112.168:115-120, 2012.

38. 喜久田雄紀 ，松下雅雄．中学野球の投球指導におけるワンポイントアドバイスの効果．：スポーツパフォーマンス研究,2:121-130, 2010.

39. 高崎恭輔，大工谷新一 ，鈴木俊明．投球動作ワインドアップ期の安定性と制球力の関係について．：関西理学療法,6:97-101, 2006.

7. 謝辞

本論文の作成は，スポーツ科学学術院鳥居俊准教授の熱心なご指導の下行われました．最後まで熱心なご指導を受け賜りましたこと，深く御礼申し上げます．並びに，副査を快諾していただいた金岡恒治教授，広瀬統一准教授に深く御礼申し上げます．また，研究活動，論文作成を進める際，数々の指導をしてくださいました戸島美智生助手にも深く御礼申し上げます．そして，昨年度からお世話になった岩沼聡一朗助手にも深く御礼申し上げます．

さらに，いつも温かく見守ってくださった，飯塚哲司さん，大伴茉奈さんをはじめとした鳥居研究室の先輩方に心から感謝申し上げます．また，本研究の対象者としてご協力いただいた選手の皆様，並びに研究協力を快諾してくださったチームの関係者の方に深く御礼申し上げます．そして，測定の際に協力していただいた茂木康嘉さんにはここで深く感謝申し上げます．

また，大学院進学の際に助言をいただき，進学後も気遣ってくださった帝京大学の佐野村学准教授には大変お世話になりました．ここで厚く御礼申し上げます．

そして，同期の村本勇貴さん，佐伯純弥さん，竹林裕也さん，佐藤晃君，大曾根舞さん，M1の秋和真澄さんと一緒だったからこそ頑張ることができました．楽しいことも苦しいこともありましたが，一緒に過ごせた時間は宝物です．本当にありがとうございました．

最後に，辛い時はいつも励ましてくれたお父さんとお母さんをはじめとした家族や友人のみなさん．これまでの人生は支えてもらってばかりでした．これからしっかりと恩返ししていきたいと思います．この場を借りて感謝の意を申し上げます．本当にありがとうございました．