

中学生野球選手における 早期コッキング期の骨盤傾斜角度の推移と 投球障害との関係

The relationship between shift in the pelvic tilt angle during the early cocking phase and throwing injury in junior high school baseball players

太田憲一郎*¹, 宮下浩二*^{1,2}, 小山太郎*³
谷 祐輔*¹, 岡棟亮二*^{1,3}, 衛門良幸*¹

キー・ワード：throwing motion, pelvic tilt angle, early cocking phase
投球動作, 骨盤傾斜角度, 早期コッキング期

〔要旨〕 中学生野球選手を対象に、投球の早期コッキング期における骨盤傾斜角度の推移と投球障害の発生との関係を分析することを目的とした。対象は中学軟式野球選手 31 名とし、アンケート調査により投球障害既往群 15 名と既往のない対照群 16 名に群分けした。ステップ脚最大挙上時からステップ脚足部接地時を早期コッキング期として 100% に規格化し、三次元動作解析を行った。各群の骨盤傾斜角度を算出し、早期コッキング期の角度を二元配置分散分析および多重比較検定を用いて比較した。脚最大挙上時の骨盤前傾角度は既往群が $-14.9 \pm 11.5^\circ$ 、対照群が $-13.6 \pm 7.8^\circ$ で有意差はなく、両群とも骨盤後傾位であった。その後、両群とも前傾角度が増加したが、既往群は前傾位をとることなく、後傾位 ($-8.0 \pm 9.0^\circ$) で足部接地した。一方、対照群は既往群と比較して前傾方向への変化量が大きく、位相の 52% で後傾位から前傾位へ変化した。その後、68% で前傾角度が最大 ($2.3 \pm 7.6^\circ$) となり、前後傾中間位付近 ($0.4 \pm 5.6^\circ$) で足部接地した。既往群は対照群と比較し、早期コッキング期の 32% から 100% にかけて有意に骨盤前傾角度が小さかった。wind-up 期の骨盤後傾位を早期コッキング期に前傾位へ変化させられないことが、投球障害の発生に関連する可能性が示唆された。

緒言 (はじめに)

投球におけるwind-up期のアライメントが後の位相における姿勢や動作に影響することは少なくない^{1,2)}。特に、wind-up期の骨盤後傾位は、投球障害を誘発する代表的な不良アライメントであるとされており³⁾、早期コッキング期での後方重心を惹起し、さまざまな投球動作上の問題を招く可能性がある(図1)。一方で、wind-

up期に骨盤後傾位だったとしても、早期コッキング期に前傾位へ変化させ、結果的にその後の位相に影響を与えない例も存在する⁴⁾。我々は先行研究において、肩関節や肘関節に投球障害の既往がない群はステップ脚最大挙上時(脚最大挙上時)の骨盤後傾位をステップ脚足部接地時(足部接地時)までに前傾位へ変化させる選手が多く、既往を有する群は足部接地時も骨盤後傾位を呈していた選手が多かったことを報告した⁵⁾。しかし、早期コッキング期のどの時点で各群の骨盤傾斜角度に相違が生じているのかは明らかになっていない。また、早期コッキング期の骨盤アライメントの推移と投球障害の発生との関係に着目した報告は少ない。そこで今回、早期コッキング期の骨盤アラ

