

投動作パフォーマンスに及ぼす筋形態及び機能的特性

Effects of Muscle structural and functional characteristics on the throwing performance in baseball players.

角田直也*, 田中重陽**, 石塚信之**
青山利春***, 岡田雅次***, 西山一行***

Naoya TSUNODA *, Shigeharu TANAKA **, Nobuyuki ISHIZUKA **
Toshiharu AOYAMA ***, Masaji OKADA *** and Kazuyuki NISHIYAMA ***

1. 野球投手における骨格筋の特異的発達

定への任意による参加の同意を得た。

1. 目的

これまでに長期間における専門的なスポーツ競技トレーニングは、その種目特有の筋形態や機能的特性を生じさせることが報告されている^{1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8)}。そのなかで、野球選手に関する筋形態の特徴についてもいくつか報告されている^{1) 2) 3) 7)}。しかしながら、その多くは上肢に限定したものであり、四肢や体幹に亘って検討した報告は殆どなされていない。そこで、本研究では野球投手と未野球経験者を対象として、上肢、下肢及び体幹の各部位の筋形態をMRI法により測定し、野球投手の筋形態特性について検討することを目的とした。

2. 方法

1) 被験者

被験者は、本大学準硬式野球部投手8名及び野球未経験者群5名の計13名とした。

被験者の身体的特性をTable 1に示した。

なお、被験者には測定内容を十分に説明し、測

2) 筋形態の計測

各被験者とも、MRI法を用いて前腕部、上腕部、背部、側腹部、大腿部及び下腿部の横断画像を撮影した。撮影した位置は前腕部、下腿部は遠位30%、上腕部、背部は遠位60%、側腹部は腰椎4番とその上部1cmとした。大腿部は遠位40%を撮影位置とし、側腹部は2スライス、他の部位は5スライス撮影した。MRI法で撮影した横断画像を伸筋群と屈筋群に分けてトレースして、画像処理解析ソフトimage-hyper Lを用いて筋断面積及び骨断面積をそれぞれ求めた。得られた断面積の中から最大値を個人値として採用した。

また、計測した左右の筋群と骨は次の部位とした。

Table.1 Physical characteristics of subjects.

subject	pitcher	control
Age	20.8±1.2	22.4±1.1
Height (cm)	177.3±5.6	174.2±5.5
Weight (kg)	71.1±6.6	67.3±5.6

* 国士舘大学体育学部身体運動学教室 (Lab. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

** 国士舘大学スポーツ・システム研究科院生 (Graduate school of Sport System, Kokushikan University)

*** 国士舘大学体育学部陸上競技研究室 (Lab. of track and field, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

筋については、前腕部と上腕部及び下腿部が、伸筋群と屈筋群、体幹部が背筋群と側腹筋群、大腿部が大腿四頭筋 (QF) (大腿直筋 (RF)、内側広筋 (VM)、外側広筋 (VL)、中間広筋 (VI)) 及びハムストリングス (HM) とした。

骨では、尺骨 (Ulna)、橈骨 (Radius)、上腕骨 (Humerus)、大腿骨 (Femur)、腓骨 (Fibula) 及び脛骨 (Tibia) であった。

3) 統計処理

各被験者群間の有意差の検定は、t-testを用いて行い、危険率5%未満で有意とした。

3. 結果と論議

1) Table 2 は、上肢の筋断面積を示したものである。野球投手の上肢の筋群では、利き腕の前腕全筋、前腕屈筋、上腕全筋、上腕屈筋に有意な左右差が認められた (P<0.05)。一方、野球未経験者では筋断面積における左右の顕著な差異が見られなかった。

2) Table 3 は、体幹の筋断面積の左右差について示したものである。野球未経験者では筋断面積の左右の顕著な差異が見られないが、野球投手では、体幹の利き腕側の背筋群と非利き腕側の側腹筋群で有意な左右差が認められた (P<0.05)。

