

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 30 日現在

機関番号：30116

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K17827

研究課題名（和文）回転椅子を用いた投球フォームの指導法の開発

研究課題名（英文）Development of teaching method of pitching foam using rotary chair

研究代表者

阿南 浩司（Anan, Koji）

札幌国際大学・スポーツ人間学部・准教授

研究者番号：00553851

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、回転椅子を用いて投球の骨盤および体幹運動における反動動作および捻転形成を狙いとする即時性トレーニングを行い、介入前後の変化を検討した。具体的な知見は以下の通りである。骨盤および体幹上部の回旋角度および可動域の増大、骨盤および体幹上部の捻転角度の増大、角速度の項目については変化なし、球速については微増。以上から、骨盤および体幹上部の回旋角度および可動域については、本トレーニングによって改善することが示唆された。一方で、角速度および球速の各項目については有意な変化が認められなかった。以上から、球速をより向上させるためにもより中長期のトレーニングの介入が必要であると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で用いた投球における回転椅子トレーニングによって、骨盤および体幹部の反動動作および捻転形成を学習することが可能であることが示唆された。ここでの知見は以下のような応用が期待されると考える。野球をはじめとする投動作を用いる競技、障がい者スポーツおよび体育教育における運動指導場面でのプログラムコンテンツ・用具・教材開発、リハビリテーションおよび幼児・高齢者対象の健康運動分野における運動指導場面でのプログラムコンテンツ・用具・教材開発。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted immediate training using a rotating chair to target reactionary movements and torsion formation in the pelvic and trunk movements of pitching, and examined changes before and after the intervention. The specific findings are as follows. These were: (1) an increase in the rotation angle and range of motion of the pelvis and upper trunk, (2) an increase in the torsion angle of the pelvis and upper trunk, (3) no change in angular velocity, and (4) a slight increase in ball speed. These results suggest that this training improves the rotation angle and range of motion of the pelvis and upper trunk. On the other hand, no significant changes were observed in each item of angular velocity and ball speed. The above results suggest that medium- to long-term training intervention is necessary to further improve ball speed.

研究分野：運動生理学

キーワード：野球 投球動作 体幹 骨盤 運動学習 指導法

1. 研究開始当初の背景

熟練者の投球動作には、反動動作 (countermovement) がみられる。この反動動作は、主動筋が伸張性運動位相で拡張された後、収縮する (Marey and Demeny, 1885; Cavagna et al., 1971; Asmussen and Bonde-Peterson, 1974) 特徴から、伸張-短縮サイクル (Stretch-Shortening-Cycle: SSC) 運動と定義される (Komi, 1986; Komi and Buskirk, 1972; Fukashiro and Komi, 1987; Norman and Komi, 1979)。この SSC 運動は、主に体幹筋で生じている可能性が示唆され (桜井ら, 1990; 宮西・櫻井, 2009)、投球動作開始以後、踏み込み脚が接地する時点 (以後、SFC 時点) 付近で発生すると考えられ、骨盤および体幹部の回旋および捻転運動が複合的に組み合わされた運動として行われている (宮西ら, 1995)。

上述のように、高度に熟練した被験者を対象とした投球動作の先行研究では、関連する骨盤および体幹の運動連鎖および反動動作の複雑な制御について考察されている。しかしながら、学習者に対して、バイオメカニクスの先行研究の知見を提示するだけでは、効率的な投球動作を身につけ、定着させることは困難であると予想される。実際に、一連の投球動作の中で、ストライド足が着地してからボールリリースまでの時間は 0.12-0.15 秒程しかなく (Fleisig et al., 1996; Matsuo et al., 2001; Sakurai et al., 1993)、この一瞬での動作を意識的に修正することは難しいと考えられる。一方で、指導現場では、投球フォームにおける骨盤や体幹部の動作の修正を試みる際に、「ストライド足の着地」、「非投球腕側の骨盤および肩の開き」、「両足の入れ替え動作」などの表現を用いて、最適なタイミングで関連する部位の動作が実施できるように誘導するケースが多い (松尾ら, 2010)。

