

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：32301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01731

研究課題名（和文）野球投手の下肢体力要素，投球動作，および投球パフォーマンスの関連性について

研究課題名（英文）Relationships between lower-extremity fitness, pitching motion, and pitching performance in baseball pitchers

研究代表者

柳澤 修 (YANAGISAWA, OSAMU)

上武大学・ビジネス情報学部・准教授

研究者番号：50371159

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、野球投手の下肢体力要素，投球動作，および投球パフォーマンスの関連性を検討することを目的とした。本研究は、大学生の野球投手を対象として、主に1)両脚の股関節筋力（特に外転・内転筋力；股関節を開いたり、閉じたりする力）が直球の最高球速と密接な関係をもつこと、2)投球時のストライド幅は投手の股関節外転柔軟性（股関節を開く柔軟性）および直球の最高球速と密接な関連性を持たないこと、そして3)1試合完投相当の投球数は投手の股関節内転筋力および外転筋力に疲労の影響を及ぼすこと、を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、投手の股関節外転・内転筋力（股関節を開いたり、閉じたりする力）が球速と密接な関係をもつとともに、投球数の増加に伴う疲労の影響を受けやすことを明らかにした。それゆえ、投手のトレーニングにおいて、股関節の外転・内転筋力を強化するプログラムが、投球パフォーマンスの維持向上に有効であると推察できる。加えて、投手の障害予防やコンディショニングにおいても、投手の股関節機能は着目すべき体力要素のひとつであると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to evaluate the relationships between lower-extremity fitness, pitching motion, and pitching performance in college baseball pitchers. Abduction and adduction strength in both hips were significantly correlated with maximum ball velocity. Stride length during pitch was not significantly correlated with hip abduction range of motion or maximum ball velocity. Moreover, over the course of a series of repetitive throwing motions corresponding to a single complete game, hip abduction and adduction strength were significantly affected by fatigue.

研究分野：運動生理学

キーワード：野球 投手 球速 ボールコントロール 下肢筋力 下肢柔軟性 バランス能力 ストライド幅

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

野球の指導現場において、「投手にとって下肢の機能は極めて重要である」という考えは、少年野球からプロ野球までほぼ共通している。それゆえ、投手の指導において、下肢の筋力強化や柔軟性の向上に力を注いでいるチームは非常に多い。しかしながら、投手の下肢機能と投球パフォーマンスの関連性は十分に明らかにされていない。

投球動作において、下肢から生み出されたエネルギーは、体幹・上肢を通じて、最終的にボールへと伝えられる。さらに、投手の下肢は、投球動作中の体幹や上肢の激しい動きを支える土台としても大切な役割を果たす。したがって、強靱で安定した下肢は投手の球速やボール制御能力に深く貢献すると推測できるが、どのような下肢体力要素が投球パフォーマンスに強く関与するのかは十分に検証されていない。加えて、投球動作におけるストライド幅は、下肢エネルギーの産生や体幹・上肢方向へのエネルギーの伝達率に関係すると考えられるが、投手のストライド幅が球速に及ぼす影響やストライド幅と股関節柔軟性の関連性を検討した研究は極めて少ない。さらに、投球数の増加に伴って下肢機能が低下すると、下肢で産生されるエネルギーが減少するとともに、投球中の下肢動作も不安定になることから、結果的に投球パフォーマンスが低下する可能性がある。しかしながら、投球数の増加に伴う下肢の疲労と投球パフォーマンスの関連性は、これまでにほとんど評価されていない。

野球の投手において、上肢の体力データは豊富に存在するが、それに比して下肢の体力データは少なく、投球動作や投球パフォーマンスとの関連性も議論の余地を残している。それゆえ、本研究において、これらの関連性を明確にすることは、野球投手のトレーニング法や障害予防法の新たな構築および改善に大いに資すると考えた。

