

# 投球動作のwindアップ期における骨盤傾斜角度と機能的要因の関係

Pelvic tilt angle in the wind-up phase of baseball pitching,  
and the relation of functional factors

佐藤真樹\*1, 小林寛和\*2, 金村朋直\*1, 岡戸敦男\*1

キー・ワード : wind-up phase, pelvic tilt angle, functional factor  
windアップ期, 骨盤傾斜角度, 機能的要因

〔要旨〕 投球動作のwindアップ期に骨盤後傾位を呈することで、後の位相における動作上の問題につながる事が指摘されている。本研究では、windアップ期の骨盤傾斜角度と関係する機能的要因について検討した。対象に約3m先のネットに向かって投球を行わせ、windアップ期の骨盤傾斜角度を測定した。機能的要因として、股関節可動域、下肢筋力、体幹抗軸圧筋力、体幹深部筋筋厚、足部アーチ高率・沈降率を確認し、骨盤傾斜角度との関係をみた。その結果、骨盤傾斜角度と体幹抗軸圧筋力、腹横筋筋厚変化率に相関がみられた。このことから、windアップ期の骨盤後傾には、体幹筋機能が影響していることが示唆された。

## はじめに

投球障害への理学療法では、投球動作の問題と身体の機能的要因とを関係づけて考察し、その問題に対応していく。

投球動作の位相は一般的にwindアップ期、アーリーコッキング期、レイトコッキング期、アクセラレーション期、フォロースルー期の5相に分類される<sup>1)</sup>。特に肩関節最大外旋時<sup>2)</sup>やボールリリース時<sup>2,3)</sup>に肩関節・肘関節へのメカニカルストレスが強まるとされている。アーリーコッキング期からアクセラレーション期における肘下がり<sup>4)</sup>や肩関節水平伸展位でのボールリリース<sup>5)</sup>は、肩関節や肘関節などへのメカニカルストレスを増強させる動的アライメントとして知られ、投球障害の発生要因にもなる。問題となる動的アライメントへの働きかけが理学療法の主体となるが、動作における前の位相への対応によって改善する例も多い<sup>6)</sup>。

windアップ期の動的アライメントの問題として、骨盤後傾の増大が挙げられる。windアップ期に骨盤後傾が増大することによりコッキング期の肩関節水平伸展が増強し<sup>7)</sup>、ボールリリース時における肩関節水平伸展の増強にもつながる<sup>8)</sup>。これらの動的アライメントは、肩関節・肘関節へのメカニカルストレスを増強させ、投球障害の発生要因ともなる。以上より、windアップ期の骨盤後傾の増大は投球障害に影響する可能性が考えられる。

本研究では、投球障害に対する理学療法に活用する知見を得るために、windアップ期における骨盤後傾の増大に着目し、機能的要因との関係について検討した。

## 対象および方法

### 1. 対象

男子大学生20名を対象とした。全員が、高校時代に硬式野球部に在籍した経歴があり、右投げであった。年齢 $19.9 \pm 1.3$ 歳、身長 $172.0 \pm 5.7$ cm、体重 $64.5 \pm 6.8$ kg、Body Mass Index (BMI)  $21.8 \pm 1.7$  kg/m<sup>2</sup> (平均値 ± 標準偏差) であった。

\*1 公益財団法人スポーツ医・科学研究所

\*2 日本福祉大学健康科学部



図1 骨盤傾斜角度  
上前腸骨棘と上後腸骨棘の2点をランドマークとし、上後腸骨棘を通る床と水平な線と上前腸骨棘と上後腸骨棘を通る直線のなす角度を骨盤傾斜角度とした

なお、投球時に身体各部位に痛みがある者、投球動作を制限し得る関節可動域制限がある者、BMIが $25\text{kg}/\text{m}^2$ 以上の者は対象から除外した。

