

投球速度と筋力および筋量の関係

The relationship between ball velocity and muscle strength and muscle volume of baseball pitchers

勝亦陽一^{*}, 長谷川伸^{**}, 川上泰雄^{***}, 福永哲夫^{***}
Yoichi Katsumata^{*}, Shin Hasegawa^{**}, Yasuo Kawakami^{***}, Tetsuo Fukunaga^{***}

^{*}早稲田大学大学院人間科学研究科

^{**}早稲田大学イノベーションデザイン研究所

^{***}早稲田大学スポーツ科学学術院

^{*}Graduate School of Human Sciences, Waseda University

^{**}Waseda University Institute for Innovation Design

^{***}Faculty of Sport Sciences, Waseda University

キーワード: 野球, 投球速度, 筋力, 筋量, 投手

Key words: Baseball, ball velocity, muscle Strength, Body Composition, Pitcher

抄 録

本研究は、投球速度と等尺性力発揮における上肢・下肢の筋力及び筋量の関係について検討を行うことを目的とした。被検者は、健康な大学野球投手25名であった。投球速度の測定には、スピードガンを用いた。筋力測定項目は、肘関節屈曲・伸展トルク、膝関節伸展・屈曲トルク、肩関節外旋・内旋トルク、握力であった。体脂肪量、除脂肪体重及び筋量の測定には、生体電気インピーダンス方式の筋量測定装置を使用した。

投球速度と統計的に有意な正の相関関係が認められた項目は、除脂肪体重及び筋量(全身の筋量、利き腕上腕、大腿)、上肢の関節トルク(肘関節屈曲・伸展、肩関節外旋・内旋)、下肢の関節トルク(非投球腕側の膝関節伸展)であった。これらのことから、本研究で対象とした投球技術の高い被検者において、除脂肪体重及び筋量は、投球の速度を決定する要因の一つと考えられた。また、上腕、肩関節、大腿など近位部の筋力及び筋量を向上させることによって、投球速度を改善できる可能性が示唆された。これらは、投球速度を高めるためのトレーニング方法の確立及び速いボールを投げる者がどういった身体形態を有しているかを知る上で重要な知見と考えられる。

スポーツ科学研究, 3, 1-7, 2006年, 受付日:2005年12月6日, 受理日:2006年2月10日

連絡先:勝亦陽一 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15 早稲田大学大学院人間科学研究科

Tel/Fax: 04-2947-6930, E-Mail: kats.yo1@fuji.waseda.jp

I. 緒言

これまで野球選手を対象として筋力と投球速度の関係についていくつかの検討が行われている。Pedegana et al(1982)は、肘関節の伸展及び手関節の屈曲筋力、Bartlett et al (1989) は、肩の内転筋力が投球速度と相関関係があることを報告している。また、100球程度の投球を行うことによって上肢の筋力が低下するという報告 (Mullaney et al, 2005) もあることから、上肢の筋力は、投球への貢献度が高いことが考えられる。一方、Toyoshima et al (1974) は、動作を制限させた状態で投球させた結果、下肢の投球への貢献度は50%程度と非常に高いことを報告している。しかしながら、下肢の筋力と投球速度の関係について野球の投手を対象に検討した研究は見当たらない。

筋量や除脂肪体重が多いことは、大きな力発揮を伴う動作を行う際に重要である (Wilmore and Haskell, 1972)。例えば、スプリンターにおいて除脂肪体重が多いほど100mのタイムが速いという報告 (杉田ら, 1994) がある。同様に、野球の投球は、大きな力発揮によって行われるため、除脂肪体重及び筋量が多いことは、速いボールを投げるために重要な要素と考えられる。しかし、角田ら (2002) は、大学野球選手を対象とし投球速度と除脂肪体重に有意な相関関係がないことを報告している。一方、ハンドボール投げにおいて除脂肪体重と投球速度に有意な相関関係があるという報告 (Roland and Ettema, 2004) がある。また、野球選手を対象に投球速度と除脂肪体重の関係について検討した研究は角田ら (2002) のみであることから、これらについて再検討の必要があると思われる。さらに、各筋量及び筋量比率と投球速度の関係について検討した研究は今のところ見当たらない。

このように、上肢の筋力及び除脂肪体重と投球速度の関係については検討されているものの、そのことについて検討した例は少ない。また、下肢の筋力や各筋量及び筋量比率と投球速度の関係に関して検討されていない。これらの関係を検討することは、投