2. 研究の目的

本研究は、以下のことを明らかにすることを目的とした。

- (1) 投手の下肢体力要素と最高球速の関連性を明らかにする。
- (2) 投手の下肢体力要素とボール制御能力の関連性を明らかにする。
- (3) 投球動作のストライド幅と股関節柔軟性ならびに最高球速の関連性を明らかにする。
- (4) 1試合完投相当の投球数が投手の下肢機能に与える影響を検証するとともに、投球数の増加に伴う球速の変化を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 大学生の上手投げ投手 15 名を対象とした。投手の下肢体力の評価項目として、等尺性股関節筋力(内転・外転・内旋・外旋)(モービィー, 酒井医療), 他動的股関節可動域(内転・外転・内旋・外旋)(東大式角度計), そして動的バランス能力(Y-バランステスト)を軸脚および踏込脚にて測定した。加えて、スクワットジャンプ(腕振りなし)における跳躍高とピークパワーを計測した(GymAware, Kinetic Performance)。直球の球速(初速)は、捕手の後方からスピードガン(ミズノ)を用いて測定した。ピアソンの相関係数を用いて、上記の体力要素と最高球速の関連性を評価した。有意水準は5%未満とした。

(2) 大学生の上手投げ投手 27 名を対象とした。等尺性股関節筋力(内転・外転・内旋・外旋・屈曲・伸展)(モービィー, 酒井医療), 他動的股関節可動域(内転・外転・内旋・外旋・屈曲・伸展)(東大式角度計), そして動的バランス能力(Y-バランステスト)を軸脚および踏込脚で測定した。加えて、投手はマウンド上から自作の測定器材のストライクゾーン(図1)を狙って全力の直球を20球投げ、ストライク率(ボール制御能力の指標)を算出した。上記の体力要素とストライク率の関連性は、ピアソンの相関係数にて評価した。有意水準は5%未満とした。



図1 コントロール評価用器材

(3) 大学生の上手投げ投手 15 名が、室内に設置された移動式マウンドからホームベース上に設置されたストライクゾーンを狙って全力の直球を投げた。投球はストライクゾーンを3球通過するまで継続し、球速は捕手の後方からスピードガン(ユピテル社製)を用いて計測した。投球動作は、マウンドの左前方, 左後方, 右前方, ならびに右後方にハイスピードカメラ(EX-ZR1600, カシオ)を設置し、毎秒240コマで撮影した。最高球速を示した投球動作を対象として、投球時のストライド幅を三次元動作解析システム(ToMoCo-VM, 東総システム)を用いて算出した。加えて、股関節の柔軟性(外転方向)の指標として、投球前に立位で両脚を左右に開脚した最大幅を測定した。得られた値は下肢長にて標準化した(開脚幅/下肢長)。ピアソンの相関係数を用いて、最高球速とストライド幅ならびに開脚幅/下肢長とストライド幅の関連性を評価した。有意水準は5%未満とした。

(4) 大学生の上手投げ投手 12 名を対象とした。投手はマウンド上から捕手に向かって、1イ

ニングを13球(9球は全力の直球, 4球はカーブ)とし, 計9イニング(計117球)の投球を行った。投球の前後で, 等尺性股関節内転・外転筋力(内転外転筋力測定器II, 竹井機器工業)とスクワットジャンプ(腕振りなし)における跳躍高, 平均パワー, および平均速度(GymAware, Kinetic Performance)を計測した。加えて, スピードガン(ミズノ)を使用して, 捕手の後方から直球の初速を記録した。投球前後の体力項目の比較ならびに1イニング目と9イニング目の最高球速の比較は, 対応のあるT検定を用いて行った。有意水準は5%未満とした。

