

野球投球の早期コッキング期 Foot Contact における骨盤前後傾角度が胸郭、 肩関節角度および肩関節内旋トルクに及ぼす 影響

Effect of the anterior-posterior pelvic tilt angle on the thorax and
shoulder angles, and the shoulder internal rotation torque at the time
of foot contact during the early cocking phase of baseball pitching

阿蘇卓也*^{1,2}, 加賀谷善教*³

キー・ワード : Throwing motion, pelvic angle, shoulder angle
投球動作, 骨盤角度, 肩関節角度

〔要旨〕 投球時の肩関節外転角度低下, 外旋角度や水平外転角度および肩関節内旋トルクの増加は投球肩障害の要因である。また, 投球時の不良な肩関節肢位と早期コッキング期 Foot Contact (FC) での骨盤および胸郭後傾アライメントとの関係性は定性的に示されている。そこで, 定量的に関係性を示すことができれば, 過去の報告を裏付け, 治療の一助になると考える。本研究は FC での骨盤前後傾角度, FC での胸郭角度, FC および後期コッキング期肩関節最大外旋位 (MER) での肩関節角度, 肩関節内旋トルクとの関係性を 3 次元動作解析にて検討することを目的とした。

対象は健常成人 15 名とし, 投球動作は 3 次元動作解析装置を用い測定した。測定項目は FC での骨盤前傾角度, 胸郭前傾角度, 側方傾斜角度および回旋角度, FC および MER での肩関節外転角度, 外旋角度, 水平内転角度および肩関節内旋トルクとした。骨盤, 胸郭および肩関節間の関係性を Spearman の順位相関係数を用い検討した。

FC での骨盤前傾角度は FC での胸郭前傾角度と MER での肩関節水平内転角度との間に正の相関を認めた。また, FC での胸郭前傾角度と MER での肩関節水平内転角度の間にも正の相関を認めた。

以上より, FC での骨盤前後傾アライメントは FC での胸郭前後傾アライメントと関連しており, MER での肩関節水平面運動に影響を及ぼす可能性が示唆された。

緒 言

野球は小学生からプロまでと競技レベルが多岐にわたり, 本邦のみならず国際的に人気なスポーツの 1 つである。その一方, 投球肩障害は一定の割合で生じ, Lyman ら¹⁾ は 2 シーズンにわたり若年野球選手の肩関節痛の有無を調べた結果, 約

32% の選手が肩関節痛を経験したことがあると報告している。投球肩障害の発症は競技からの長期離脱や選手生命を左右させる可能性もあり, 投球肩障害の発症要因を検討することは重要である。

投球肩障害の発症要因は様々あるが, 多くは不良な投球動作に起因すると考えられている。肩関節局所としては, 後期コッキング期肩関節最大外旋位 (MER) での肩関節外転角度低下²⁾, 外旋角度増加³⁾, 水平外転角度増加つまり水平内転角度低下⁴⁾, 肩関節内旋トルク増加⁵⁾が肩関節内のメカニ

*1 昭和大学藤が丘リハビリテーション病院

*2 昭和大学大学院保健医療学研究科博士後期課程

*3 昭和大学保健医療学部理学療法学科

カルストレスを増加させる要因である。しかし、投球動作は全身運動であり、不良な肩関節肢位や肩関節への力学的負荷の増加は他部位からの運動連鎖による結果であることも考慮する必要がある。投球動作は下肢から発生した力学的エネルギーを運動連鎖により上肢に伝達していくが、下肢と上肢の間に位置する骨盤や胸郭も投球動作を制御するうえで重要な部位である^{2,6)}。

