

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01689

研究課題名(和文) 投球速度の限定要因の解明と投球速度を向上させる体力・動作トレーニングの開発

研究課題名(英文) Elucidation of limiting factors of pitching speed and development of strength and movement training to improve pitching speed

研究代表者

北田 耕司 (Kitada, Koji)

石川工業高等専門学校・一般教育科・教授

研究者番号：70280378

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、投球速度と体幹の屈曲・回旋パワー及び上肢への連動効率との関係を把握し、投球への貢献度を明らかにすることを目的とした。

その結果、軽負荷(10kg)での体幹回旋パワーが投球速度と最も相関が高かった。体幹屈曲パワーは投球速度との相関性は低い値を示した。軽負荷(10kg)の体幹回旋パワーにおいて、投球高速群と低速群で有意な差がみられた。連動効率指数は高速群と低速群で有意な差はみられなかった。以上のことから、球速は軽負荷での体幹回旋パワーが大きく関わっているものと考えられた。また、体幹から上肢への連動は投球速度の差に大きな影響はないものと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「投げる」ことに着目した研究は多数ある。それらの研究により、投球について多くの事が判ってきた。しかし、現場ではそれを生かしていないのが現状である。その最大の理由は、そのような動きや体力要素が判っていても実験室内でしか検証できないからである。通常、画像で動作分析をするには手間がかかり、データのフィードバックには時間がかかる。本研究では現場で簡易に実施できるフィールドテストを主体とし、かつリアルタイムに動作効率を数値的にフィードバックするところに独創性がある。単に測定結果に終わらず、競技成績に直接的に反映させようとするところに本研究の意義がある。

研究成果の概要(英文)： This study aims to understand the relationship between pitching speed and trunk flexion and rotation power and efficiency of interlocking with the upper limb. The purpose of the study was to identify the contribution of as a result, we found that (1) Trunk rotational power at light loads (10 kg) had the highest correlation with pitching speed. (2) Trunk flexion power had a low correlation with throwing speed. (3) There was a significant difference in trunk rotation power at light loads (10 kg) between the fast and slow throwing groups. (4) There was no significant difference in the linkage efficiency index between the high speed and low speed groups.

The velocity of the pitch was considered to be largely related to trunk rotational power at light loads. In addition, the interlocking of the trunk to the upper limb was not considered to have a significant effect on the difference in pitching speed.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：投球動作 投球速度 野球 並進運動 体幹の回旋 連動効率

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

野球の投球動作を指導する際、下半身の使い方や強化が重用視される。野球の指導書などでも投球動作は下肢から始まり、体幹、投球腕そしてボールへと連動していくことが望ましいとされ、まずは下半身の強化が第一義である。投球動作に関する研究においても、下半身の重要性を説いた報告がみられる。Matsuo et al. (2001) はプロ及び大学の投手を対象に画像分析を行い、踏込脚膝関節の伸展角速度などが球速に大きく貢献していると考察している¹⁾。高橋ら(2005)は球速の異なる投手の投球動作の変化を時系列で比較・分析を行った。その結果、大きな球速を得るには踏込脚が接地するまでの期間で軸脚膝関節及び股関節を踏込脚の接地に向けて大きな角速度で伸展することが重要であると述べている²⁾。

申請者はこれまで、様々な体力要素及び動作要素と投球速度の関係を分析し、球速に関連した体力・動作特性について検討してきた(科研費・基盤研究C 平成22~25年:課題番号22500602)。申請者のこれまでの研究では、球速と有意な相関が見られた体力要素はスクワットと握力であったが、高い相関は得られていない(スクワット: $r=0.454$, 握力: $r=0.422$, $N=34$)。球速の限定要因は体力要素よりも動作要素にある可能性が高いと考えられる。

37名の高専野球部員を対象とした動作制限投球の実験結果を図1に示した³⁾。椅子に座り、体幹部を固定した状態で投球した椅座位投球(胸部固定)では、通常の投球速度との相関はみられなかったが、上胸が可動する状態で投球した椅座位投球において有意な相関がみられた($r=0.729$)。これらのことから球速は体幹の回旋パワーを伝達する上肢への連動が大きく影響しているものと推察された。通常投球と椅座位投球の球速の差は、下半身によるパワー発揮(並進運動、体幹の回旋運動)の影響によるものであるが、高速投球者の方が大きな差がみられた。この結果から2つの考え方ができる。高速投球者は下半身のパワー発揮が大きいということ、もう1つは、高速投球者はパワーの連動効率が良いということである。しかし、下半身によるパワー発揮がない椅座位投球の段階で既に通常投球との相関がみられることから、高速投球者と低速投球者の差は体幹の回旋パワーを伝達する上肢への連動効率によるものではないかと推察される。投球の最終局面にあたる上肢への連動効率が悪いと、下肢からのパワーがいくら大きくても球速に反映されないのではないかと考えている。