3) Table 4 は、下肢の筋断面積を示したものである。下肢では、野球選手の踏み出し脚のVL、VIにそれぞれ有意な差異が認められたが下腿部に

Table.2 Laterality of cross-sectional muscle area for upper limbs in pitcher and control groups. (cm²)

	pitcher		control	
	dominant	nondominant	dominant	nondominant
Forearm				
whole	41.3±3.4*	38.3±3.3	37.8±8.4	36.5± 7.7
Extensor	19.9±3.1	18.9±1.1	18.0±3.7	17.2± 4.0
Flexor	21.4±3.2*	19.4±2.9	19.8±4.9	19.3± 3.8
Upper arm				
whole	46.3±6.7*	43.0±4.4	43.0±10.5	45.7±13.2
Extensor	26.8±5.4	25.2±4.3	26.7± 7.0	29.7± 9.8
Extensor	19.5±2.7*	17.8±3.3	16.3± 3.8	16.1± 3.8

*P<0.05

Table.3 Laterality of cross-sectional muscle area for trunk in pitcher and control groups. (cm²)

	pitcher		control	
	dominant	nondominant	dominant	nondominant
Trunk				
Abdominal oblique group	27.6±4.5*	32.0±4.9	28.1±4.4	27.3±5.0
Dorsi m.				

*P<0.05

Table.4 Laterality of cross-sectional muscle area for lower limbs in pitcher and control groups. (cm²)

	pitcher		control	
	pivot leg	stride leg	pivot leg	stride leg
(Thigh)				
whole	175.0±20.4	180.5±19.5	170.9±30.7	166.6±29.4
QF	76.8± 8.6	81.6±10.3	76.2±15.2	73.9±14.9
RF	7.2± 1.2	7.7± 1.3	9.0± 2.8	8.5± 2.5
VM	16.2± 2.6	16.8± 2.9	17.5± 3.2	16.9± 3.7
VL	30.0± 4.1*	32.0± 5.5	26.5± 3.9	26.2± 4.6
VI	23.9± 2.9*	25.2± 4.0	23.1± 6.2	22.3± 5.2
HM	98.2±12.2	98.9±10.2	94.7±16.6	92.7±16.9
(Calf)				
whole	74.7± 6.3	74.1± 6.3	82.9±17.3	79.5±16.2
Extensor	17.5± 3.4	17.3± 3.5	18.7± 1.7	18.3± 2.1
Flexor	57.2± 5.0	56.8± 5.4	64.2±15.7	61.3±14.2

*P<0.05

おいてはいずれの部位においても有意な左右差は認められなかった。

4) Table 5は骨の断面積を示したものである。野球投手では利き腕の前腕尺骨、利き腕の上腕骨

にそれぞれ有意な差異が認められた ($P < 0.05$)。一方、野球未経験者では全ての部位において有意な左右差が見られなかった。これは、筋収縮によるストレスが骨に伝達されたことによるものと考えられる。

これらの結果から、野球の投球動作の繰返しは、筋や骨の特異的な部分発達を生じさせることが明らかになった。また、このことは特異的に使用する筋群の疲労状態等を考慮したトレーニングプログラム作成の為に基礎的資料を提供しているものと考えられる。

4. 要約

本研究では野球投手と未野球経験者を対象として、上肢、下肢及び体幹の各部位の筋形態をMRI法により測定し、野球投手の筋形態特性について検討することを目的とした。

その結果、次の様なことがあきらかになった。

1) 野球投手群では、上肢、体幹、下肢において筋断面積の左右差が生じる部位が認められたが、野球未経験者群ではいずれの部位とも左右差はみられなかった。

2) 野球投手群の骨断面積は、利き腕の前腕尺骨、利き腕の上腕骨でそれぞれ有意な左右差が認められたが、野球未経験者では全ての部位において顕著な差異が見られなかった。

これらの結果から、野球の投球動作の繰返しは、筋や骨の特異的な部分発達を生じさせることが明らかになった。

引用・参考文献

- 1) 平野裕一. 野球選手の体力的特性. JJ Sport Sci, 6-11: 712-719, 1987.
- 2) 平野裕一, 福永哲夫, 近藤正勝, 角田直也, 池川繁樹. 身体組成および体肢組成から見た野球選手の特異性. JJ. Sport Sci, 8-8: 560-564, 1989.
- 3) 平野裕一. ピッチング動作のバイオメカニクス. 臨床スポーツ医学, 18-1: 19-24, 2001.
- 4) 石田良恵, 金久博昭, 福永哲夫, 中村栄太郎. 日本人一流競技選手の皮下脂肪厚と筋厚. JJ Sport Sci, 11-9: 587-596, 1992.