球速度を高めるためのトレーニング方法の確立及び速いボールを投げる者がどういった身体形態を有しているかを知る上で重要である。そこで本研究は、投手歴が6年以上である大学野球投手を対象とし、上肢及び下肢の筋力、筋量及び筋量比率と投球速度の関係について検討を行うことを目的とした。

II. 方法

1. 被検者

被検者は、健康な大学野球投手25名であった。被検者の身体特性を表1に示した。実験に先立ち、被検者に対して本研究の目的及び実験への参加に伴う危険性についての十分な説明を行い、実験参加の同意を得た。

表1 被検者の身体特性

	Mean	±	SD
年齢(歳)	19.8	±	1.2
身長(cm)	175.9	±	5.9
体重(kg)	73.2	±	6.6

2. 投球速度の測定

被検者には十分なウォーミングアップを行わせた後、セットポジションの姿勢から18m先にいる捕手に向かって全力での投球を行わせた。使用したボールは、硬式野球の公認球 (145g) であった。投球速度の測定には、ドップラー方式のスピードガン(PSX-2, Decatur社製)を用いた。スピードガンの設置場所は、測定誤差の少ない捕手の真後ろ (宮西ら, 2000) とし、照準を被検者のボールリリース位置に向けて測定を行った。

投球数は5球とし、速度の速かった3球の平均値を個人の投球速度とした。投球間の休息は被検者に任せた。

3. 筋力測定

筋力測定の項目は、肘関節屈曲(EF)・伸展(EE)トルク、膝関節伸展(KE)・屈曲(KF)トルク、肩関節

外旋(SE)・内旋(SI)トルク, 握力の7項目であった。関節トルク及び握力の測定は, すべて最大随意収縮による等尺性力発揮で行った。力発揮を行う時間は約3秒とした。測定は, 利き腕 (Dominant, D), 非利き腕 (No Dominant, ND), Stride Leg (右投手の左脚, SL), Pivot Leg (右投手の右脚, PL) とともに2回ずつ行った。1回目と2回目の値が5%以上異なる場合は3回目の測定を行ない, 1~3回の値で最も高い値を採用した。

肘関節トルクの測定は, 被検者を肘関節角度90度 (完全伸展位を0度), 前腕を中間位で固定し力発揮を行わせた。測定には, 肘屈伸トルクメーター (VTE-002R/L, VINE社製) を使用した。

膝関節トルクの測定は, 被検者を股・膝関節をそれぞれ90度 (膝関節:完全伸展位を0度, 股関節:立位を0度) に固定し力発揮を行わせた。測定には, CON-TREX (Multi Joint, CMV AG社製) を使用した。

肩関節トルクの測定は, 被検者を, 座位, 肩関節90度外転, 肘関節90度に固定し, 力発揮を行わせた。測定には, CYBEX300 (CYBEX International社製) を用いた。

関節トルクの値は, AD変換機 (Power Lab16ch, ADInstruments社製) を通じてデジタル化し, サンプルリング周波数100Hzでパーソナルコンピューターに取り込んだ。

握力の測定は, 被検者を立位にし, 腕を下垂位で肘関節伸展させた状態で力発揮を行わせた。測定には, デジタル握力測定器 (YDM-110D, Yamagami社製) を用いた。

4. 形態計測

形態計測として, 身長, 体重, 体肢長, 体脂肪量, 除脂肪体重, 筋量 (四肢の筋量) の測定を行なった。体肢長の測定は, 上腕長, 前腕長, 大腿長, 下腿長とし, すべて左右の長さを計測した。測定には, スチール製のメジャーを用いた。各測定点に, 油性ペンで印をつけ, 測定点間の距離を 0.5cm 単位で

計測した。除脂肪体重及び筋量の測定に関しては, 単周波生体電気インピーダンス (BI) 方式の筋量測定装置 (Muscle- α , 50kHz, 500 μ A: 株式会社アートへブンナイン社製) を使用した。誘導電極方式は, 仰臥位4肢誘導12電極法を用いた。四肢のセグメント毎の筋量を推定する方法は, MRI法を校正基準としたアルゴリズム (9セグメントのBI値からセグメント毎の筋量を算出する式) を用いた。BI法を用い四肢の筋量を推定する方法に関しては, Miyatani et al (2001) によって妥当性が確認されている。測定は, 被検者を仰臥位で安静状態にさせ, 10分以上経過してから行った。