比留間ら(2010)⁴⁾や蔭山ら(2014)⁵⁾はメディシンボールスロー時の体幹捻転パワーを画像分析により算出し、投球速度との関係を検討している。いずれも体幹における伸張-短縮サイクル(SSC)運動が投球速度に影響していると報告している。しかし、メディシンボールスローは上肢を介しているため、体幹の捻転パワー(SSC)そのものが球速にどの程度影響を与えているかは不明である。また、申請者は投球速度と打球速度との間に有意な相関がみられることも確認している($r=0.720$, $N=29$)。打撃における体幹の回旋パワーが投球時の回旋パワーを反映している可能性が考えられるが、これも体幹と上肢への連動効率については検討されておらず、さらに探求が必要である。

2. 研究の目的

これまでも投球の運動連鎖(キネティックチェーン)に着目した研究はある。これらの研究は画像による動作分析をするため、より正確ではあるが、現場へのフィードバックが遅く、応用することが難しい。そこで、本研究は以下の3点を目的とした。

- (1) 体幹の回旋パワー及び上肢への連動効率を把握する。スポーツ現場で利用できる測定・分析法を確立すること。
- (2) 投球動作を並進運動、体幹の回旋運動、上肢への連動の3つの局面に分け、それぞれの局面がどの程度投球速度に関与しているか(貢献度)を明らかにする。
- (3) 各局面におけるパフォーマンスを高める体力・動作トレーニングメニューを作成し、その効果を検証する。

3. 研究の方法

(1) 測定装置の製作と測定方法の検証

測定装置は自作のケーブルトレーニングマシンの負荷部分にパワー測定器(フィットロダイソン・エスアンドシー株式会社)を設置することにより、パワーの測定を行う方法計画した。市販のケーブルマシンは据え置き式で移動ができない。本研究はフィールドワーク(現地)での測定

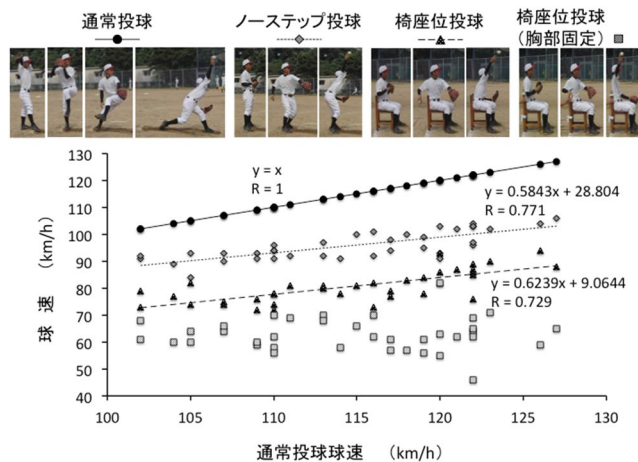


図1 通常投球と制限投球の球速の関係
(2011 発表データ³⁾を元に作図)

を目的としているので、移動可能なケーブルマシンを自作することとした。

各局面の測定方法は以下のように計画した。

) 並進運動パワー：投球腕側の大転子部分にマシンワイヤーが来るようにベルトで固定する。セットポジションの姿勢から投球と同様に投球方向側の脚を挙げ、接地するまで並進運動を行う。負荷は低負荷～高負荷まで6種類の負荷で実施し、負荷重量と速度の関係から並進運動における最大パワーを求める。