投球肩障害例で肩関節痛が生じるのはMERであることが多いが、投球動作で問題となるのはワインドアップ期踏込脚膝関節最高位時(MKH)や早期コッキング期Foot Contact(FC)などMERより前の時点であると考えられている²⁾。FCでの骨盤、胸郭および肩関節運動との関係性について、FCにおける骨盤や胸郭の非投球側回旋角度増加は肩関節水平外転角度増加に繋がる^{6,7)}。しかし、臨床では骨盤、胸郭回旋方向だけではなく矢状面の運動にも着目する必要がある。MKHからFCまでに骨盤後傾および胸郭後傾アライメントを呈していると肩関節外転角度は低下するとされる^{2,6)}。また、健常者と投球肩障害例におけるMKHからFCまでの骨盤前後傾アライメントの変化をみると、両者ともにMKHでは骨盤後傾アライメントを呈しているが、FCでは投球肩障害例のみ骨盤後傾アライメントを呈していたと報告されている⁸⁾。つまり、FCでの骨盤前後傾角度はFCでの胸郭角度やFC以降での肩関節角度、肩関節内旋トルクに影響を及ぼすことが推測される。しかし、FCでの骨盤前後傾角度と胸郭および肩関節角度との関係性を検討した報告は質的な投球動作解析といった定性的な評価に留まっている⁶⁾。質的な投球動作解析は簡便であり、スポーツ現場などで使いやすい利点がある一方、主観的要素が入る可能性があり評価の正確性に欠ける部分がある。それに対して3次元動作解析は詳細な客観的データを取得することができる。つまり、3次元動作解析を用いてFCでの骨盤前後傾角度と胸郭および肩関節角度との関係性を示すことができれば、過去に報告された内容を裏付けることができ、治療の一助になる可能性がある。

そこで本研究はFCでの骨盤前後傾角度がFCでの胸郭角度、FCおよびMERでの肩関節角度、肩関節内旋トルクに影響を及ぼすという仮説の下、投球時における骨盤、胸郭および肩関節間の関係性を3次元動作解析にて検討することを目的

とした。

対象および方法

対象は本学学生および職員の中で硬式野球経験歴があり、かつ、野球歴5年以上の健常成人15名(身長 171.1 ± 3.0 cm, 体重 67.3 ± 8.0 kg, 年齢 22.3 ± 1.9 歳, 野球歴 10.9 ± 3.0 年, 右投げ11名, 左投げ4名, 投手7名, 野手8名)とした。本研究の除外基準は上肢に疼痛がある者、全力投球ができない者、四肢に手術歴がある者とした。投球肩障害は投手だけでなく、野手にも生じうる。そこで、対象者を募集する際にはポジションの違いは除外基準とせず、また、ポジションの内訳の上限および下限数は設けなかった。そのため、対象者のポジションの内訳数については偶発性によるものであった。対象者のうち現役で競技をしているのは8名、それ以外の7名は本研究測定時に競技は行っていなかった。現役で競技している者は某大学準硬式野球連盟の2部リーグに所属しており、また、対象者は全例オーバーハンドスローであった。対象者には実験前に本研究の趣旨を説明し、書面にて同意を得た上で実施した。本研究は本学保健医療学研究科の人を対象とする研究等に関する倫理委員会による承認を得て実施した(承認番号:464)。

本研究の投球課題は実験室内に設置した3m先の防球ネット(44266Y, GP社)に対して硬式球(BB303, ZETT社)を用い、3球の全力投球を平らな床面に設置された床反力計上で行った。投球課題前には四肢のストレッチや低強度での投球を行い、十分なウォーミングアップ時間を設けた。

投球動作は床反力計(BP400600-OP-2K-STT, Advanced Mechanical Technology社)と9台の赤外線カメラで構成される3次元動作解析装置(Vicon MX, Vicon Motion Systems社)を使用し、サンプリング周波数1000Hzで測定した。対象者の体表にはPlug in gait maker setに従い赤外線反射マーカを各部位39箇所(第7頸椎棘突起, 第10胸椎棘突起, 胸骨頸切痕, 剣状突起, 右肩甲骨体部, 左右の頭部前方・後方, 肩鎖関節, 上腕部外側, 上腕骨外側上顆, 前腕部外側, 橈骨茎状突起, 尺骨茎状突起, 第2中手骨頭, 上前腸骨棘, 上後腸骨棘, 大腿部外側, 大腿骨外側上顆, 下腿部外側, 外果, 第2中足骨頭および踵骨隆起)に貼付し、全力投球を撮影した。また、床反力計は