5. 統計処理

投球速度と筋力及び筋量との関係については, ピアソンの相関関係を用いた。危険率5%未満をもって統計的に有意とした。

Ⅲ. 結果

投球速度及び各被検者の5球の変動係数 (標準偏差/平均値 \times 100) について表2に示した。変動係数の平均値は1.34%, 最大値は3.47%, 最小値は0.49%であった。

表2 被検者の投球速度および変動係数

	Mean	Max	Min
投球速度 (m/s)	33.4	37.6	30.1
変動係数 (%)	1.34	3.47	0.49

表3 に身体形態および筋量比率について示した。投球速度と身体形態及び筋量比率の関係について表4 に示した。投球速度と統計的に有意な正の相関関係が認められた項目は, 体重($r=0.509$, $p<0.05$), 除脂肪体重 ($r=0.483$, $p<0.05$), 筋量 ($r=0.513$, $p<0.05$), 上腕D筋量 ($r=0.407$, $p<0.05$), 大腿筋量 (PL: $r=0.555$, SL: $r=0.504$, $p<0.05$) であった。また, Dの上腕/前腕筋量比及びSL, PLの大腿/下腿筋量比と投球速度の間に統計的に有意な相関関係(上

腕/前腕D:r=0.426, 大腿/下腿PL:r=0.461, SL:r=0.485, p<0.05)が認められた. 一方, 投球速度と身

長, 前腕及び下腿の筋量との間に統計的に有意な相関関係はみられなかった.

表3 筋形態および筋量の値

		Mean	±	SD
除脂肪体重 (kg)		61.8	±	4.0
筋肉量 (kg)		29.7	±	3.9
上腕筋量 (kg)	D	0.85	±	0.13
	ND	0.79	±	0.11
前腕筋量 (kg)	D	0.62	±	0.06
	ND	0.60	±	0.07
大腿筋量 (kg)	PL	4.66	±	0.84
	SL	4.57	±	0.68
下腿筋量 (kg)	PL	1.77	±	0.30
	SL	1.84	±	0.33
上腕/前腕 ^a (kg)	D	1.37	±	0.19
	ND	1.32	±	0.19
大腿/下腿 ^a (kg)	PL	2.68	±	0.66
	SL	2.53	±	0.46

* 筋量比率

表4 投球速度と体格および筋形態との関係

		相関係数	P値
身長		0.369	N.S
体重		0.509	*
体脂肪量		0.546	*
除脂肪体重		0.483	*
筋肉量		0.513	*
上腕筋量	D	0.407	*
	ND	0.255	N.S
前腕筋量	D	0.036	N.S
	ND	0.207	N.S
大腿筋量	PL	0.555	*
	SL	0.504	*
下腿筋量	PL	0.004	N.S
	SL	-0.036	N.S
上腕/前腕 ^a	D	0.426	*
	ND	0.102	N.S
大腿/下腿 ^a	PL	0.461	*
	SL	0.485	*

* p<0.05

* 筋量比率

表5 に上肢及び下肢の筋力について示した. 投球速度と筋力の関係を 表6 に示した. 投球速度と統計的に有意な正の相関関係がみられた項目は, SL膝関節伸展トルク(r=0.586, p<0.05), 肘関節屈曲トルク(D:r=0.431, ND:r=0.456, p<0.05), 肘関節伸展トルク(D:r=0.540, ND:r=0.436, p<0.05), 肩関節

外旋トルク(D:r=0.629, ND:r=0.581, p<0.05), 肩関節内旋トルク(D:r=0.428, p<0.05, ND:r=0.579, p<0.05)であった. 一方, 膝関節屈曲トルク及び握力と投球速度との間に統計的に有意な相関関係は示されなかった.