*1 中部大学大学院生命健康科学研究科リハビリテーション学専攻

*2 中部大学生命健康科学部理学療法学科

*3 まつした整形外科

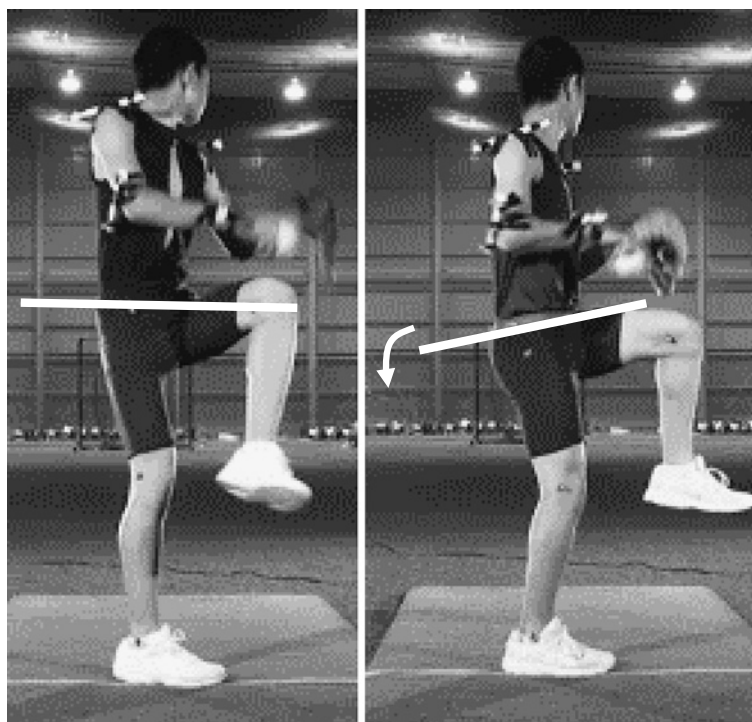


図1 ワインドアップ期における代表的な不良アライメント
 ワインドアップ期の骨盤後傾位は投球障害と関連する代表的な問題点であるとされている。左の選手と比較して、右の選手は骨盤後傾位を呈している。

表1 既往群と対照群の身体特性

	既往群 (n=15)	対照群 (n=16)
年齢	13.7±0.8 歳	13.6±0.7 歳
野球歴	5.2±2.4 年	4.6±1.9 年
身長	162.1±5.5cm	161.1±7.8cm
体重	51.9±6.0kg	50.8±8.6kg
ポジション	投手10名野手5名	投手7名野手9名

メントの推移と投球障害の発生との関係を明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 対象

本研究の対象は中学軟式野球部員 31 名 (年齢 13.6±0.8 歳, 野球歴 4.9±2.2 年, 身長 162.0±6.7 cm, 体重 51.3±7.3kg) とした。ポジションは投手 17 名, 野手 14 名であった。利き手は右投げ 27 名, 左投げ 4 名であった。投球時に疼痛がないことを対象の条件とした。選手および選手の指導者または保護者に本研究の趣旨を説明し, 書面にて同意を得た。なお, 本研究は中部大学倫理審査委員会の承認を得て実施した (承認番号 280010)。

2. 撮影環境および測定方法

投球動作の撮影に先立ち, 既往歴についてアンケート調査を行った。既往歴の回答には外傷も含まれていたが, 本研究では投球に伴い疼痛が生じた障害に限定した。「肩関節または肘関節に投球時痛を有していた経験がある」と回答した 15 名を既往群に, 「肩関節または肘関節に投球時痛の経験がない」と回答した 16 名を対照群に群分けした。既往群と対照群の身体特性を表 1 に示す。なお, 既往群と対照群の身体特性には有意差はなかった。

投球動作の撮影は大学の実験室または屋内練習場で行った。対象の下半身にはスパッツを着用させ, 上半身は反射マーカーをカメラで捉えられるようにするために, 反射マーカーの周囲を裁断した T シャツを着用させた。十分な準備運動を行わせた後, 対象の両側上前腸骨棘 (ASIS) および両側上後腸骨棘 (PSIS) に直径 1cm の反射マーカーを貼付した (図 2)。その後, 18.44m の距離に設置した防球ネットの標的に向け直球を全力投球させた。対象の周囲に設置した 4 台の高速カメラ (フォーアシスト社製 IEEE1394b 高速カメラ, FKN-HC200C) を用いて投球動作を撮影した。