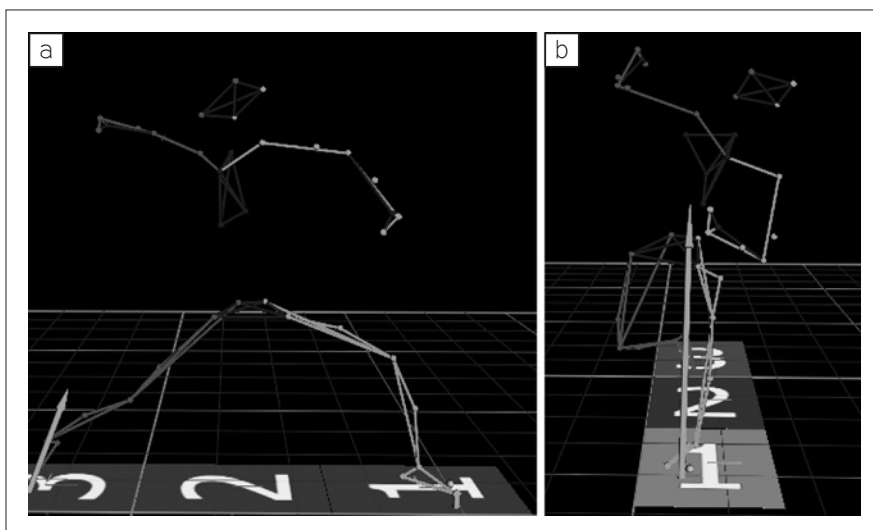


図1 投球解析相

a: FC b: MER

踏込脚に作用する床反力が10N以上になった時点をFCと定義し、FCでの骨盤前傾角度、胸郭前傾角度、側方傾斜角度、回旋角度、FCおよびMERでの肩関節外転角度、外旋角度、水平内転角度および肩関節内旋トルクを算出。

表1 投球時の骨盤、胸郭、肩関節角度および肩関節内旋トルク

FC	骨盤前傾角度 (°)	2.6 ± 6.0
	胸郭前傾角度 (°)	2.6 ± 8.2
	側方傾斜角度 (°)	-6.8 ± 7.6
	回旋角度 (°)	-13.8 ± 9.4
	肩関節外転角度 (°)	83.9 ± 13.8
	外旋角度 (°)	-5.6 ± 21.8
	水平内転角度 (°)	-25.2 ± 11.8
MER	肩関節外転角度 (°)	107.8 ± 7.6
	外旋角度 (°)	155.3 ± 12.7
	水平内転角度 (°)	9.8 ± 8.0
	肩関節内旋トルク (Nm/kg)	0.48 ± 0.10

平均値 ± 標準偏差

踏込脚に設置し、FCを特定するために用いた。FCは踏込脚に作用する床反力が10N以上になった時点と定義した⁹⁾。得られた3次元座標値と床反力データの処理は解析ソフトウェア(Nexus2.8.2, Vicon Motion Systems社)を用い、3次元座標値はButterworth filter (13.4Hz)で平滑化処理を行った⁵⁾。Nexus上にてVicon plug in gaitモデルを用い、FCでの骨盤前傾角度、胸郭前傾角度、側方傾斜角度および回旋角度、FCおよびMERでの肩関節外転角度、外旋角度、水平内転角度および肩関節内旋トルク(図1-a, b)を算出した^{10,11)}。骨盤および胸郭角度は実験室内の平らな床面を基準平面とした座標系に対する絶対角度とした。肩関節角