4. 研究成果

(1) 最高球速(136.1±4.5 km/h)は, 軸脚の股関節外転($r=0.60, p<0.05$), 内転($r=0.59, p<0.05$)筋力と踏込脚の股関節外転($r=0.68, p<0.01$), 内転($r=0.63, p<0.05$), 外旋($r=0.58, p<0.05$)筋力と有意な正の相関関係を示した。しかしその一方で, 軸脚および踏込脚の股関節可動域と動的バランス能力は, 最高球速と有意な相関関係を示さなかった。また, ジャンプ能力(跳躍高とピークパワー)と最高球速の間にも有意な関連性は認められなかった。本研究の結果から, 投手の両脚の股関節筋力, とりわけ外転・内転筋力が球速と密接な関係にあることが示された。投手の股関節外転・内転筋力は, 投球動作時の骨盤の安定性に貢献することが報告されており, それが下肢から体幹・上肢へのエネルギー伝達に有効的に作用したかもしれない。したがって, 投手のトレーニングにおいて, 股関節外転・内転筋力を強化するプログラムが, 競技パフォーマンスの向上に寄与する可能性がある。

(2) 投手のストライク率(48.5±22.0%)は, 軸脚の股関節屈曲可動域と正の相関関係($r=0.51, p<0.01$)を, そして軸脚の股関節伸展可動域とは負の相関関係($r=-0.39, p<0.05$)を示した。軸脚および踏込脚の股関節筋力と動的バランス能力は, ストライク率と有意な相関関係を示さなかった。本研究において, 投手の股関節柔軟性項目の一部がストライク率と密接な関連性を示したが, ほとんどの測定項目はストライク率と有意な相関関係を示さなかった。それゆえ, 本研究の結果は, 投手の軸脚および踏込脚の股関節柔軟性, 股関節筋力, および動的バランス能力が, 投手のボール制御能力に影響しないことを示唆する。投手のボール制御能力は, 投球パフォーマンスを大きく左右する要素であることから, 今後は投手のボール制御能力に関わる因子を投球動作の観点から, ならびに神経系が深く関与する体力要素を含めて検討していく必要があるだろう。

(3) 最高球速(128.5±8.7 km/h)は, 投球時のストライド幅(1.30±0.12 m)と有意な相関関係を示さなかった。加えて, 投球前の開脚幅/下肢長(1.9±0.1)と投球時のストライド幅の間にも有意な相関関係は認められなかった。股関節の柔軟性(外転可動域)に優れる投手は, 投球時に大きなストライド幅を獲得し, それが球速に貢献することを予想したが, 本研究の結果はその仮説を支持するものではなかった。投手のストライド幅と球速の関連性を検討した研究は多くないが, ストライド幅は投球方向への並進エネルギーの増加に関係することから, 球速と正の相関を示した報告もある。それゆえ, 今後は被験者数(とりわけ, 競技レベルの高い投手)を増やすなどして再検討する必要があるかもしれない。

(4) 股関節の内転筋力(449.2±76.4 N → 420.3±62.7 N, $p<0.01$)および外転筋力(473.2±56.3 N → 446.1±57.5 N, $p<0.05$)は, 投球前に比して投球後で有意な低下を示した。その一方で, スクワットジャンプの跳躍高(0.41±0.05 m → 0.42±0.04 m), 平均パワー(2855.5±584.6 W → 2919.9±531.6 W), および平均速度(1.66±0.20 m/s → 1.58±0.18 m/s)は投球前後で有意な変化を示さなかった。球速に関しては, 1イニング目の最高球速(132.4±7.1 km/h)と9イニング目の最高球速(130.8±7.9 km/h)に有意差は認められなかった。投手の股関節内転・外転筋力は, 投球動作中の骨盤の安定性に寄与することが報告されており, 繰り返す投球動作が股関節周囲筋に疲労の影響を及ぼしたと考えられる。それゆえ, 投手の障害予防の観点から, これらの筋のコンディションには注意を払うべきであろう。なお, (1)の課題において, 投手の股関節内転・外転筋力は最高球速と有意な正の相関関係を示したが, 本課題において投手の最高球速は有意な低下を示さなかった。その原因のひとつとして, 投手の股関節内転・外転筋力の低下に対する代償作用が挙げられる。仮に, 代償作用が生じたとすれば, 身体の別部位へのストレスが大きくなった可能性がある。それゆえ, 投球数の増加に伴う身体機能と球速の推移の関連性は, 投球パフォーマンスの観点だけでなく, 障害予防の観点からも, 今後さらに検討されるべき研究課題であると考えられる。