) 体幹の回旋パワー：

a. 椅座位での測定 = 投球腕側の肩峰突起部分にマシンワイヤーが来るようにベルトで固定する。椅座位状態で骨盤は動かさず、肩を最大外旋させた位置からの回旋パワーを測定する。

b. 立位での測定 = 椅座位姿勢と同様にマシンワイヤーを固定する。両足をしっかり地面につけた状態で、肩を最大外旋させた位置からのパワーを測定する。

) 上肢の連動効率：球速を体幹回旋パワーの値で除したものを連動効率指数とする。

(2) 各局面の投球速度への貢献度の把握：投球速度（通常投球、椅座位投球）各種パワー、体力測定を実施し、測定データを検証する。

) 投球速度の測定：

通常投球（18.44m）、椅座位投球（12m）の球速をキャッチャー側からスピードガン（Stalker Pro・ACI 社製）で測定する。椅座位投球における椅子は腰部が固定され、上体の自由が効くアベンチ（Bodysolid）を用いる。また投球動作を分析するため側方、前方、後方の3方向からビデオ撮影する。

) 各局面におけるパワー、上肢の連動効率および体力測定各種と球速の関係を検証する。

並進運動パワー、体幹の回旋パワー、その他の体力測定を実施する。

並進運動パワー、体幹の回旋パワー、上肢の連動効率と球速の相関を求めることにより、それぞれの貢献度を把握する。

(3) トレーニング実験：(2)の測定結果を基礎とし、トレーニングメニューを作成。高校生、大学生を対象にトレーニング実験の実施と検証を行う。

) トレーニングメニュー：(2)の結果を受け、各局面におけるトレーニング方法を検討する。

) トレーニングプロトコルの考案：例として、コントロール群、並進運動 Tr. 群、体幹の回旋パワー Tr. 群、上肢の連動効率 Tr. 群、体力要素 Tr. 群（Tr.：トレーニング）に分け、4週間～6週間程度の Tr. を実施させる。

(4) 予定を変更して実施した測定項目と方法

実験計画を上記のように立てたが、測定装置の製作および測定方法の確立に時間がかかった。測定装置は可動式を予定していたが、安定性がなく、重い負荷での計測が困難であったため、据置型に変更した。測定項目も、体幹の屈曲パワー、体幹の回旋パワー、椅座位投球速度、通常投球速度に絞ってその関係について検証を行った。

体幹の屈曲パワー・回旋パワーの測定にはアベンチ（Bodysolid）を用いた。アベンチ用のハーネスを改良し、屈曲パワーでは第7頸椎部分に、回旋パワーでは投球側の肩峰突起にマシンワイヤーとの接合部が来るように設定した。屈曲パワーではアベンチに座り、体幹を後ろに反った状態からの屈曲牽引パワーを測定した。回旋パワーにおいてもアベンチに座り、椅座位投球のように上体を捻った状態から投球をするイメージで回旋牽引パワーを測定した。この時、投球側の手は投球側の肩に装着しているハーネスを掴み、非投球側の手はフリーとした。

いずれの測定においても、負荷が10kgから5kgずつ増加し、最高パワーが確認できるまで負荷を増加させた。

4. 研究成果

(1) 測定装置の製作と測定方法の検証

本研究はフィールドワーク（現地）での測定を念頭に可動式のケーブルマシンを自作したが、製作および測定方法の検証の段階で不都合が生じた。また、マシンケーブルと固定ベルトの接合部分においても不都合が生じ、安定したデータが得られない状況が続いた。そこで可動式を諦め、据え置き型マシンに変更した。また、ワイヤーとの接合部分に遊びが大きく、安定したデータが取れなかったため、ハーネスを作り直して測定方法の検証を行った。

その結果、椅座位での体幹屈曲パワーおよび回旋パワーについて安定したデータを得られた。今回、予定を変更して、投球速度と体幹のパワー（屈曲・回旋）及び上肢への連動効率の関係を把握し、各局面における投球への貢献度を明らかにすることを目的とした。

(2) 投球速度と体幹パワーの関係

被験者は高専に所属する野球部員26名（年齢：17.1±1.1歳、身長：169.4±4.9cm、体重：57.8kg±5.9kg）であった。通常投球時の球速は平均114.8±7.6km/h（最高132km/h、最低103km/h）、椅座位投球時の球速は平均74.1±6.0km/h（最高85km/h、最低63km/h）であった。

椅座位投球時の球速と各負荷における体幹屈曲パワーおよび体幹回旋パワーの相関係数を図2に示した。体幹回旋パワーは最も負荷が軽い10kgの時に相関が高く（ $r=0.725$ ）、負荷が大き

くなるに従って低下する傾向がみられた。一方、体幹屈曲パワーは 10kg から 25kg までほとんど相関係数に変動がなく、最大パワーでやや高くなる傾向がみられた。