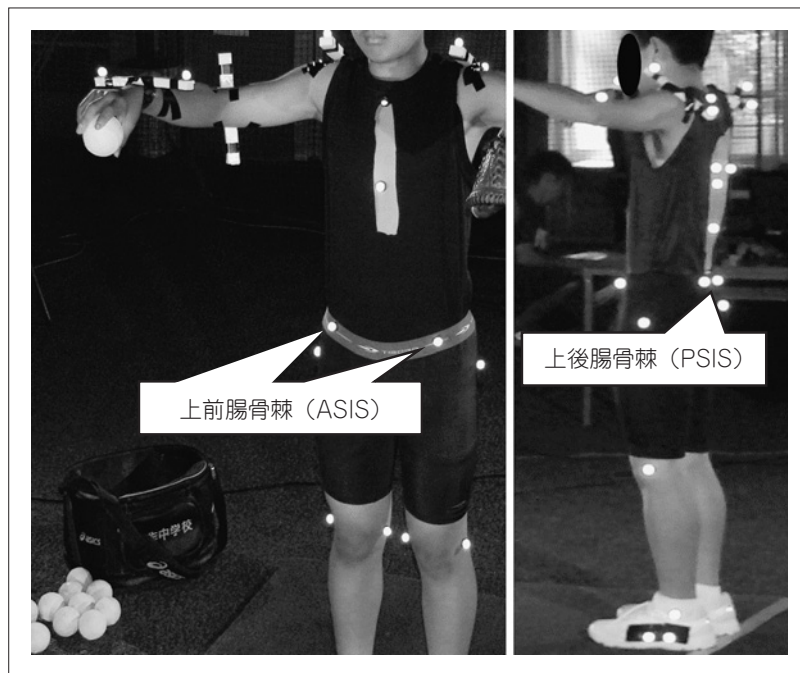


図2 反射マーカ貼付位置
対象の両側上前腸骨棘 (ASIS) および両側上後腸骨棘 (PSIS) に反射マーカを貼付した。

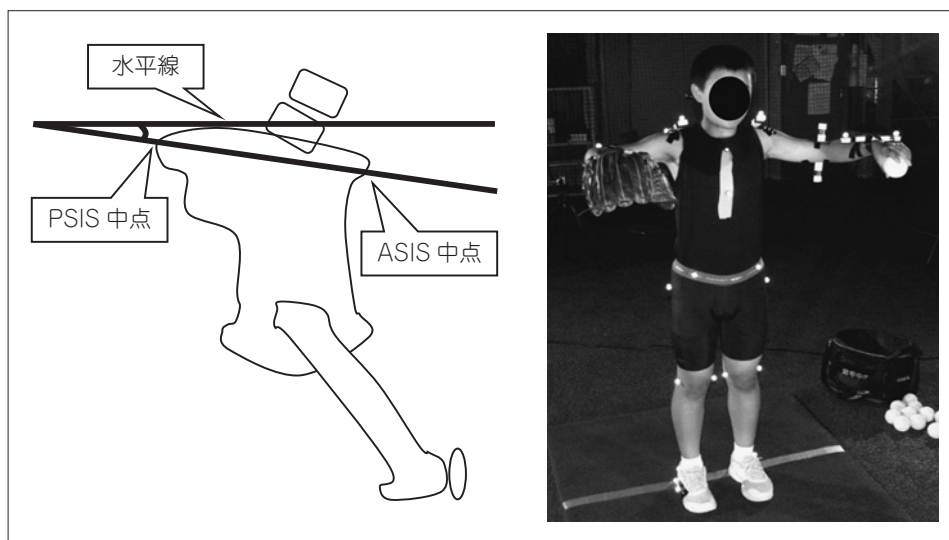


図3 角度算出方法
両側 ASIS 中点と両側 PSIS 中点の結線と、水平線の二直線がなす角度を骨盤傾斜角度として算出した。投球動作中の骨盤傾斜角度は、右図の肢位を0度に規定し、補正を行った。

4台のカメラは同期させ、1/200秒のコマスピードで撮影した。撮影した画像をパーソナルコンピュータに保存し、三次元ビデオ動作解析システム Frame-DIASIV (DKH社製)を用いて1/200秒毎に反射マーカをプロットし、Direct Linear Transformation method (DLT法)⁶⁾により反射マーカの三次元座標値を得た。