## 2. 投球動作における骨盤傾斜角度の測定

### 1) 投球動作の撮影

約3m先の防球ネットに向けて、5球の全力投球を行わせた。撮影に際しては、競泳用水着を着用し、解析に必要となる反射マーカを35箇所貼付した。軟式A球を使用し、グラブは未装着とした。3次元動作解析機器Nexus(VICON社, Oxford, UK)にて投球動作を撮影し、windアップ期の骨盤傾斜角度を測定した。あわせて、投球時に歩行解析用フォースプレートZebris FMDsystem(Zebris Medical GmbH, Allgau, Germany)を用いて足圧中心軌跡面積を測定し、記録した。

### 2) 骨盤傾斜角度の測定 (図1)

非投球側下肢最大挙上時の骨盤傾斜角度を測定した。骨盤傾斜角度は、上後腸骨棘を通る床と水平な線と上前腸骨棘と上後腸骨棘を通る直線のなす角度とした。

### 3) 代表値の決定

投球5球のうち、投球動作の非投球側下肢の離

表1 機能的要因に関する測定項目

機能的要因	項目
股関節可動域	屈曲, 伸展, 内転, 外転, 内旋, 外旋
下肢筋力	股関節: 屈曲, 伸展, 内転, 外転 膝関節: 屈曲, 伸展
体幹抗軸圧筋力	両足部接地: 右側負荷, 左側負荷 右足部接地: 右側負荷, 左側負荷
体幹深部筋筋厚変化率	腹横筋 (右, 左) 多裂筋 (右, 左)
足部アーチ高率・沈降率	

地から最大挙上時までの足圧中心軌跡面積が最も小さい投球を骨盤傾斜角度の代表値として採用した。

## 3. 機能的要因の抽出 (表1)

### 1) 股関節可動域

股関節屈曲, 伸展, 内転, 外転, 内旋, 外旋について測定した。日本整形外科学会, リハビリテーション医学会の関節可動域測定法に準じて, ゴニオメーターを用いて測定した。

### 2) 下肢筋力

股関節屈曲, 伸展, 外転, 内転, 膝関節屈曲, 伸展の各筋力を測定した。股関節筋力は, 筋力測定機器アイソフォースGT-300(オージー技研, 岡山, 日本)を使用し, 徒手筋力検査法(MMT)に準じて等尺性筋力を測定した。測定回数は各5回とし, 数値は最大値と最小値を除いた3回の平均値の体重比(N/kg)を採用した。膝関節筋力は, 等速性筋力測定機器Primus RS(BTEテクノロジー社, Maryland, USA)を使用し, 60deg/secでの等速性筋力を測定した。測定回数は3回とし, 最大値の体重比(Nm/kg)を採用した。

### 3) 体幹抗軸圧筋力

体幹筋群の筋力の指標として体幹抗軸圧筋力を測定した。小林の方法<sup>9,10)</sup>を用いて, 椅坐位にて, 片側の肩甲帯に対して軸圧負荷を加えた際の等尺性筋力を測定した(図2)。

椅坐位にて両足部接地・右足部接地の2条件で実施した。測定肢位は, 股・膝関節屈曲 $90^\circ$ , 両側の肘関節を $90^\circ$ 屈曲位とした。2条件のうち両足底を床面に全面接地した状態を両足部接地, そこから骨盤の後傾が生じない程度に左股関節を最大に屈曲させた状態を右足部接地と規定した。下肢筋力と同様に, 筋力測定機器アイソフォースGT-300