度は胸郭セグメントと上腕セグメントの間に成す相対角度とした。骨盤前傾、胸郭前傾、非投球側への側方傾斜、投球方向への回旋、肩関節外転、外旋および水平内転方向の運動を正の値とした。骨盤角度、胸郭角度、肩関節角度および肩関節内旋トルクは3球の平均値を算出し、また、肩関節内旋トルクは自体重で除することで正規化を行った。

統計学的解析には解析ソフトウェア(SPSS Statistics 23, IBM社)を使用した。初めに投球動作解析の信頼性を確認する目的で検者内信頼性(ICC 1, 3)を算出した。信頼性の計測は対象となった15名のデータとした。FCでの骨盤角度、胸郭角度、FCおよびMERでの肩関節角度および肩関節内旋トルクの関係性はSpearmanの順位相関係数を用いそれぞれ検討した。有意水準は5%未満とした。

結 果

投球時の骨盤角度、胸郭角度、肩関節角度および肩関節内旋トルクの平均値 ± 標準偏差を表1に示す。FCでの骨盤前傾角度は2.6 ± 6.0°、胸郭前傾角度は2.6 ± 8.2°、側方傾斜角度は-6.8 ± 7.6°、回旋角度は-13.8 ± 9.4°、肩関節外転角度は83.9 ± 13.8°、外旋角度は-5.6 ± 21.8°、水平内転角度は-25.2 ± 11.8°であった。また、MERでの肩関節

表 2 投球時の骨盤、胸郭、肩関節角度および肩関節内旋トルクにおける検者内信頼性

		ICC (1, 3) (95% 信頼区間：下限-上限)	
FC	骨盤前傾角度	0.838 (0.622-0.941)	
	胸郭前傾角度	0.819 (0.576-0.936)	
	側方傾斜角度	0.916 (0.803-0.969)	
	回旋角度	0.986 (0.967-0.995)	
	肩関節外転角度	0.981 (0.956-0.993)	
	外旋角度	0.952 (0.888-0.983)	
	水平内転角度	0.981 (0.956-0.993)	
	MER	肩関節外転角度	0.980 (0.953-0.993)
		外旋角度	0.992 (0.980-0.997)
水平内転角度		0.966 (0.920-0.987)	
肩関節内旋トルク		0.956 (0.897-0.984)	

ICC : intraclass coefficient

表 3 骨盤角度と胸郭角度との相関関係

	胸郭		
	前傾角度	側方傾斜角度	回旋角度
骨盤前傾角度	0.714*	0.225	0.161

表内数字は相関係数を示す.

* : p<0.01

外転角度は $107.8 \pm 7.6^\circ$ 、外旋角度は $155.3 \pm 12.7^\circ$ 、水平内転角度は $9.8 \pm 8.0^\circ$ 、肩関節内旋トルクは $0.48 \pm 0.10 \text{Nm/kg}$ であった。

投球動作解析の検者内信頼性の結果を表 2 に示す。ICC (1, 3) について、FC での骨盤前傾角度は 0.838、胸郭前傾角度は 0.819、側方傾斜角度は 0.916、回旋角度は 0.986、肩関節外転角度は 0.981、外旋角度は 0.952、水平内転角度は 0.981 であった。また、MER での肩関節外転角度は 0.980、外旋角度は 0.992、水平内転角度は 0.966、肩関節内旋トルクは 0.956 であった。

FC での骨盤前傾角度、胸郭前傾角度、側方傾斜角度および回旋角度、FC および MER での肩関節

外転角度、外旋角度、水平内転角度および肩関節内旋トルクの相関関係結果を表 3~5 に示す。FC での骨盤前傾角度と胸郭前傾角度との間 ($\rho=0.714, p=0.003$)、FC での骨盤前傾角度と MER での肩関節水平内転角度との間 ($\rho=0.850, p<0.001$)、FC での胸郭前傾角度と MER での肩関節水平内転角度との間 ($\rho=0.725, p=0.002$) に相関関係を認めた。その他の項目間に相関関係は認めなかった。

■ 考 察

投球時 MER での肩関節外転角度低下²⁾、外旋角度増加³⁾、水平外転角度増加つまり水平内転角度低

表4 骨盤角度と肩関節角度および肩関節内旋トルクとの相関関係

	FC			MER			
	外転角度	外旋角度	水平内転角度	外転角度	外旋角度	水平内転角度	内旋トルク
骨盤前傾角度	-0.282	-0.050	0.211	-0.042	0.211	0.850 [†]	0.143

表内数字は相関係数を示す.