3. 角度算出方法 (図3) および統計処理

分析した位相は脚最大挙上時から足部接地時までとし、分析区間を100%に規格化した。得られた反射マーカの三次元座標値から骨盤傾斜角度を算出した。骨盤傾斜角度は、両側 ASIS の中点と両側 PSIS の中点の結線と、水平線がなす角度とした⁷⁾。図3の右図を基本肢位として、この肢位の

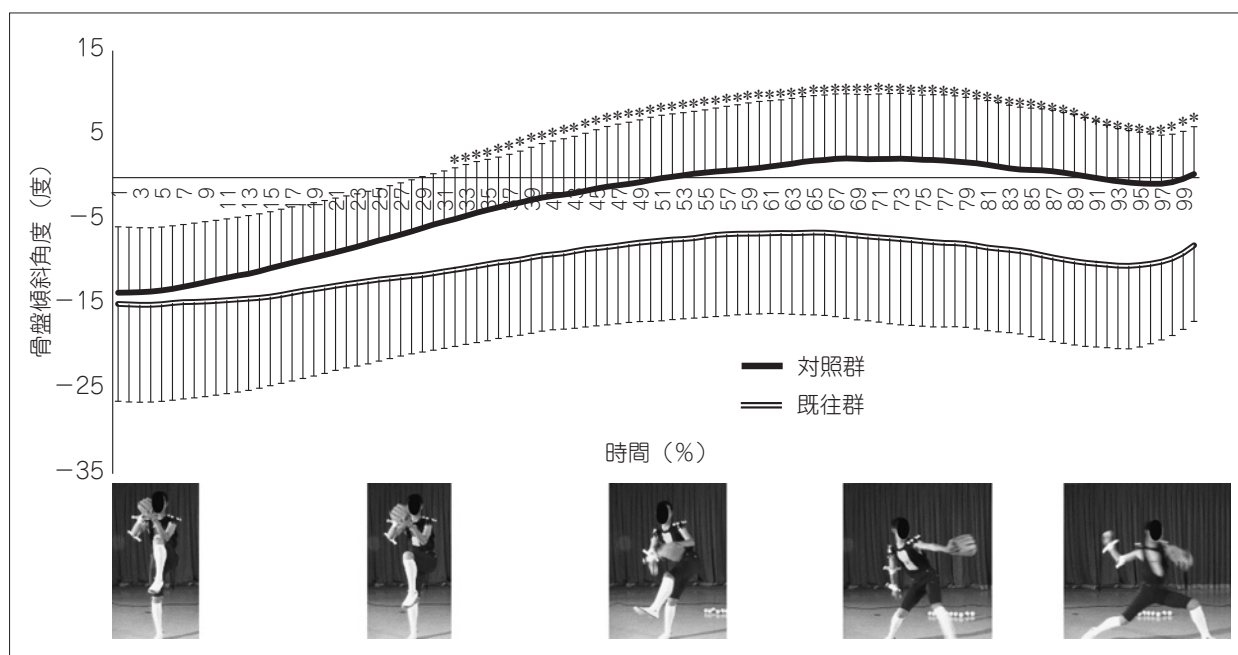


図4 各群の早期コッキング期における骨盤傾斜角度の推移
 早期コッキング期の32%から100%において、既往群は有意に骨盤後傾角度が大きかった。*: $p < 0.05$

骨盤傾斜角度を0度に規定し、投球時の角度を補正した。前傾方向をプラス、後傾方向をマイナスとした。

早期コッキング期での2群間の骨盤傾斜角度を比較するため、二元配置分散分析(群間×経時の変化)を行い、主効果があった場合に多重比較(Scheffe法)を行った。有意水準は5%とした。なお統計学的解析には、エクセル統計2015(SSRI社製)を用いた。

結果

各群の早期コッキング期における骨盤傾斜角度の推移を図4に示す。既往群は、脚最大挙上時(1%)では -14.9 ± 11.5 度で骨盤後傾位を呈していた。その後、骨盤傾斜角度を前傾方向へ変化させたが、骨盤前傾位には至らず、 -8.0 ± 9.0 度で骨盤後傾位のまま足部接地した。