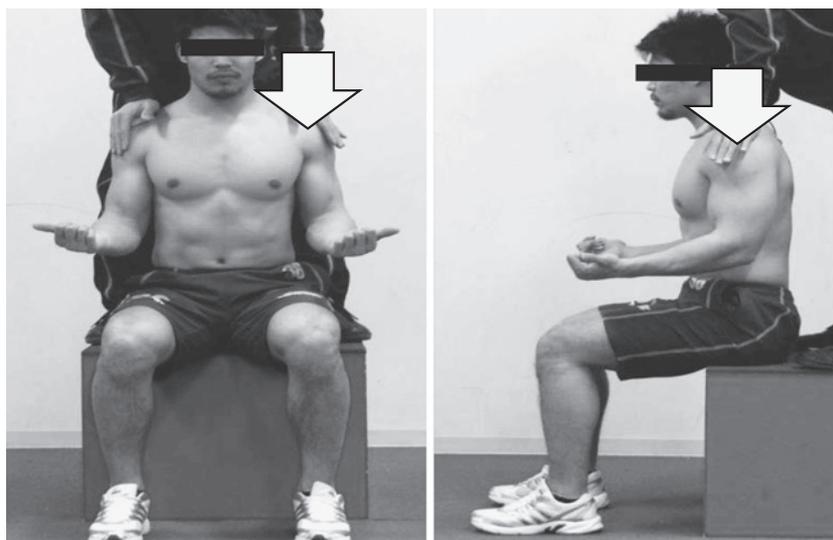


図2 体幹抗軸圧筋力の測定  
椅坐位にて片側の肩甲帯に対して軸圧負荷を加えた両足部接地・右足部接地の2条件で、左右の肩甲帯に負荷を加えた

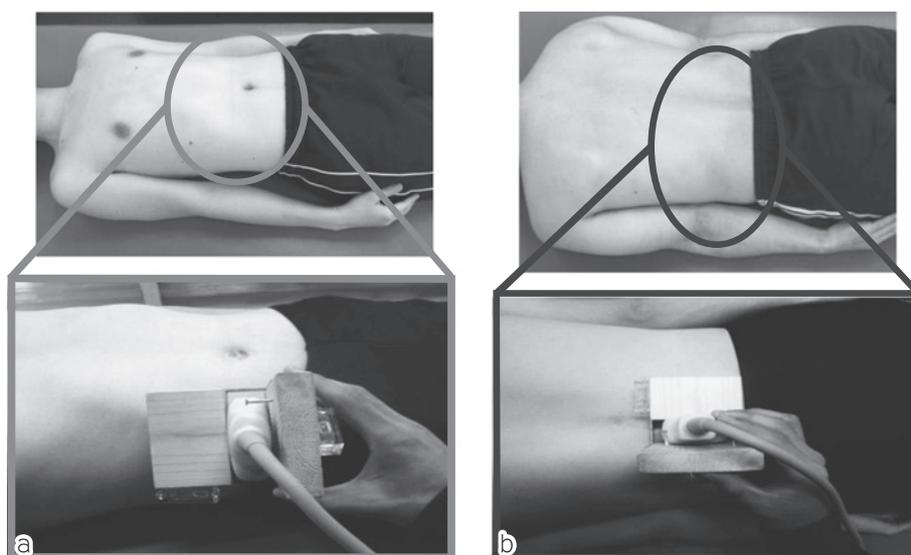


図3 体幹深部筋筋厚の測定 (a 右腹横筋, b 左多裂筋)  
腹横筋は臍高位の前腋窩線から内側 2.5cm, 多裂筋は第4腰椎棘突起から外側 2cmの部位を測定した

を使用し、開始肢位を維持できなくなった時点の値を測定した。5回の測定のうち、最大値と最小値を除く3回の平均値の体重比(N/kg)を測定した。

#### 4) 体幹深部筋筋厚変化率

体幹深部筋である腹横筋・多裂筋の筋機能の指標として各筋の筋厚を測定した。対象筋は腹横筋、多裂筋とし、それぞれ両側を測定した。超音波診断装置 Xario SSA-660A(東芝メディカルシステムズ, 栃木, 日本)のBモードを用いて測定し、プローブは腹横筋で3.5MHz, 多裂筋で7.5MHzを使

用した。測定部位は、腹横筋は臍高位の前腋窩線から内側2.5cm, 多裂筋は第4腰椎棘突起から外側2cmの部位とした<sup>11)</sup>(図3)。

筋厚測定は安静時、収縮時に実施し、その筋厚変化率を算出した。筋厚変化率は、収縮時と安静時の筋厚差を安静時筋厚で除した値に100を乗じたもの(筋厚変化率=(収縮時筋厚-安静時筋厚)/安静時筋厚×100)とした。