<引用文献>

BIRFER, R., SONNE, M. W. & HOLMES, M. W. 2019. Manifestations of muscle fatigue in baseball pitchers: a systematic review. PeerJ, 7, e7390.

FORTENBAUGH, D., FLEISIG, G. S. & ANDREWS, J. R. 2009. Baseball pitching biomechanics in relation to injury risk and performance. Sports Health, 1, 314-320.

- GRANTHAM, W. J., BYRAM, I. R., MEADOWS, M. C. & AHMAD, C. S. 2014. The impact of fatigue on the kinematics of collegiate baseball pitchers. *Orthop J Sports Med*, 2, 2325967114537032.
- MONTGOMERY, J. & KNUDSON, D. 2002. A method to determine stride length for baseball pitching. *Appl Res Coaching Athletes*, 17, 75-84.
- MYRICK, K. M., PALLONE, A. S., FEINN, R. S., FORD, K. M. & GARBALOSA, J. C. 2019. Trunk muscle endurance, flexibility, stride foot balance, and contralateral trunk lean in collegiate baseball pitchers. *J Strength Cond Res*, 33, 2641-2647.
- RAMSEY, D. K. & CROTIN, R. L. 2016. Effect of stride length on overarm throwing delivery: Part II: An angular momentum response. *Hum Mov Sci*, 46, 30-38.
- ROBB, A. J., FLEISIG, G., WILK, K., MACRINA, L., BOLT, B. & PAJACZKOWSKI, J. 2010. Passive ranges of motion of the hips and their relationship with pitching biomechanics and ball velocity in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med*, 38, 2487-2493.
- VAN TRIGT, B., SCHALLIG, W., VAN DER GRAAFF, E., HOOZEMANS, M. J. M. & VEEGER, D. 2018. Knee angle and stride length in association with ball speed in youth baseball pitchers. *Sports (Basel)*, 6, E51.
- WHITESIDE, D., MARTINI, D. N., ZERNICKE, R. F. & GOULET, G. C. 2016. Ball speed and release consistency predict pitching success in major league baseball. *J Strength Cond Res*, 30, 1787-1795.
- YANAGISAWA, O. & TANIGUCHI, H. 2018. Changes in lower extremity function and pitching performance with increasing numbers of pitches in baseball pitchers. *J Exerc Rehabil*, 14, 430-435.
- ZEPIERI, G., JR., LENTZ, T. A., MOSER, M. W. & FARMER, K. W. 2015. Changes in hip range of motion and strength in collegiate baseball pitchers over the course of a competitive season: A pilot study. *Int J Sports Phys Ther*, 10, 505-513.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Yanagisawa Osamu, Taniguchi Hidenori | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Changes in lower extremity function and pitching performance with increasing numbers of pitches in baseball pitchers | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Exercise Rehabilitation | 6. 最初と最後の頁 430 ~ 435 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.12965/jer.1836196.098 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yanagisawa O, Wakamatsu K, Futatsubashi G, Taniguchi H |
| 2. 発表標題 Correlation of hip functions with ball velocity in Japanese collegiate baseball pitchers |
| 3. 学会等名 5th NSCA International Conference（国際学会） |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号） | 所属研究機関・部局・職 （機関番号） | 備考 |
|-------|-----------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 谷口 英功 (Taniguchi Hidenori) | | |
| 研究協力者 | 若松 健太 (Wakamatsu Kenta) | | |
| 研究協力者 | 二橋 元紀 (Futatsubashi Genki) | | |