このように、投球パフォーマンス向上および障害予防の観点からも、骨盤および体幹の回旋運動をより高めることに焦点を当てたトレーニング方法が望まれるが、そのトレーニングの実証を試みたものは少ない。骨盤および体幹上部の運動に焦点を当てるためには、それぞれが隣接する部位の関節運動から受ける影響を軽減することが望ましい。先行研究によれば、投球速度の大きい投手は、ストライド中のみならず着地後のある時期まで、ピボット足に十分な加重を継続しており、また着地後にはストライド足へも十分に加重していたことに加えて、両足ともに体幹支持の役割を担うことを報告している (Elliott et al., 1988; McWilliams et al., 1998; 島田ら, 2000)。そのため、特に、下肢の体幹の支持機能を軽減しながらも、より回旋運動を促進する回旋椅子を用いるトレーニングが有効ではないかと考えるに至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、骨盤および体幹部の運動に焦点を当てた回旋椅子を用いた投球のトレーニングを考案し、そのトレーニングの有効性を検討することである。

3. 研究の方法

課題1：回旋椅子を用いた投球のトレーニングの考案

先行研究の知見を参考に、回旋椅子を用いた投球のトレーニングを考案した。代表的なものは以下の通りである。

・Lin et al. (2021) は、体幹部のセパレーション (本研究における捻転) に関する質的・量的評価について検討し、踏み込み脚着地時に投球方向に対して上脗が閉じていた投手は、開いていた投手と比較して、体幹部のセパレーション角度が大きく、球速が高かったことを報告している。その理由として、骨盤と体幹上部の回旋角度差がより大きくなることで体幹部の「コイルング (coiling)」が生まれ、投球腕へ効率的にエネルギーが伝達される可能性について指摘している。この研究で推奨される適切なセパレーション角度 (この場合の捻転角度) は 25 度以上であったため、骨盤および体幹上部の回旋運動の相対として捻転肢位形成をより高めることができることが重要だと考えた。

・下肢について、踏み込み脚接地 (SFC) 時点からボールリリース (BR) 時点にかけての軸脚 3 関節は、いずれも伸展トルクを発揮し、股関節では内転トルクの発揮が認められ (島田ほか, 2000)、これにより骨盤を回旋させ、捻りを生み出すと考えられている。一方、上肢では、体幹上部の回旋運動と投球腕の肢位や運動の相互作用によって加速期の投球腕の運動が影響を受ける (Feltner 1989; Feltner and Dapena, 1986; 宮西ほか, 1995)、投球腕が投球方向とは反対に大きく回旋する場面で骨盤に対して上脗の回旋が投球方向に大きくなることで投球腕と体幹部の「ラグ (lag)」が増加する (Oyama et al., 2012; Stodden et al., 2005) と指摘している。これらから、骨盤および体幹上部の運動に焦点を当てるためには、それぞれが隣接する関節運動から受ける影響を軽減することが望ましいと考えた。

・さらに、先行研究によれば、投球速度の大きい投手は、ストライド中のみならず着地後のある時期まで、ピボット足に十分な加重を継続しており、また着地後にはストライド足へも十分に加

重していたことに加えて、両足ともに体幹支持の役割を担うことを報告している (Elliott et al., 1988 ; McWilliams et al., 1998 ; 島田ら, 2000)。そのため、特に、下肢の体幹の支持機能を軽減しながらも、より回転運動を促進する回転椅子を用いたトレーニングが有効ではないかと考えるに至った。

・投球運動および回転椅子を用いたトレーニングの遂行にあたり、旧ソ連の陸上競技投擲種目のナショナルコーチ、ボンダルチョクが提唱実践した継起的結合方式を参考にした。この方法は、回転の慣性負荷および鉛直方向の重量負荷を軽減し、理想的なスピード・リズム・タイミングの運動記憶を利用する負荷軽減法での試技後、即座に通常の試技を実施し、機能的な転換を目指すことを狙いとする (Tschiene, 1979)。以上から、即時性効果を狙いとした回転椅子を用いた投球のトレーニング法を考案した。

課題 2 : 考案した回転椅子を用いた投球トレーニングの検証

[被験者]

被験者は 10 年以上の野球クラブへの所属経験を有する右利き 13 名 (22.67 ± 2.08 歳, 171.23 ± 5.67 cm, 68.0 ± 4.77 kg) を対象とした。

[課題]

測定に先立ち、被験者にはストレッチを含むウォーミングアップを十分に行わせた後、投球練習を行わせた。その後、被験者には、立位姿勢あるいは座位姿勢 (回転椅子に着座する) から以下の手順で投球を行わせた。①Before 条件では、被験者は立位姿勢にて全力投球を 10 球行った。②回転椅子トレーニングでは、被験者は回転椅子に着座し、座位姿勢からの最大下努力による投球 30 試技を行った。③After 条件は、①と同様に実施した。