測定肢位は腹横筋では背臥位, 多裂筋では腹臥位とし、腹横筋・多裂筋いずれも安静呼気時を安

表2 各種機能的要因の測定値

(平均値±標準偏差)

機能的要因	項目	右	左
股関節可動域 (度)	屈曲	127±7.5	125±8.7
	伸展	20.2±3.5	20.9±2.9
	内転	17.3±2.7	17.1±3.4
	外転	41.3±6.1	42.2±6.1
	内旋	33.6±9.5	31.9±8.8
	外旋	45.8±7.8	47.6±6.3
股関節筋力 (N/kg)	屈曲	3.01±0.6	2.93±0.6
	伸展	4.63±0.8	4.61±0.8
	内転	3.12±0.5	3.17±0.6
	外転	3.51±0.7	3.47±0.6
膝関節筋力 (Nm/kg)	屈曲	1.40±0.3	1.30±0.3
	伸展	2.17±0.3	2.14±0.3
体幹抗軸圧筋力 (N/kg)	両足部接地	3.63±0.7	3.41±0.7
	右足部接地	3.35±0.6	3.57±0.5
体幹深部筋筋厚変化率 (%)	腹横筋	65.7±37.6	66.1±35.1
	多裂筋	14.7±7.8	13.5±8.0
足部アーチ (%)	アーチ高率	27.4±2.7	
	アーチ沈降率	0.1±3.9	

表3 骨盤傾斜角度と機能的要因の関係

機能的要因	項目	相関係数
体幹抗軸圧筋力	両足部接地 右側	-0.57*
	両足部接地 左側	-0.58*
	右足部接地 右側	-0.58*
	右足部接地 左側	-0.68*
体幹深部筋筋厚	腹横筋 左側	-0.53**

\*p<0.01, \*\*p<0.05

静時として測定した。収縮時の測定は、腹横筋は「ズボンのゴムからおへそを離すように下腹部を引き込めてください。」<sup>12)</sup>、多裂筋は「脊柱や骨盤を動かさないようにして、私の指の下で筋を静かに膨らませるようにして下さい。」<sup>13)</sup>との口頭指示のもとに行った。

筋厚測定における検者内の信頼性を検討するため、別日の同時刻に5回の測定を行い、測定値の級内相関係数(ICC1, 1)を求めた。その結果、ICC(1, 1)=腹横筋 0.666, 多裂筋 0.630であった。Spearman-Brownの公式により、同一被検者に対して、ICCが0.900以上の信頼性を得るための測

定回数について検討した。結果、腹横筋・多裂筋ともに5回の測定を行うこととし、その平均値を採用した。

#### 5) 足部アーチ高率・沈降率

右足部のアーチ長(第1中足趾節関節から踵骨最後部)および立位時・片脚立位時における、アーチ高(床面から舟状骨粗面最突出部)を測定した。測定値から立位アーチ高率(アーチ高/アーチ長×100)、沈降率((立位アーチ高率-片脚立位アーチ高率)/立位アーチ高率×100)を算出した。

#### 4. 分析

投球動作のwindアップ期における骨盤傾斜角度と、各機能的要因の関係を分析した。

統計学的分析には、統計解析ソフト Statcel2を使用した。正規性の検定を行い、Pearsonの相関係数またはSpearman順位相関係数検定を行った。有意水準は5%未満とした。