- 5) 金久博昭, 福永哲夫, 池川繁樹, 角田直也. スポーツ選手の単位断面積当たりの脚伸展力. JJ. Sport Sci, 5-6: 409-414, 1986.
- 6) 金久博昭, 福永哲夫, 池川繁樹, 石田良恵. 陸上競技(短, 中, 長距離), バレーボールおよびスピードスケート選手の筋断面積における性差. JJ Sport Sci, 9: 202-209, 1990.
- 7) 三浦 朗, 友末亮三, 池川繁樹, 平野裕一, 金久博昭, 福永哲夫. ポート・テニス・野球選手の上腕における筋力および組成の左右差. トレーニング科学, 6-2: 95-100, 1994.
- 8) 奥山秀雄, 金久博昭, 角田直也, 池川繁樹, 近藤正勝, 矢田秀昭, 福永哲夫. 各種スポーツ選手の筋力における伸筋群と屈筋群の比較. 体力科学, 35: 423, 1986.

II. 投動作速度と投能力の関係

1. 目的

ヒトの身体活動は、「走、跳、投」の基本動作によって構成されている。スポーツ活動における投動作様式は、物体の形状や目的によって異なる。これまで、野球の投動作に関する研究は多く行われてきた。投球速度を高める要因についての研究は、下肢や体幹の筋力に関するものや、上肢の運動をバイオメカニクスの観点から検討したものが比較的多くなされている^{1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9)}。

その研究のなかでも、身体各部の動作速度を測定し、投能力との関係についての報告は極めて少なく^{3) 5) 9)}ほとんど明らかにされていない。そこで本研究では、野球選手と野球未経験者の各動作速度を測定し、投球速度との関係について検討することを目的とした。

2. 方法

1) 被験者

被験者は健康な男性84名とした。これらの被験者を、定期的に野球の技術トレーニングを実施している野球選手群46名 (BG, 競技年数: 10.5 ± 2.4年) と、野球未経験者群38名 (CG) に分類した。被験者の身体的特性をTable 5に示した。

なお、被験者には測定内容を十分に説明し、研

究への任意による参加の同意を得た。

2) 投球速度の計測

硬式野球ボール (180g) による投球速度の計測距離は5mとし、Radar Gun (ミズノ社製) を用いて最高速度を計測した。各被験者には、十分なウォーミングアップの後、全力で投げるよう指示した。各被験者とも5球の計測値が得られるまで実施させ、得られた最高速度のうち最大値を秒速に換算し個人値として採用した。

3) 各動作速度の測定

動作速度の測定はSpeed Meter (VINE社製) を用いて実施した。Speed Meterは、先行研究^{9) 4) 10)}で報告されている様に、各競技特有の動作でワイヤーを引き、多間接的な運動の動作速度を測定するものである。ボールリリース位置にSpeed Meterを設置し、ワイヤー先端部に接続した硬式野球ボールと指をバンドによって固定した。Speed Meterにかかる負荷抵抗値は約180g (計測したボールの重量) とした。また、各動作では、特別に作成した固定椅子と固定用ギブスを用いて他の部位の関与を最小限にした。全被験者とも1