[†] : p<0.001

表5 胸郭角度と肩関節角度および肩関節内旋トルクとの相関関係

	FC			MER				
	外転角度	外旋角度	水平内転角度	外転角度	外旋角度	水平内転角度	内旋トルク	
胸郭	前傾角度	-0.504	0.089	-0.186	0.240	0.143	0.725*	-0.168
	側方傾斜角度	0.296	0.125	0.104	-0.146	0.029	-0.011	0.479
	回旋角度	0.275	-0.146	0.107	-0.082	0.429	0.118	-0.132

表内数字は相関係数を示す.

* : p<0.01

下⁴⁾, 肩関節内旋トルク増加³⁾は投球肩障害の一因であるが, それらの肩関節肢位は下肢や体幹の機能不全による運動連鎖の破綻の結果生じている場合もある³⁾. 下肢から発生した力学的エネルギーは上肢へ伝達されるが, 特に下肢と上肢の間に位置する骨盤や胸郭のアライメント制御は投球肩障害を予防するうえで重要である^{2,6)}. また, FCでの骨盤前後傾角度は胸郭角度や肩関節角度などに影響を及ぼす可能性が示唆されているが⁶⁾, 定性的な評価に留まっている. そこで, 3次元動作解析を用いて, 骨盤, 胸郭および肩関節間の関係性を客観的に示すことができれば, 過去の報告を裏付けることができ, また, 臨床での治療の一助になると考える. 本研究はFCでの骨盤前後傾角度がFCでの胸郭角度, FCおよびMERでの肩関節角度, 肩関節内旋トルクに影響を及ぼすという仮説の下, 投球時における骨盤, 胸郭および肩関節間の関係性を3次元動作解析にて検討することを目的とした.

今回の研究結果では, 投球動作解析の検者内信頼性 ICC (1, 3) はすべての項目で0.81以上であった. また, FCでの骨盤前傾角度, 胸郭前傾角度およびMERでの肩関節水平内転角度の3項目間に正の相関関係を認めた. つまり, FCでの骨盤前後傾アライメントはFCでの胸郭前後傾アライメントと関連しており, MERでの肩関節水平面運動に影響を及ぼすことが示された.

投球動作解析の信頼性について, 定性的な評価を用いた過去の報告だけでなく, 3次元動作解析を用いた報告においても信頼性は不明な点が多い. 投球動作解析の信頼性を検討し, 良好な信頼性であれば, 得られた結果自体の信頼性も担保することができる. そのため, 本研究では投球動作解析の検者内信頼性を算出した. Landisら¹²⁾の基準では級内相関係数が0.00~0.20をslight, 0.21~0.40をfair, 0.41~0.60をmoderate, 0.61~0.80をsubstantial, 0.81~1.00をalmost perfectとしている. 本研究では全ての項目においてsubstantialもしくはalmost perfectであり, 良好な検者内信頼性を得ることができた. これらの結果から, 投球動作を3次元動作解析, 特にVicon plug in gaitモデルにて検討を行う際には, 3回計測の平均値を用いることで良好な検者内信頼性を得ることができると考えられた. また, 本研究の対象者数にも着目する必要がある. 本研究では15名を対象者で測定を行った. 母集団に対して除外基準を設けた中での測定であることを踏まえると, 15名を対象者数でも価値を有する研究であると考えられる. 本研究では投球動作解析の客観性を得るために3次元動作解析を用い, さらに, 検者内信頼性が良好であったことから, 今後は対象者数を増やすことで投球動作解析の結果の信頼性を高めることができると考える.