本研究は、日本福祉大学倫理審査委員会の規定に基づき、対象に本研究の主旨を説明し、内容を十分に理解したうえで書面にて同意を得て実施した。

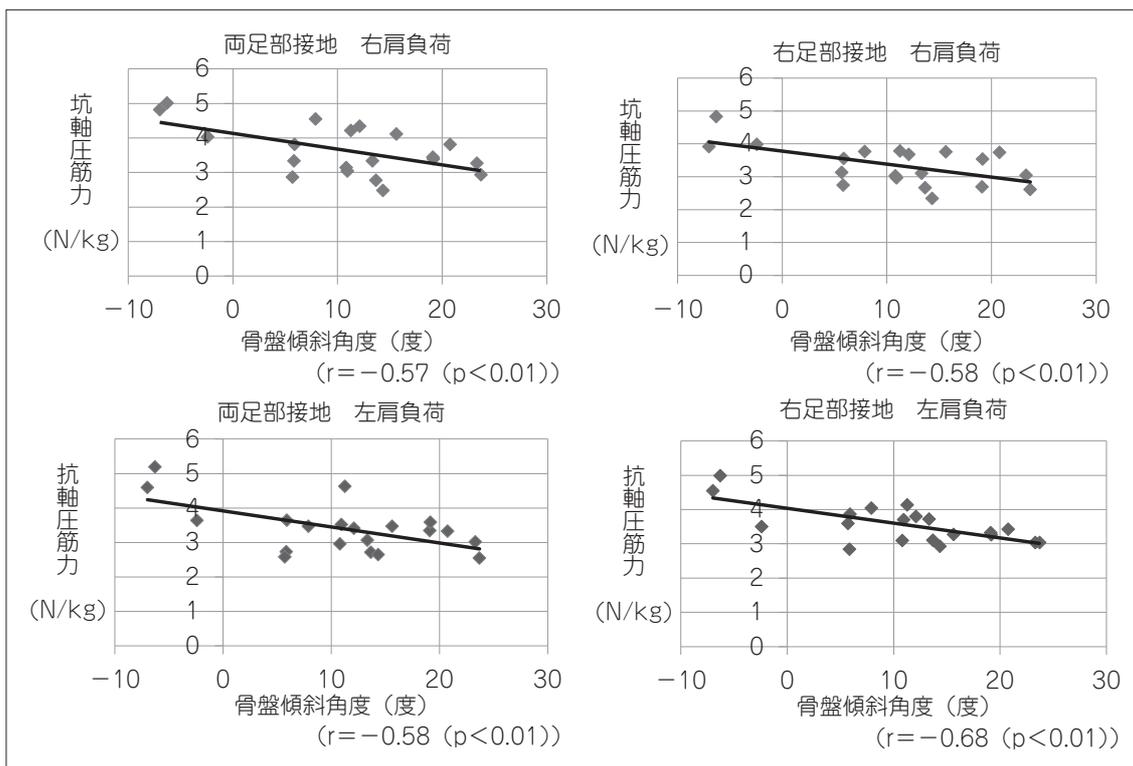


図4 骨盤傾斜角度と体幹抗軸圧筋力の関係

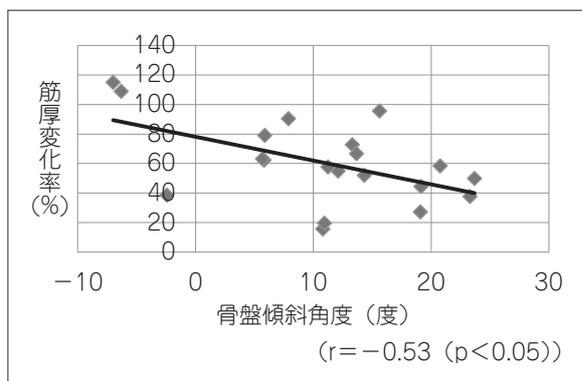


図5 骨盤傾斜角度と左腹横筋筋厚変化率の関係

## 結 果

ワインドアップ期の骨盤傾斜角度は、 $10.9 \pm 8.6^\circ$ であった。

股関節可動域，下肢筋力，体幹抗軸圧筋力，体幹深部筋筋厚，足部アーチ高率・沈降率の各測定結果を表2に示す。

骨盤傾斜角度と各機能的要因の測定結果との相関を表3, 図4, 5に示す。体幹抗軸圧筋力の両足部接地（右側負荷・左側負荷）と右足部接地（右側負荷・左側負荷），腹横筋筋厚変化率（左側）の各項目との間に，それぞれ骨盤傾斜角度と有意な