～2分間の休息をはさんで2回～3回実施させ、高い値を個人値として採用した。

各動作速度は以下の5動作とした。

- ① 全身動作：各被験者に、野球で投手が用いるウィンドアップ動作から全身を使用した上手投げ動作を全力で行なわせた。
- ② 幹動作：各被験者を固定椅子に座らせ、下肢の運動を制限するためにベルトで固定し、体幹の捻り動作を加えた上半身による動作を全力で行なわせた。
- ③ 肩動作：各被験者を固定椅子に座らせ、下肢の運動を制限するためにベルトで固定し、上肢による動作を全力で行なわせた。
- ④ 肘動作：各被験者を固定椅子に座らせ、下肢及び体幹の運動を制限するためにベルトで固定した。さらに、ギブスを用いて肩関節の運動を制限させ、固定椅子に取り付けたアタッチ部分に上腕部を固定し、肘から先の動作を全力で行なわせた。
- ⑤ 手首動作：各被験者を固定椅子に座らせ、下肢及び体幹の運動を制限するためにベルトで固定した。さらに、ギブスを用いて肩及び肘関節の運動を制限させ、固定椅子に取り付けたアタッチ部分に前腕部を固定し、手首を背屈した状態から掌屈のみの動作を全力で行なわせた。

Table.5 Physical characteristics of subjects.

G	n	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)
Baseball	46	19.0±1.6	173.6±6.1	68.7±8.5
Control	38	19.4±2.8	173.2±6.4	64.5±8.4

Values are Mean±SD

Table.6 Comparison of pitched ball and throwing velocities of partial joint movement in groups.

G	Baseball	Control
Ball velocity (m/s)	33.0±1.9*	26.3±3.1
Throwing velocities of partial joint movement (m/s)	Whole	18.1±2.4
	Trunk	12.4±1.6
	Shoulder	10.2±1.2
	Elbow	7.2±1.0
	Wrist	4.5±0.7

Values are Mean±SD *P<0.05

4) 統計処理

各測定項目とも、BGとCG間の差を student t-testを用いて検定した。また、投球速度と動作速度との間の相関関係を単純相関によって求めた。それぞれ危険率5%未満を有意とした。

3. 結果と論議

Table 6は、BGとCGの投球速度及び各動作速度を平均値と標準偏差で比較したものである。

投球速度は、BGが33.0m/sで、CGが26.3m/sの速度であり、BG

がCGより有意に高い値を示した。この結果は、定期的に実施されているトレーニングの効果によるものであろうことが推察された。

各動作速度は、BGで全身動作 (20.6m/s) が最も高く、次いで体幹動作 (13.4m/s)、肩動作 (10.3m/s)、肘動作 (7.1m/s) の順に高い値を示し、手首動作速度 (5.0m/s) が最も低い値を示した。CGについても全身動作 (18.1m/s)、体幹動作 (12.4m/s)、肩動作 (10.2m/s)、肘動作 (7.2m/s)、手首動作 (4.5m/s) の順に高い値を示す傾向がみられた。また、両群とも手首動作、肘動作、肩動作、体幹動作及び全身動作の順に標準偏差が高くなる傾向を示した。これらの傾向は、

投球動作に関与する関節量に伴い速度増大に影響を及ぼしたものと推察され、参加部位が多くなるにつれ速度が増大する傾向がみられるという指⁹⁾からも示唆される。動作速度における群間の顕著な差異は、全身、体幹及び手首動作でそれぞれ認められた。一方、肩及び肘動作については両群間に有意な差異は認められなかった。

Fig.1は、全身動作速度と投球速度の関係について全被験者でプロットしたものである。両者の間には、有意な相関関係が認められた ($r=0.573$, $p<0.05$)。また、群別に全身動作速度と投球速度の関係についてFig.2に示した。BGについては、両者の間に有意な相関関係が認められた ($r=0.61$, $p<0.05$)。一方、CGについては一様な関係は認められなかった。このことは、先行研究¹⁰⁾の結果と同様であり、BGについては全身動作速度に応じた投球速度が得られたためと考えられる。これらの結果から、全身動作速度は投球速度を反映するものであり、特に、野球選手については全身動作速度が投球速度に及ぼす影響が大きいことが推察された。