投球時の肩関節外転角度と外旋角度について,

FC での骨盤前傾角度低下は MER 以降での胸郭前側面の可動性制限に繋がると報告されている^{3,6)}。MER での胸郭前側面の可動性が制限されると肩関節外転角度を低下させる³⁾。さらに、MER は肩関節外旋運動だけでなく胸椎伸展運動も構成要素であり、胸郭可動性制限が生じると代償的に肩関節外旋角度増加に繋がるとされる³⁾。以上より、過去の報告からでは FC での骨盤前後傾角度は肩関節外転角度や外旋角度に影響を与える可能性が示唆されている。一方、大歳ら¹³⁾は肩関節後方タイトネスが投球時の肩関節外転角度低下に繋がりが、Meister¹⁴⁾は肩関節包の緩みが肩関節外旋角度を増加させると報告している。つまり、投球時の肩関節外転角度と外旋角度は運動連鎖だけではなく、肩関節局所の状態からも影響を受けるため、本研究では FC での骨盤前後傾角度と肩関節外転角度および外旋角度に関係性を認めなかった可能性がある。また、肩関節内旋トルクは投球肩障害と関連しており、本研究では肩関節内旋トルクも検討項目とした。Oyama ら⁹⁾は MER での体幹非投球側側屈運動が球速を増加させる要因になると同時に、肩関節内旋トルクも増加させることを示しているため、本研究での肩関節内旋トルクと FC での骨盤前後傾角度や胸郭角度との間に関係性を認めなかったと考える。

投球時の肩関節水平内転角度に影響を与える因子について考察する。近ら¹⁵⁾は少年野球選手において MKH から FC にかけて骨盤後傾アライメントを呈している選手は FC で肩関節水平外転角度が大きくなることを示している。これは後方重心になることで体幹がバランス制御のために動員され、本来生じるべき投球側への体幹回旋が生じず、その補正のために肩関節水平外転角度が増加したと考察している。また、FC での体幹早期回旋は MER での肩関節水平外転角度を増加させる⁷⁾ことや、FC で投球側股関節屈曲アライメントつまり骨盤前傾アライメントを保持できるようになることで体幹早期回旋が改善できる¹⁶⁾と諸家により報告されている。しかし、過去に報告されているような骨盤前後傾角度と胸郭回旋角度および FC での肩関節水平内転角度間、胸郭回旋角度と FC および MER での肩関節水平内転角度間の関係性は本研究では認めなかった。これは諸家の報告^{7,15,16)}の対象者の多くは成長期野球選手である一方、本研究の対象者は競技歴が約 10 年の健常成人

であり、投球動作の習熟度や筋力などの副次的な要素も絡み、結果に違いが生じた可能性があった。FC における骨盤および体幹の矢状面運動は運動していることが定性的評価から示されている⁶⁾。つまり、FC で骨盤が実験室内の空間の平らな床面に対して前傾アライメントを呈している選手は胸郭も平らな床面に対して前傾アライメントを呈していることを意味しており、本研究は過去の報告を支持する結果となった。FC までの骨盤後傾角度の増加は肩甲骨前傾角度を増加させ、また、MER での肩甲骨伸展運動を阻害し代償的に肩甲骨腕関節水平外転角度を増加させる¹⁷⁾。さらに、Shin ら¹⁸⁾は立位で体幹を前傾させた際には姿勢保持のために多裂筋の筋活動が増加すると報告しており、十文字ら¹⁹⁾は円滑な肩甲骨胸郭関節運動を引き出すためには多裂筋などの体幹深層筋が十分に作用し、体幹を安定させることが必要であると述べている。以上を踏まえると、FC で骨盤および胸郭前傾角度を保つことは体幹筋群や肩甲骨胸郭関節の機能を高めると推測され、その結果、MER での肩関節水平内転角度に影響を及ぼした可能性があった。