[実験装置および用具]

投球動作を測定するために、9 台の LED カメラからなる三次元動作解析装置を用いた。反射マーカー (直径 25 mm) を身体部位 17 点に取り付けた。

[測定項目]

・角度および角速度：骨盤および体幹上部における回旋角度、骨盤-体幹部捻転角度、骨盤および体幹上部回旋角速度、骨盤および体幹上部回旋角速度の最大値および両最大値の差分を算出した。

・時間差：骨盤-体幹上部捻転角度 0 度時点と各時点[最小値 (Min) 時点、骨盤回旋角度 0 度時点、SFC 時点、体幹上部回旋角度 0 度時点、および最大値 (Max) 時点]における時間差 (ms)、さらに、SFC 時点-骨盤回旋角速度 Max 時点および BR 時点-体幹上部回旋角速度 Max 時点における時間差 (ms)、を算出した。

統計分析について上述のパラメータについて paired-t 検定で検討した(有意水準 5%)。

4 . 研究成果

課題 1 : 回転椅子を用いた投球のトレーニングの考案

先行研究の知見および指導書から、以下のように回転椅子を用いた 3 段階での投球のトレーニングを考案した。これらは、通常の投球を行う Before 条件と After 条件との間に最大下努力で実施し、即時的なトレーニング効果を狙うものである(下図参照)。

・Step1 は、投球方向 (以下左方向、あるいは左)とは反対方向 (以下右方向、あるいは右) の反動動作の形成を狙いとするトレーニングとした。右利きの被験者は、踏み込み脚 (以下、左脚) 挙上後、骨盤の右回旋を最大可動域付近まで行うことを強調し、これらを含む一連の投球を 10 球行う。

・Step2 は、骨盤および体幹の後方捻転肢位の形成を狙いとするトレーニングとした。被験者は、Step1 の動作後、左脚の踏み込み動作を大きくしながら接地動作を行った。さらにその接地動作の際、体幹上部の左回旋を抑制させた状態で骨盤のみを左回旋させることを強調し、これらを含む一連の投球を 10 球行う。

・Step3 は、体幹の後方捻転肢位から前方捻転肢位への捻り戻し動作をより大きくすることを狙いとするトレーニングとした。Step2 までの運動に加えて、左脚の接地動作時の直前直後において、非投球腕側 (左側) の腹部筋 (内腹斜筋および外腹斜筋) の伸張を意識させた後、体幹上部の左回旋動作をより大きくかつ円滑に行うことを強調し、これらを含む一連の投球を 10 球行う。

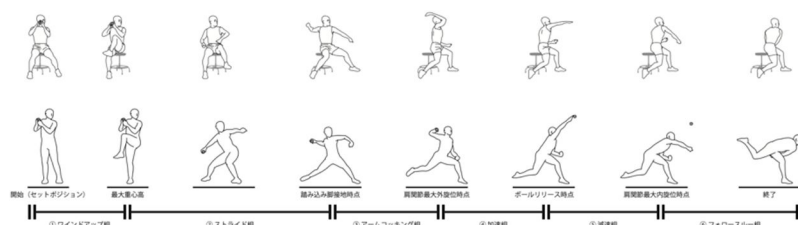


図 1) 通常の投球動作と回転椅子を用いた投球の比較図



図2) 回転椅子を用いた投球トレーニング

課題2：考案した回転椅子を用いた投球トレーニングの検証

各時点における回旋角度の結果は、以下のとおりである。

Min 時点における各部位の結果は、それぞれ、骨盤 (Before: $-31.23 \pm 9.57^\circ$; After: $-38.44 \pm 9.52^\circ$)、体幹上部 (Before: $-28.93 \pm 9.72^\circ$; After: $-36.67 \pm 9.59^\circ$)であった。いずれも両条件間で有意差が認められた (骨盤: $t_{12}=3.63, p < 0.01$, 体幹: $t_{12}=5.60, p < 0.001$)。

SFC 時点における各部位の結果は、骨盤 (Before: $18.54 \pm 11.93^\circ$; After: $19.36 \pm 13.50^\circ$)、体幹上部 (Before: $-17.48 \pm 16.92^\circ$; After: $-23.16 \pm 13.23^\circ$)であった。いずれも両条件間で有意差が認められなかった。