一方、対照群も脚最大挙上時は -13.6 ± 7.8 度で骨盤後傾位を呈していたが、既往群と比較して早期コッキング期前半での前傾方向への変化量が大きく、位相の52%の時点で骨盤前傾位へ変化した。その後、68%の時点で骨盤前傾角度が最大(2.3 ± 7.6 度)となり、前後傾中間位付近(0.4 ± 5.6 度)で足部接地した。

両群を比較すると、脚最大挙上時では両群とも骨盤後傾位であり、骨盤傾斜角度に有意差が認め

られなかったが、既往群は対照群と比較し、早期コッキング期の32%から100%で骨盤前傾角度が有意に小さかった。なお、群間と経時変化には有意な交互作用は認められなかった。

考察

早期コッキング期は、ワインドアップ期で発生したエネルギーを保持しながら投球方向への体重移動が行われる位相である⁸⁾。小松ら⁹⁾は、効率良く軸脚からステップ脚への重心移動を行うためには、軸脚股関節と骨盤の連動性が重要であると述べている。早期コッキング期における骨盤アライメントは、投球方向への重心移動を効率よく行い、後期コッキング期以降の骨盤および体幹の回転運動につなげていくために重要であると考えられる。そのため、投球障害を改善および予防するにあたり、早期コッキング期の骨盤アライメントに着目する必要があると考えた。

本研究の結果では、脚最大挙上時での骨盤アライメントは両群ともに骨盤後傾位であり、有意差が認められなかった。投球動作を評価する際の注意点として、ワインドアップ期や早期コッキング期の動作に問題があると評価するのは、後の位相での問題点との関係性が説明できるときとされており¹⁰⁾、ワインドアップ期の骨盤後傾位がすべて投球障害につながるわけではないことが示唆され

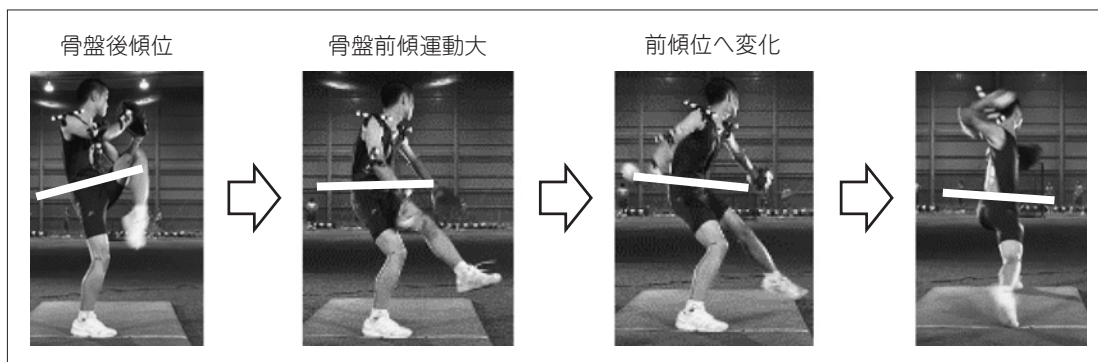


図5 対照群の早期コッキング期における骨盤傾斜角度の推移の一例
 本研究における対照群は、早期コッキング期の前半に骨盤傾斜角度を前傾方向へ大きく変化させ、脚最大挙上時の骨盤後傾位を骨盤前傾位へ変化させた。