負の相関があった。一方，股関節可動域，下肢筋力，足部アーチ高率・アーチ沈降率については，骨盤傾斜角度との有意な相関がなかった。

## 考 察

投球動作は，下肢，体幹，上肢の密接な運動連鎖により構築されており，ワインドアップ期に呈する動的アライメントの問題が，後の位相に影響してしまうことが多い<sup>6)</sup>。宮下<sup>6)</sup>，能勢<sup>14)</sup>，岩堀ら<sup>15)</sup>の臨床的動作分析による報告では，ワインドアップ期における動的アライメントの問題の改善が重要ともされている。このことから，ワインドアップ期の代表的な問題である骨盤後傾と，それに影響する機能的要因について分析した。

その結果，ワインドアップ期の骨盤傾斜角度と体幹抗軸圧筋力，腹横筋の筋厚変化率との間には有意な負の相関があった。股関節可動域や下肢筋力，足部アーチ高率・沈降率については，有意な相関はなかった。

体幹抗軸圧筋力に関する我々の筋電図を用いた実験的試みでは，体幹軸圧負荷に抗する際に働く筋として，軸圧負荷側に比べ対側の外腹斜筋，内腹斜筋，脊柱起立筋が高値を示すとの結果を得た。体幹抗軸圧筋力には，これらの体幹側屈の制動に

作用する体幹筋の機能が反映されていることとなる。本研究では、体幹抗軸圧筋力と骨盤傾斜角度との間に負の相関があり、さらに、深部筋筋厚の測定から、骨盤傾斜角度と腹横筋筋厚変化率との間に負の相関がみられた。このことから、体幹表在筋である外腹斜筋、内腹斜筋、脊柱起立筋の筋力が弱い場合、また、腹横筋の収縮機能が十分でない場合には、骨盤傾斜角度は大きくなることが伺えた。これらのことから、体幹筋の機能は、ワインドアップ期の動的アライメントに関係すると考える。Hodges<sup>16)</sup>、金岡ら<sup>17)</sup>は、腰椎骨盤安定性においては脊柱に直接付着せず多分節間を横断し、脊柱運動時のトルクを発生させる体幹表在筋と、腰椎に直接付着し、腰椎骨盤の制御を担う体幹深部筋の協働が重要であることを指摘している。今回の結果は、内腹斜筋・外腹斜筋・脊柱起立筋などの体幹表在筋と体幹深部筋である腹横筋がワインドアップ期の骨盤の安定性に関与していることを表しており、先行研究の結果を支持するものにもなる。

臨床的動作分析による報告では、骨盤後傾位の動的アライメントと股関節可動域や下肢筋力との関係が指摘されている<sup>6,14,15)</sup>が、本研究では関係を導くには至らなかった。骨盤傾斜角度と股関節可動域や下肢筋力、足部アーチ高率・沈降率との関係が確認できなかったことは、対象が投球障害を有していないことも一要因であると考えられる。投球障害を有する者では、ワインドアップ期の骨盤傾斜角度との関係が見出せる可能性もあり、今後の課題としたい。

以上のことから、投球動作におけるワインドアップ期の骨盤傾斜に影響する機能的要因の一つとして、体幹筋機能の関与が確認できた。理学療法を行う上で、ワインドアップ期に骨盤後傾がある対象には、体幹筋機能の評価とその改善を重要視しておく必要性が示唆された。

## 結 語

本研究では、ワインドアップ期の骨盤後傾と機能的要因の関係について検討した。

ワインドアップ期における骨盤後傾の増大した動的アライメントには体幹抗軸圧筋力、腹横筋の筋厚変化率が関係するという結果が得られた。これらの問題への対処が骨盤後傾位の動的アライメントの改善、さらには投球障害の予防・改善もつ