最大後方捻転角度時点における各部位の結果は、骨盤 (Before: $29.38 \pm 12.98^\circ$; After: $27.67 \pm 15.70^\circ$)では有意差が認められなかった一方で、体幹上部 (Before: $-15.72 \pm 12.76^\circ$; After: $-20.20 \pm 15.11^\circ$)では両条件間で有意差が認められた ($t_{12} = 3.35, p < 0.01$)。

BR 時点における各部位の結果は、それぞれ、骨盤 (Before: $92.97 \pm 7.38^\circ$; After: $92.91 \pm 7.56^\circ$)、体幹上部 (Before: $120.72 \pm 9.98^\circ$; After: $123.02 \pm 9.24^\circ$)であり、体幹上部のみ両条件間で有意差が認められた (体幹: $t_{12}=3.01, p < 0.05$)。

各時点における骨盤-体幹上部捻転角度の結果は、それぞれ SFC 時点 (Before: $-36.02 \pm 10.51^\circ$; After: $-42.52 \pm 10.54^\circ$)、最大後方捻転角度時点 (Before: $-45.11 \pm 12.14^\circ$; After: $-48.87 \pm 10.45^\circ$)であり、いずれにおいても両条件間で有意差が認められた (SFC 時点: $t_{12}=5.62, p < 0.001$, 最大後方捻転時点: $t_{12}=2.22, p < 0.05$) (表 1)。

回旋角速度ピーク値について、骨盤 (Before: $524.65 \pm 112.79^\circ/\text{sec}$; After: $526.83 \pm 98.80^\circ/\text{sec}$)、体幹上部 (Before: $1059.04 \pm 160.85^\circ/\text{sec}$; After: $1097.15 \pm 117.39^\circ/\text{sec}$)、両部位の最大値の差 (Before: $534.39 \pm 123.00^\circ/\text{sec}$; After: $570.33 \pm 124.10^\circ/\text{sec}$)であり、いずれにおいても、両条件間で有意差が認められなかった (表 2)。

最小値時点およびボールリリース時点における骨盤および体幹上部の回旋角度では、有意な変化が認められた (表 1)。これらの結果から、本トレーニングによって、骨盤および体幹上部の回旋角度の可動性を高めることができることが示唆された。また、SFC 時点における骨盤・体幹上部の回旋角度ではトレーニング前後では有意な変化が認められなかった一方で、両部位の捻転角度では両時点ともに有意な変化が認められた (表 1)。この結果から、本トレーニングを通じて骨盤および体幹上部の回旋運動の相対として捻転肢位形成をより高めることができたと考えられる。しかしながら、同運動の角速度では有意な結果が認められなかった (表 2)。本結果から、当該部位の回転スピードを向上させること、および骨盤と体幹上部における位相的な高速回転を自動化する水準まで到達すること、を満すには十分なトレーニング期間ではなかったと考えられる。しかしながら、中長期のトレーニングの実施によっては、これらを改善し、投球速度の向上を実現する可能性があるかもしれない。

		Min時点	SFC時点	最大後方捻転角度時点	BR時点					
角度(°)	回旋角度	骨盤	Before: -31.23 ± 9.57 After: -38.44 ± 9.52	**	18.54 ± 11.93 19.36 ± 13.50	N.S.	29.38 ± 12.98 27.67 ± 15.70	N.S.	92.97 ± 7.38 92.91 ± 7.56	**
		体幹上部	Before: -28.93 ± 9.72 After: -36.67 ± 9.59	**	-17.48 ± 16.92 -23.16 ± 13.23	N.S.	-15.72 ± 12.76 -20.20 ± 15.11	**	120.72 ± 9.98 123.02 ± 9.24	*
	捻転角度	骨盤-体幹上部	Before: -- After: --	--	-36.02 ± 10.51 -42.52 ± 10.54	***	-45.11 ± 12.14 -48.87 ± 10.45	*	--	--

表 1) 各時点における骨盤および体幹上部の回旋角度および骨盤・体幹上部の捻

角速度(°/sec)	最大値	骨盤回旋角速度	Before: 524.65 ± 112.79 After: 526.83 ± 98.80	N.S.
		体幹上部回旋角速度	Before: 1059.04 ± 160.85 After: 1097.15 ± 117.39	N.S.
	差	最大値の差	Before: 534.39 ± 123.00 After: 570.33 ± 124.10	N.S.
		(体幹上部-骨盤)		

表 2) 最大値時点における骨盤および体幹上部の回旋角速度および最大値の差。

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------