通常投球時の球速と各負荷における体幹屈曲パワーおよび体幹回旋パワーの相関係数を図 3 に示した。椅座位投球時と同様、体幹回旋パワーは 10kg の時に最も相関が高く ($r=0.711$)、負荷の増加に伴って低下する傾向がみられた。体幹屈曲パワーはいずれの負荷においても高い相関はみられなかった。これらのことから、体幹の屈曲や回旋の最大パワーの大きさは投球速度への影響は少なく、軽い負荷 (10kg) での体幹の回旋パワーが投球に貢献している可能性が推察された。これは、軽負荷での体幹の素早い回旋運動が球速アップにつながることを示唆している。

椅座位投球時の球速は平均 74.1 ± 6.0 km/h であったが、このうち 75 km/h 以上を高速投球群 (14 名)、74 km/h 以下を低速投球群 (12 名) とした。高速群の平均球速は 78.6 km/h、低速群は 68.8 km/h で有意な差がみられた。前述の結果から、最大パワーと負荷 10 kg の体幹回旋パワーに着目し、各群による違いを検証した。負荷 10 kg の体幹回旋パワーおよび運動効率指数 (体幹前屈パワー) において、高速群と低速群に有意な差がみられた。

通常投球時の球速は平均 114.8 ± 7.6 km/h であったが、このうち 115 km/h 以上を高速投球群 (13 名)、114 km/h 以下を低速投球群 (13 名) とした。高速群の平均球速は 121.2 km/h、低速群は 108.5 km/h で有意な差がみられた。負荷 10 kg の体幹回旋パワーにおいてのみ、高速群と低速群に有意な差がみられた。

以上のことから、投球速度には体幹の回旋運動が大きく貢献しているが、大きなパワーが必要なわけではなく、高速の回旋運動が投球速度の向上に大きく貢献しているものと考えられた。また、椅座位投球の負荷 10 kg での運動効率指数 (体幹前屈パワー) において高速群と低速群に差がみられたが、体幹前屈パワー自体高速群と低速群ではほぼ同じ値であることから、体幹の前屈パワーは球速に大きな影響を与えていないと考えられた。下半身で発生した力は体幹の回旋から上肢を介してボールへと伝わるが、上肢での運動効率指数に差がないことから、投球速度に上肢の運動は大きく関わっていないことが示唆された。球速は軽負荷での回旋パワー、つまり回旋速度が大きく関わっているものと考えられた。

(3) 研究のこれから

今回、測定器の製作の段階で躓き、大きな遅れをとった。しかし、方針を少し変更することにより、測定が可能となり、興味深いデータが得られた。これまで、投球速度の向上にはパワーといった概念が大きかったが、これからは体幹の回旋の動きとスピードにこだわったトレーニングが必要かもしれない。今後、さらに高速投球者の特質および、トレーニング効果に関する検証を進めたい。

(4) まとめ

本研究は、投球速度と体幹のパワー (屈曲・回旋) 及び上肢への運動効率の関係を把握し、各局面における投球への貢献度を明らかにすることを目的とした。その結果、

軽負荷 (10 kg) での体幹の回旋パワーが投球速度 (椅座位投球、通常投球) と最も相関が高かった。

体幹の屈曲パワーはいずれの負荷においても相関性は低い値を示した。

椅座位投球、通常投球ともに、負荷 10 kg の体幹の回旋パワーにおいて、高速群と低速群で有意な差がみられた。

運動効率指数は高速群と低速群で有意な差はみられなかった。

以上のことから、球速は軽負荷での体幹回旋パワー、つまり回旋速度が大きく関わっているものと考えられた。また、体幹から上肢への運動は高速者と低速者で差がなく、投球速度に大きな影響はないものと考えられた。