ながる可能性があるものと考えられる。

## 文 献

- 1) Glousman, R, Jobe, F, Tibone, J et al.: Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *J. Bone Joint Surg. AM* 70: 220-226, 1988.
- 2) Fleisig, GS, Andrew, JR, Dillman, CL et al.: Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med* 23: 233-239, 1995.
- 3) Werner, SL, Gill, TJ, Murray, TA et al.: Relationship between throwing mechanics and shoulder distraction in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 29: 354-358, 2001.
- 4) 松尾知之：競技復帰のための投球フォーム。臨床スポーツ医学 29: 313-318, 2012.
- 5) 田中 洋：肩の動きと機能に対するバイオメカニクスからのアプローチ。Sportsmedicine 129: 13-30, 2012.
- 6) 宮下浩二：投球動作のバイオメカニクスと運動連鎖 運動連鎖から見た投球動作。臨床スポーツ医学 29: 59-60, 2012.
- 7) 近 良明, 塩崎浩之, 山本智章ほか：投球動作解析。臨床スポーツ医学 22: 1348-1350, 2015.
- 8) 中溝寛之, 中村康雄, 中村真里ほか：投球動作におけるボールリリース時の上腕の姿勢に影響を及ぼす因子。肩関節 29(2): 413-416, 2005.
- 9) 小林寛和, 濱野武彦：競技種目における動作特性と体力特性 ラグビー。公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト第7巻(鹿倉二郎編)。文光堂, 東京都, (1), 329-330, 2007.
- 10) 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。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—(山口光國編)。文光堂, 東京都, (1), 193-194, 2010.
- 11) 太田 恵, 金岡恒治, 半谷美夏ほか：慢性腰痛患者に対する運動療法が体幹筋筋厚に及ぼす影響。臨床整形外科 46: 109-113, 2011.
- 12) 出間順子, 大羽明美, 大江 厚ほか：口頭指示の違いが腹横筋エクササイズに与える影響。理学療法研究会・長野 36: 58-60, 2007.
- 13) Hides, J, Richardoson, C, Hodges, P：局所的な分節コントロール。腰痛に対するモーターコントロールアプローチ—腰椎骨盤の安定性のための運動療法

- (斎藤昭彦訳). 医学書院, 東京都, (1), 176, 2008.
- 14) 能勢康史: 投球フォームのアプローチ—身体機能の改善. *Traning Journal* 8: 64-68, 2007.
- 15) 岩堀裕介, 加藤 真, 大須賀友晃ほか: 投球障害とその治療・予防. *痛みと臨床* 7: 364-383, 2007.
- 16) Hodges, P: 腰椎骨盤の安定性. *バイオメカニクスとモーターコントロールの機能的モデル 腰痛に対するモーターコントロールアプローチ—腰椎骨盤の安定性のための運動療法*(斎藤昭彦訳). 医学書院, 東京都, (1), 10-26, 2008.
- 17) 金岡恒治, 大久保雄: コアスタビリティトレーニングのための機能解剖学. *理学療法* 26: 1187-1194, 2009.
- 
- (受付: 2015年4月27日, 受理: 2015年9月30日)

## Pelvic tilt angle in the wind-up phase of baseball pitching, and the relation of functional factors

Sato, M.<sup>\*1</sup>, Kobayashi, H.<sup>\*2</sup>, Kanamura, T.<sup>\*1</sup>, Okado, T.<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Institute of Sports Medicine and Science

<sup>\*2</sup> Faculty of Health Science, Nihon Fukushi University

**Key words:** wind-up phase, pelvic tilt angle, functional factor

**[Abstract]** Pelvic backward tilt in the wind-up phase of baseball pitching is pointed out as a factor that affects the after phase. The purpose of this study was to consider factors related to the function of pelvic backward tilt in the wind-up phase. We took a motion picture of subjects when pitching, and calculated the pelvic tilt angle in the wind-up phase from the motion picture. The hip range of motion, the leg muscle strength, the muscle strength resisting the axis pressure of the trunk, the thickness of the deep trunk muscle, and the foot width/descent ratio were confirmed as functional factors and their relation with the pelvic tilt angle was studied. As a result, the muscle strength resisting the axis pressure of the trunk and the rate of change in the thickness of the transversus abdominis muscle were negatively correlated with the pelvic tilt angle. The function of the trunk muscle was suggested to be important for pelvic backward tilt in the wind-up phase.