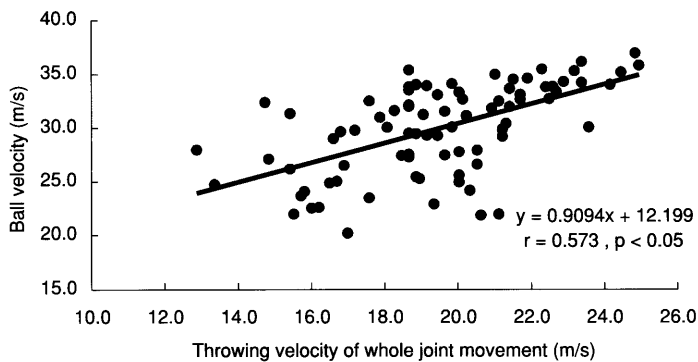


Fig.1 Relationship between ball and throwing movement velocities in all subjects.

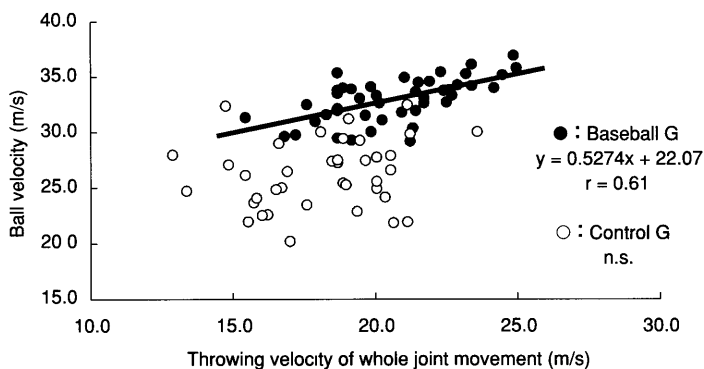


Fig.2 Relationship between ball and throwing movement velocities in both groups.

4. 要約

本研究では、投球速度及びその動作での各動作速度を測定し、野球選手と野球未経験者を比較するとともに、投球速度と各関節の動作速度との関係について検討した。

その結果、次の様なことが明らかになった。

- 1) 投球速度はBGで33.0m/s、CGで26.3m/sを示し、両群の間に顕著な差異が認められた。
- 2) 各動作速度は、肘動作以外

でBGがCGより高い値を示し、全身、体幹及び手首動作についてはBGがCGより著しく高い値を示した。

3) 全身動作速度は投球速度を反映するものであり、特に、野球選手については全身動作速度が投球速度に及ぼす影響が大きい。

本研究は、国士舘大学体育学部附属体育学研究所の2002年度研究助成によって実施した。

引用・参考文献

- 1) Halverson L.E, Robertson M.A. (1982) Development of the over arm throw: Movement and ball velocity changes by seventh grade: Research Quarterly for Exercise and Sport 53(3) 198-205
- 2) 石田和之、平野裕一 (1996) 投球スピードを高める: Jpn.J.Sports Sci. 15(5) 297-300
- 3) 松本稔、山西哲郎、桜井隆志、神山雄一郎、巧力靖雄 (1996) 高校野球選手の投動作における身体各部の貢献度: 群馬県保健体育学研究 14 13-21
- 4) Matsuo T., Escamilla R.F., Fleisig G.S., Barrentine S.W., Andrews J. R.(2001) Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups: Journal of applied biomechanics 17 1-13
- 5) 宮崎光次 (1991) ボールスピードに及ぼす身体各部の影響について: 桜美林論集 18 55-68
- 6) 桜井伸二 (1997) オーバーハンド投球動作のバイオメカニクス: バイオメカニクス研究 1(3) 287-306
- 7) 島田一志、阿江通良、藤井範久、結城匡啓、川村卓 (2000) 野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関するバイオメカニクスの研究: バイオメカニクス研究 4(1) 47-60
- 8) 高橋圭三、阿江通良、藤井範久、島田一志、尾崎哲郎 (2000) 野球のピッチングにおける手および指の動きとボール速度増加の関係: バイオメカニクス研究 4(2) 116-124
- 9) 田中重陽、石塚信之、須賀義隆、宮崎光次、池川繁樹、角田直也 (2002) 野球選手における腕振り動作速度と投球速度の関係: 東京体育学研究2002年度報告 47-51