本研究の限界は測定環境の問題がある。本研究の対象者は投手と野手が混在しているが、投球肩障害を発症するのは投手の方が多いうことを臨床で経験する。投手は傾斜のあるマウンドから投球を行うのが通常であり、マウンドと平地からの投球では FC での投球側股関節屈曲角度に違いがあることが示されている²⁰⁾。股関節と骨盤の動きは関連しているため、マウンドからの投球と平地からの投球とでは骨盤前後傾角度にも差が出ていることが推測される。その一方、臨床では施設の部屋環境からマウンドを設置することが難しく、平らな床面で評価、治療を行わざるを得ない部分がある。つまり、臨床やフィールド場面の中でも特に平地で投球を行う際には、本研究結果を活用できるが、投手がマウンドから投球を行う際には、本研究で得た骨盤前後傾角度と胸郭および肩関節角度の関係性のうち全てを当てはめることはできない可能性があった。この研究限界がある一方、投球時の骨盤前後傾角度、胸郭角度、肩関節角度および肩関節内旋トルクの関係性を 3 次元動作解析装置で検討したことは本研究の強みである。投球時の骨盤前後傾角度、胸郭角度、肩関節角度の関係性は 2 次元動作解析による検討が多いのが現状

であった。本研究は3次元動作解析を行ったことで、より正確性の高いデータが得られ、今までの臨床経験や2次元動作解析結果を一部裏付けるものになると考える。今後は実際の試合や練習場面を考慮した環境下で検討するなど研究限界を解消しつつ、臨床やフィールド場面で活用できるデータを構築していきたいと考える。

結 語

健常者を対象にFCでの骨盤前後傾角度、FCでの胸郭角度、FCおよびMERでの肩関節角度、肩関節内旋トルクとの関係性を検討した。FCでの骨盤前傾角度はFCでの胸郭前傾角度とMERでの肩関節水平内転角度との間に正の相関を認めた。また、FCでの胸郭前傾角度とMERでの肩関節水平内転角度の間にも正の相関を認めた。以上より、FCでの骨盤前後傾アライメントはFCでの胸郭前後傾アライメントと関連しており、MERでの肩関節水平面運動に影響を及ぼす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

- 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: 1803-1810.
- 井尻朋人, 宮下浩二, 浦辺幸夫, 他. 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.
- 千葉慎一. 運動連鎖を取り入れた投球障害の対応理学療法士から見た投球障害の対応 (2). *臨床スポーツ医学.* 2012; 29: 95-99.
- Mihata T, McGarry MH, Kinoshita M, et al. Excessive Glenohumeral Horizontal Abduction as Occurs During the Late Cocking Phase of The Throwing Motion can be Critical for Internal Impingement. *Am J Sports Med.* 2010; 38: 369-374.
- Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, et al. Kinematic and Kinetic Comparison Baseball Pitching Among Various Levels of Development. *J Biomech.* 1999; 32: 1371-1375.
- 岩堀祐介. 肩関節唇損傷(SLAP 損傷). In: *臨床スポーツ医学編集委員会(編). スポーツ外傷・障害の理学診断・理学療法ガイド. 第2版. 東京: 文光堂; 220-233, 2015.*
- Oliver GD, Keeley DW. Pelvis and Torso Kinematics and Their Relationship to Shoulder Kinematics in High-School Baseball Pitchers. *J Strength Cond Res.* 2010; 24: 3241-3246.
- 太田憲一郎, 宮下浩二, 小山太郎, 他. 中学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. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2019; 27: 90-96.
- Oyama S, Yu B, Blackburn JT, et al. Effect of Excessive Contralateral Trunk Tilt on Pitching Biomechanics and Performance in High School Baseball Pitchers. *Am J Sports Med.* 2013; 41: 2430-2438.
- Miyazaki S, Yamako G, Totoribe K, et al. Shadow Pitching Deviates Ball Release Position: Kinematic Analysis in High School Baseball Pitchers. *BMC Sports Sci.* 2021; 13: 26 doi: 10.1186/s13102-021-00255-7.
- 田村将希, 阿蘇卓也, 尾崎尚代, 他. ゼロポジション近似肢位での肘伸展筋力と肩肘モーメントの関係. *日肘会誌.* 2021; 27: 389-393.
- Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics.* 1977; 33: 159-174.
- 大歳憲一, 猪狩貴弘, 四家卓也. 肩後方タイトネスがテイクバック期の肩外転角度に与える影響. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2018; 26: 466-471.
- Meister K. Injuries to The Shoulder in The Throwing Athlete. Part one: Biomechanics/ Pathophysiology/ Classification of Injury. *Am J Sports Med.* 2000; 28: 265-275.
- 近 良明, 塩崎浩之, 山本智章, 他. 投球動作解析. *臨床スポーツ医学.* 2005; 22: 1343-1351.
- 元脇周也, 小柳磨毅, 境 隆弘, 他. 投球障害症例に対する投球フォーム指導の効果—体幹回旋運動における定量的評価を用いた検証—. *スポーツ傷害.* 2013; 18: 27-30.
- 小山太郎, 松下 廉, 宮下浩二. 投球時肩最大外旋位における肩甲上腕関節水平伸展角度に影響を与える因子—足部接地時の各関節角度との相関—. *東海スポーツ傷害研究会会誌.* 2015; 33: 22-26.
- Shin SH, Kang SR, Kwon TK, et al. A Study on