表5 関節トルクおよび筋力の値

		Mean	±	SD
KE (Nm)	SL	230.0	±	58.0
	PL	226.5	±	67.1
KF (Nm)	SL	103.1	±	33.3
	PL	115.8	±	32.2
EE (Nm)	D	53.7	±	10.2
	ND	52.7	±	9.6
EF (Nm)	D	69.2	±	12.3
	ND	68.9	±	11.1
SE (Nm)	D	41.4	±	13.0
	ND	43.1	±	9.0
SI (Nm)	D	37.1	±	12.4
	ND	37.7	±	10.6
握力 (kg)	D	55.1	±	8.7
	ND	53.7	±	7.6

表6 投球速度と関節トルクおよび筋力との関係

		相関係数	P値
KE	SL	0.586	*
	PL	0.369	N.S
KF	SL	0.272	N.S
	PL	0.339	N.S
EE	D	0.436	*
	ND	0.540	*
EF	D	0.454	*
	ND	0.439	*
SE	D	0.629	*
	ND	0.581	*
SI	D	0.428	*
	ND	0.579	*
握力	D	0.293	N.S
	ND	0.367	N.S

* p<0.05

IV. 考察

本研究において、投球速度と除脂肪体重及び筋量との間に有意な正の相関関係が認められた。一方、角田ら(2002)は、大学野球選手において投球速度と除脂肪体重の間は統計的に有意な相関関係が示されなかったことを報告している。結果が異なったことは、対象とした被検者にあることが考えられる。本研究では投球速度と筋力及び筋量の関係を詳細に検討するため、技術レベルが類似していると考えられる投手経験が6年以上の大学野球投手を被検者とした。一方、角田ら(2002)の被検者は、投手のみではなく、野手も含んでいた。野手は、投球以外にも打撃や守備の練習を多く行なっているため、それが筋量に反映したことによって投球速度との関係がみられなかったことが予想される。さらに力学的観点から、桜井(1991)は、投球速度はボールに与えられた仕事量によって決定すること、また、ボールに与える仕事量を増加させる方法の一つとして、参加させる筋肉の量を増加させることが重要であると推察している。本研

究の結果、対象とした技術レベルの高い被検者において、除脂肪体重及び筋量は、投球の速度を決定する要因の一つであることが示された。しかしながら、投手と野手は、身体特性及び筋力に差異があるという報告(Eugene, 1982)はあるものの、投球速度と筋量の関係における投手と野手の差異について検討した研究は行われておらず、その点に関してより詳細な検討が必要であろう。

肘関節の屈曲・伸展トルク及び肩関節の外旋・内旋トルクは、投球速度と有意な正の相関関係が認められた。また、上腕Dの筋量及び上腕/前腕筋量比率は、投球速度と有意な正の相関関係が認められた。一方、前腕の筋量および握力には有意な関係は見られなかった。先行研究において、肘関節の伸展筋力(Pedegana et al, 1982)、肩の内旋筋力(Pawlowski and Perrin, 1989)は、投球速度と有意な相関関係があると報告されている。さらに、島田ら(2004)は、投球動作の分析結果から、野球の投球動作中のボールへの力学的エネルギーの伝達は、主として肩関節

内旋及び肘関節伸展によって生じた関節力によるところが大きいことを報告している。これらのこと、および本研究の結果より、上腕の筋量、筋力及び肩関節の筋力など近位部の筋力及び筋量を向上させることによって、投球速度を改善できる可能性が示唆される。

本研究において、膝関節SLの伸展トルク及びSL大腿の筋量は、投球速度と正の相関関係が認められた。さらに、Matsuo et al(2001)は、投球時にSLが地面に接地してからリリースまでの間、投球速度の速い投手の大半は、ボール速度の遅い投手と比較し、膝関節の伸展角速度が高いことを報告している。また、Murray et al(2001)は、投球を継続して行うことによる疲労の影響でボールリリース時のSL膝関節角度がより屈曲位になることを報告している。これらのことは、投球時にSL脚接地からボールリリースまでの間、膝関節を伸展させるためにSL膝関節伸展筋群が重要な役割を果たしていることを示唆する。

投球速度と筋量、肘関節伸展・屈曲、肩関節内旋・外旋筋力およびSL膝関節伸展筋力の間に関連関係が認められたことは、投球速度を速くするためのトレーニングを考える上で重要な資料と考えられる。特に、下肢筋力と投球速度の間に有意な相関関係が得られたことは、指導の現場でよく言われている下肢筋力の重要性を実証するものであった。しかしながら、これまで下肢の筋力と投球速度の関係については検討されていないこと、本研究は単関節による力発揮と投球速度との関係を検討したが、投球動作中に下肢は多関節動作を行っていることを考慮すると、今後は多関節動作や投球動作に類似した動作での力発揮と投球速度の関係について検討を行うことが必要であろう。また、本研究において遠位に対する近位の筋量が多い者ほど投球速度が速かったことは、筋量が多いことや筋力が強いことだけでなく、筋量の分布も重要であることを意味しており、個人の身体特性を考慮したトレーニング種目の選択が必要であることを示唆する。