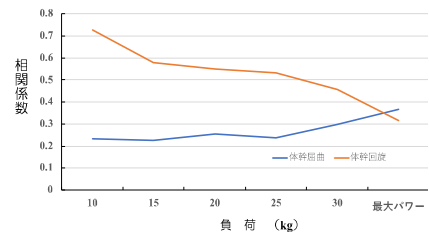


図 2 椅座位投球速度と体幹パワーの関係

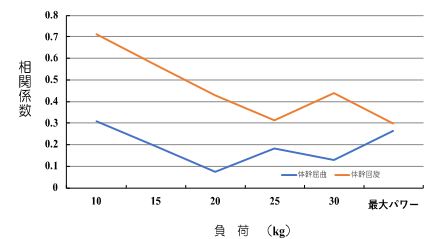


図 3 通常投球速度と体幹パワーの関係

表 1 椅座位投球時の測定結果

	項目	全体	高速	低速
	椅座位投球 (km/h)	74.1 ± 6.0	78.6 ± 3.7**	68.8 ± 3.1
最大 パワ ー	体幹前屈 (W)	134.8 ± 15.3	139.4 ± 18.1	129.6 ± 9.5
	体幹回旋 (W)	152.8 ± 32.4	163.6 ± 30.2	140.1 ± 31.5
	運動効率指数 (ノ前屈)	0.79 ± 0.08	0.81 ± 0.09	0.75 ± 0.05
	運動効率指数 (ノ回旋)	0.71 ± 0.15	0.70 ± 0.14	0.73 ± 0.17
負 荷 10 kg	体幹前屈 (W)	63.6 ± 7.3	63.7 ± 8.3	63.5 ± 6.5
	体幹回旋 (W)	76.7 ± 10.7	81.5 ± 9.7**	71.0 ± 9.2
	運動効率指数 (ノ前屈)	1.67 ± 0.21	1.78 ± 0.21**	1.55 ± 0.13
	運動効率指数 (ノ回旋)	1.38 ± 0.14	1.38 ± 0.12	1.39 ± 0.16

高速群: n=14、低速群: n=12 ** P<0.01

表 2 通常投球時の測定結果

	項目	全体	高速	低速
	通常投球 (km/h)	114.8 ± 7.6	121.2 ± 4.4**	108.5 ± 3.4
最大 パワ ー	体幹前屈 (W)	134.8 ± 15.3	137.1 ± 12.1	132.6 ± 18.2
	体幹回旋 (W)	152.8 ± 32.4	160.7 ± 28.4	144.8 ± 35.3
	運動効率指数 (ノ前屈)	1.22 ± 0.12	1.26 ± 0.10	1.18 ± 0.13
	運動効率指数 (ノ回旋)	1.11 ± 0.24	1.10 ± 0.21	1.13 ± 0.28
負 荷 10 kg	体幹前屈 (W)	63.6 ± 7.3	65.0 ± 7.0	62.2 ± 7.7
	体幹回旋 (W)	76.6 ± 10.7	82.2 ± 9.9**	71.1 ± 8.5
	運動効率指数 (ノ前屈)	2.59 ± 0.29	2.67 ± 0.24	2.51 ± 0.31
	運動効率指数 (ノ回旋)	2.16 ± 0.23	2.11 ± 0.19	2.19 ± 0.27

高速群: n=13、低速群: n=13 ** P<0.01

文献

- 1) Matsuo T, Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW, Andrews JR; Comparison of Kinematic and Temporal Parameters Between Different Pitch Velocity Groups. *Journal of Applied Biomechanics*. 17:1-13, 2001.
- 2) 高橋圭三, 阿江通良, 藤井範久, 島田一志, 川村 卓, 小池関也; 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較, *バイオメカニクス研究*, 9(2): 36-52, 2005.
- 3) 北田耕司, 岩竹淳, 小森康加, 與谷謙吾, 田巻弘之; 動作制限法による投球速度に影響する動作の検討, *日本体育学会第62回大会予稿集*, 149, 2011.
- 4) 比留間浩介, 尾縣 貢; 中学・高校野球選手の伸張-短縮サイクル運動を含むパワー発揮能力と投球スピードとの関係とその発達特性 ～上肢と体幹に着目して～, *トレーニング科学*, 22(3): 205-216, 2010.
- 5) 蔭山雅洋, 岩本峰明, 杉山 敬, 水谷未来, 金久博昭, 前田 明; 大学野球投手における体幹の伸張-短縮サイクル運動および動作が投球速度に与える影響, *体育学研究*, 59: 189-201, 2014.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
連携研究者	田巻 弘之 (Tamaki Hiroyuki) (40253926)	鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授 (17702)	
連携研究者	桐本 光 (Kirimoto Hikari) (40406260)	広島大学・大学院医科学研究科(保)・教授 (15401)	
連携研究者	小森 康加 (Komori Yasuka) (90296773)	京都光華女子大学・健康科学部・教授 (34307)	
連携研究者	與谷 謙吾 (Yotani Kengo) (10581142)	鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授 (17702)	
連携研究者	岩竹 淳 (Iwatake Jun) (10342487)	石川工業高等専門学校・一般教育科・准教授 (53301)	