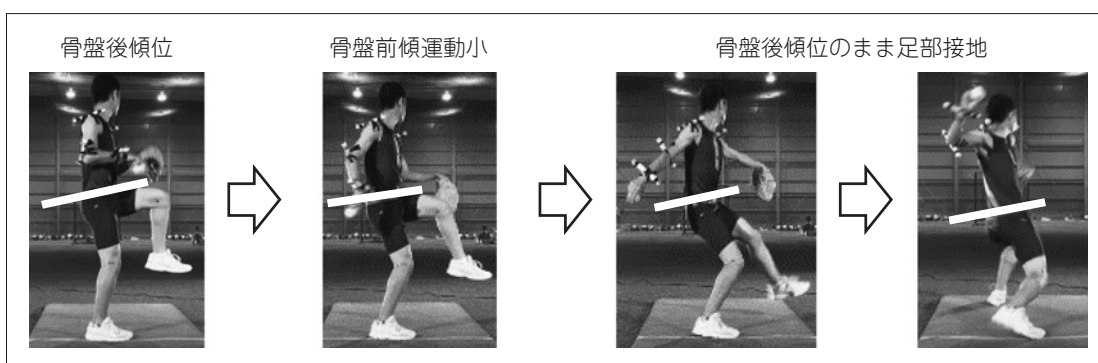


図6 既往群の早期コッキング期における骨盤傾斜角度の推移の一例
 本研究における既往群は、対照群と比較して骨盤前傾方向への変化量が小さく、早期コッキング期を通じて骨盤後傾位であった。

た。

次に、投球方向への重心移動が開始する早期コッキング期の前半では、股関節を「入れる」、「タメをつくる」、「割る」といった表現で、骨盤と軸脚股関節の連動が着目されることが多い^{9,11,12)}。本研究の対照群は、早期コッキング期の前半に骨盤傾斜角度を前傾方向へ大きく変化させ、脚最大挙上時の骨盤後傾位を骨盤前傾位へ変化させた(図5)。早期コッキング期に下肢から生み出された力を体幹から上肢へ伝えるためには、体重移動の初期に股関節屈曲位で骨盤前傾位を保持し、膝と体幹を剛体化することが必要であるとされている¹³⁾。本研究における対照群は、投球方向へ体重移動する際に骨盤前傾位を呈したことで、股関節と骨盤が効率良く連動した投球動作を遂行し、投球障害発生を回避できていたのではないかと考えた。

その一方で、既往群は対照群と比較して早期コッキング期の前傾方向への変化量が小さく、早

期コッキング期を通じて骨盤後傾位であった(図6)。足部接地時に骨盤後傾位を呈すると、後期コッキング期以降での骨盤回旋運動を妨げ、結果的に「肘下がり」や「肘の突き出し」といった不良な投球動作につながる可能性がある¹⁴⁾とされている。本研究における既往群は、早期コッキング期に骨盤アライメントを前傾位へ修正できなかったため、後期コッキング期以降で投球障害と関係する不良な投球動作につながったのではないかと考えた。

以上のことから、早期コッキング期における不良な骨盤アライメントは、成長期野球選手における投球障害発生と関連している可能性がある。ウィンドアップ期に骨盤後傾位を呈していても、早期コッキング期の前半で骨盤を前傾させ、骨盤前傾位で体重移動を行うことで、投球障害の改善および予防ができる可能性が示唆された。

本研究の限界として、本研究はアンケート調査をもとに対象を2群に分けた後ろ向き研究である

ため、既往群における投球障害発生の要因が骨盤アライメントのみであるとは言い切れない。そのため、投球動作中の骨盤アライメントの違いが投球障害発生の直接的な要因となるのか、前向きに研究する必要があると考える。

結語（まとめ）

1. 中学生野球選手 31 名を対象に、早期コッキング期における骨盤傾斜角度の推移と投球障害の発生との関係を分析した。

2. 既往群、対照群ともにステップ脚最大挙上時には骨盤後傾位であったが、既往群は骨盤後傾位のまま足部接地したのに対し、対照群は早期コッキング期に前傾位へ変化させた。