V. まとめ

本研究は、投球速度と上肢、下肢の筋力及び筋量、筋量比率の関係について検討した結果、以下の知見が得られた。

- 本研究で対象とした投球技術の高い被検者において、除脂肪体重及び筋量は、投球の速度を決定する要因の一つと考えられた。
- 上腕及び肩関節など近位部の筋力及び筋量を向上させることによって、投球速度を改善できる可能性が示唆された。
- 大腿筋量及びSL膝関節伸展筋力は、投球速度と有意な相関関係が認められた。このことは、投球動作において下肢筋力が重要な役割を果たしていることを示唆するものである。

これらは、投球速度を高めるためのトレーニング方法の確立及び速いボールを投げる者がどういった身体形態を有しているかを知る上で重要な知見と考えられる。

参考文献

- Bartlett LR, Storey MD, Simons BD (1989) Measurement of upper extremity torque production and its relationship to throwing speed in the competitive athlete. *Am J Sports Med.* 17(1):89-91.
- Eugene Coleman A (1982) Physiological Characteristics of Major League Baseball Players. *Physician sports medicine.* 10.5:51-57
- Matsuo T, Rafael F, Escamilla, Glenn S, Fleisig, Steven W, Barrentine, and James R Andrews (2001) Comparison of kinematic and Temporal Parameters Between Different Pitch Velocity Group. *Journal of applied biomechanics:*1-13.
- Miyatani M, Kanehisa H, Masuo Y, Ito M, Fukunaga T (2001) Validity of estimating limb muscle volume by bioelectrical impedance. *J.*

- Appl Physiol. 91:386-94
- 宮西智久, 向井正剛, 川口鉄二, 関岡康雄 (2000) スピードガンと画像計測によるボールスピードの比較. 仙台大学紀要. 31:72-77.
 - Mullaney MJ, McHugh MP, Donofrio TM, Nicholas SJ (2005) Upper and lower extremity muscle fatigue after a baseball pitching performance. Am J Sports Med. 33(1):108-13
 - Murray TA, Cook TD, Werner SL, Schlegel TF, Hawkins RJ (2001) The effects of extended play on professional baseball pitchers. Am J Sports Med. 29(2):137-42
 - Pawlowski D, Perrin DH (1989) Relationship between shoulder and elbow isokinetic peak torque, torque acceleration energy, average power, and total work and throwing velocity in intercollegiate pitchers. Athletic Training. 24:129-132
 - Pedegana LR, Elsner RC, Roberts D, Lang J, Farewell V (1982) The relationship of upper extremity strength to throwing speed. Am J Sports Med. 10(6):352-4
 - 桜井伸二, 高槻先歩 (1992) 投げる科学. 大修館書店. 60-87
 - 島田一志, 阿江通良, 藤井範久, 川村卓, 高橋佳三 (2004) 野球のピッチングにおける力学的エネルギーの流れ. Jpn J Biomechanics Sports Exercise. 8(1):12-26
 - 杉田正明, 阿部 孝, 八田秀雄, 川上泰雄, 小林寛道 (1994) 一流女子選手の体力特性とパフォーマンス. 東京大学教養学部体育学紀要. 28:37-44
 - Toyoshima S, Hoshikawa T, Miyashita M, Oguri T (1974) Contribution of the body parts to throwing performance. Biomechanics IV:169-174
 - 角田直也, 青山利春, 岡田雅次, 西山一行, 田中重陽, 熊川大介 (2002) 筋形態の発育が競技パフォーマンスの向上に及ぼす影響. 国士舘大学体育研究所報. 22:79-85
 - van den Tillaar, Gertjan Ettema (2004) Effect of body size and gender in over throwing performance. Eur J Appl Physiol. Apr;91(4):413-8
 - Wilmore JH and Haskell WL (1972) Body composition and endurance capacity of professional football players. J Appl Physiol. 33(5):564-7