Trunk Muscle Activation Patterns According to Tilt During Whole Body Tilts. *Technol Health Care*. 2017; 25: 73-81.

- 19) 十文字雄一, 大歳憲一, 加藤欽志, 他. 高校野球選手の体幹安定性が肩肘障害と肩甲帯機能に及ぼす影響. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2020; 28: 307-312.
- 20) 蔭山雅洋, 鈴木智晴, 藤井雅文, 他. 野球投手にお

けるマウンドと平地からの投球のバイオメカニクスの比較: 投球速度および投球動作中の下肢および体幹の動作に着目して. *体育学研究*. 2016; 61: 517-535.

(受付: 2021年3月8日, 受理: 2022年3月8日)

Effect of the anterior-posterior pelvic tilt angle on the thorax and shoulder angles, and the shoulder internal rotation torque at the time of foot contact during the early cocking phase of baseball pitching

Aso, T.^{*1,2}, Kagaya, Y.^{*3}

*1 Showa University Fujigaoka Rehabilitation Hospital

*2 Doctoral Program, Showa University Graduate School of Health Sciences

*3 Department of Physical Therapy, Showa University School of Nursing and Rehabilitation Sciences

Key words: Throwing motion, pelvic angle, shoulder angle

[Abstract] The relationship between faulty shoulder position during pitching and posterior pelvic and thorax tilt alignment at the time of foot contact during the early cocking phase (FC) has been analyzed qualitatively. Therefore, quantitative analysis of their relationship may support the findings of previous reports and be useful for therapy. This study was aimed to investigate the relationship between pelvic, thorax and shoulder kinematics, and shoulder kinetics.

A three-dimensional motion capture system was used to assess the pitching motion of 15 healthy adults. We assessed the angle of anterior pelvic tilt and thorax anterior tilt, lateral bending, and rotation at FC; the angles of shoulder abduction, external rotation, and horizontal adduction at FC and at maximum shoulder external rotation position during the late cocking phase (MER); and the shoulder internal rotation torque at MER. The relationship between the pelvic, thorax and shoulder kinematics, and shoulder kinetics was examined using Spearman's rank correlation coefficient.

Positive correlations were found between the anterior pelvic tilt angle, anterior thorax tilt angle at FC, and shoulder horizontal adduction angle at MER.

The anterior and posterior pelvic tilt alignments at FC appear to influence both anterior and posterior thorax tilt alignment at FC, suggesting that they may affect horizontal plane shoulder kinematics at MER.