3. ワインドアップ期の骨盤後傾位を早期コッキング期に骨盤前傾位へ変化させられないことが投球障害発生につながる可能性が示唆された。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) 宮下浩二. 動画でみるスポーツ傷害患者の臨床動作分析. 理学療法. 2007; 24: 1104-1111.
- 2) 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. 2009; 58: 73-80.
- 3) 山口光國, 大野範夫, 福井 勉, 入谷 誠, 山寄勉, 筒井廣明. 動作の実際—スポーツ傷害, 特に投球障害を中心として—. PT ジャーナル. 1996; 30: 800-806.
- 4) 宮下浩二. 運動連鎖からみた投球障害と理学療法. 理学療法. 2014; 31: 798-806.
- 5) 太田憲一郎, 宮下浩二, 谷 祐輔, 岡棟亮二, 小山太郎. 中学生野球選手におけるワインドアップ期および足部接地時の骨盤アライメントと投球障害との関係. 東海スポーツ傷害研究会会誌. 2017; 35: 5-7.
- 6) Abdel-Aziz, YI, Karara, HM. Direct linear transformation from computer coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. In: Proceedings of the ASP Symposium on Close-Range Photogrammetry. Falls Church: American Society of Photogrammetry; 1-18, 1971.
- 7) 塩本祥子, 松村 純, 森健太郎, 三秋泰一. 座位における骨盤前後傾中の脊柱の運動分析. 理学療法科学. 2011; 26: 337-340.
- 8) 信原克哉. 肩 その機能と臨床. 第3版. 東京都: 医学書院; 372-424, 2001.
- 9) 小松 智, 鶴田敏幸, 彌富雅信, 平川信洋. 成長期投球障害からの競技復帰. 臨床スポーツ医学. 2015; 32: 34-40.
- 10) 宮下浩二. 画像による動作分析 投球動作. 臨床スポーツ医学. 2011; 28: 144-150.
- 11) 宮下浩二. 投球障害に対する競技現場でのリハビリテーションとリコンディショニングの実際. In: 山口光國(編). 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—リスクマネジメントに基づいたアプローチ—. 第1版. 東京: 文光堂; 187-202, 2010.
- 12) 岩堀裕介. 成長期における上肢スポーツ傷害の特徴と治療. In: 山口光國(編). 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—リスクマネジメントに基づいたアプローチ—. 第1版. 東京: 文光堂; 91-117, 2010.
- 13) 能勢康史. 野球動作のためのからだの使い方とエクササイズ. 臨床スポーツ医学. 2015; 32: 88-93.
- 14) 宮下浩二. 投げる(野球). 日本整形外科スポーツ医学会雑誌. 2015; 35: 11-16.

(受付: 2018年6月8日, 受理: 2018年11月20日)

The relationship between shift in the pelvic tilt angle during the early cocking phase and throwing injury in junior high school baseball players

Ota, K.^{*1}, Miyashita, K.^{*1,2}, Koyama, T.^{*3}
Tani, Y.^{*1}, Okamune, R.^{*1,3}, Emon, Y.^{*1}

^{*1} Rehabilitation Science, Graduate School of Life and Health Science, Chubu University

^{*2} Department of Physical Therapy, College of Life and Health Science, Chubu University

^{*3} Matsushita Orthopedics

Key words: throwing motion, pelvic tilt angle, early cocking phase

[Abstract] The purpose of this study was to analyze the relationship between shift of the pelvic tilt during the early cocking phase and throwing injury. Thirty-one junior high school baseball players were divided into a group with a history of throwing injury and a control group without a history of throwing injury. The early cocking phase, from the maximum knee height of the stride leg (MKH) to foot contact, was normalized to 100% and three-dimensional motion analysis was performed. The mean pelvic tilt angle at MKH of the injury and control groups was $-14.9 \pm 11.5^\circ$ and $-13.6 \pm 7.8^\circ$, respectively, and there was not a significant difference. While the pelvic tilt angle subsequently increased in both groups, the injury group grounded their foot with a posterior tilt ($-8.0 \pm 9.0^\circ$) without adopting an anterior tilt. Conversely, the control group demonstrated a larger degree of change to an anterior tilt compared with the injury group, shifted from a posterior to an anterior tilt at 52%, and grounded their foot in a nearly neutral tilt ($0.4 \pm 5.6^\circ$). We suggest that changing from a posterior pelvic tilt at MKH to an anterior pelvic tilt during the early cocking phase could prevent throwing injury.