

大学野球選手にみられる筋量および筋量分布の特徴が 投球スピードに与える影響

Is throwing speed effected by volume and volume distribution of skeletal muscle in collegiate baseball players?

勝亦陽一¹⁾, 高井洋平¹⁾, 太田めぐみ²⁾, 佐久間淳¹⁾, 川上泰雄²⁾, 福永哲夫²⁾

Yoichi Katsumata¹⁾, Yohei Takai¹⁾, Megumi Ohta²⁾, Jun Sakuma¹⁾, Yasuo Kawakami²⁾, Tetsuo Fukunaga²⁾

¹⁾ 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

¹⁾ Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

²⁾ 早稲田大学スポーツ科学学術院

²⁾ Faculty of Sport Sciences, Waseda University

キーワード: 野球, 投球スピード, 筋量, 筋量分布

Key Words: Baseball, ball speed, muscle volume, muscle volume distribution

抄録

本研究は、筋量および筋量の分布における野球選手の特徴を明らかにし、その特徴が投球スピードに与える影響を検討することを目的とした。対象は、大学野球選手 20 名 (BB 群) と野球を競技として行なったことのない一般成人男性 15 名 (CON 群) とした。上腕前・後部, 前腕部, 大腿前・後部, 下腿前・後部および腹・背部の筋厚を超音波法により計測した。先行研究の推定式を用い、除脂肪体重 (LBM), 各筋量を推定した。また、スピードガンを用い、投球スピードを測定した。

BB 群は CON 群よりも腹・背部, 大腿後部および上腕前・後部の筋量において有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した。LBM あたりの各筋量および筋量比についても BB 群と CON 群とでは多くの部位で有意な差異がみられ, BB 群では特に大腿後部の相対的な筋肥大が顕著であった。また, BB 群において腹・背部および大腿前・後部と投球スピードとの間に有意な正の相関関係が存在した。しかし, 投球スピードと LBM あたりの筋量および筋量比との間に有意な相関関係はみられなかった。本研究で明らかとなった大学野球選手の筋量および筋量分布の特徴は, 野球の競技特性, 特に投動作を反映したものと推察された。また, 野球選手が一般成人よりも筋肥大している大腿前・後部および腹・背部の絶対的な筋量が大学野球選手の投球スピードに影響を与えている可能性が示唆された。

スポーツ科学研究, 4, 75-84, 2007 年, 受付日: 2007 年 4 月 5 日, 受理日: 2007 年 10 月 6 日

連絡先: 勝亦陽一, 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15 kats.yo1@fuji.waseda.jp

I. 目的

特定の競技スポーツを長期間実施しているスポーツ選手は、その種目の特徴を反映した筋形態を有する(Spenst et al., 1993; Musaiger et al., 1994). 筋形態の特徴は、例えば長期間のトレーニングの影響や競技特性を表していると考えられる。これまで野球選手の筋形態の特徴については、いくつかの研究で検討されている。例えば、平野ら(1989)はプロ野球選手および一般男子大学生を対象に筋断面積の差異および各肢断面積に占める筋断面積比率の差異を検討している。しかしながら、それらの研究は主に四肢の断面積に着目したものであり、体幹部または除脂肪体重に対する各筋量の割合および筋量の比率といった筋量の分布について検討した例はこれまでのところ存在しない。筋量の分布は、特定部位の相対的に優位な筋肥大を示すものであり、その特徴を把握することはトレーニング方法開発やタレント発掘のための重要な資料となりうる。

一方、競技選手の筋形態の特徴が、競技成績を向上させるためのトレーニングの影響であるならば、その特徴と競技成績との間に関連があることが予想される。野球競技において速いボールを投げることは非常に重要な能力の1つであり、野球選手を対象に除脂肪体重や筋量を計測し、投球スピードとの関係を検討した例は

いくつか存在する(角田ら, 2002; 勝亦ら, 2006a)。しかしながら、それらの研究は屈曲・伸展筋群を含めた筋量を計測しているため、各筋の機能的役割と投球スピードとの関連を検討するに至っていない。また、野球選手の各筋量および筋量分布の特徴と投球スピードとの間に関連がみられるかについては不明な点が多い。

そこで、本研究は、筋量および筋量の分布における野球選手の特徴を明らかにし、その特徴が投球スピードに与える影響について検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被検者

大学野球投手 8 名および現在は投手ではないが高校生の時に投手であった野手 12 名の計 20 名(BB 群)と野球を競技として行なったことのない一般成人男性 15 名(CON 群)を対象とした。被検者の身体特性を表 1 に示した。本研究は、早稲田大学スポーツ科学学術院研究倫理委員会の承認を得て実施した。実験に先立ち、被検者に対して本研究の目的およ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

	BB群(N=20)		CON群(N=15)		p値
	MEAN	(SD)	MEAN	(SD)	
暦年齢 ^a	19.7	(0.6)	20.2	(1.0)	
身長 ^b	173.9	(4.4)	173.9	(5.8)	
体重 ^c	72.9	(5.6)	66.6	(5.8)	※ 0.003

BB群: 大学野球選手, CON群: 一般成人男性

※: 群間に統計的に有意な差(p<0.05)

a: 歳, b: cm, c: kg

2. 投球スピードの測定

被検者には十分なウォーミングアップを行わせた後、平地においてセットポジションから 18m 先のネットに向かって全力で投球を行わせた。使用したボールは、硬式野球の公認球 (145g) であった。ドップラー方式のスピードガン (PSX-2, Decatur 社製, America) をネットの後方に設置し、投球スピードを測定した。スピードガンは、測定誤差の少ない投球方向に配置 (宮西ら, 2000) 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、最も速かった 1 球を個人の投球スピードとした。投球間の休息は 30 秒以上とした。なお、投球スピードの計測値の再現性については、勝亦ら (2007) により確認されている。

3. 形態の測定

身長、体重、体肢長、周径囲、筋厚の計測を行った。これらの測定は、被検者を立位にさせ行なった。測定はすべて利き腕 (投球腕)、および利き腕側の脚について実施した。身長は 0.1 cm 単位、体重は 0.1kg 単位で計測した。

1) 四肢長

四肢長は、上腕長 (肩峰から上腕骨外側上顆)、前腕長 (橈骨頭から尺骨茎状突起)、大腿長 (大転子から膝窩皺)、下腿長 (膝窩皺から脛骨外果) 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。

2) 周径囲

周径囲の測定には、布製のメジャーを用いた。測定点間の距離を 0.1cm 単位で計測した。測定部位は、上腕長の近位から 60% (上腕囲)、前腕長の近位から 30% (前腕囲)、大腿長の近位から 50% (大腿囲)、下腿長の近位から 30% (下腿囲)、

肋骨弓下縁と腸骨上縁の間で最も横断面積が小さい部位 (ウエスト) とした。

3) 筋厚

測定部位は、上腕前・後部 (上腕長の近位から 60%)、前腕部 (近位から 30% 部位の前部)、大腿前・後部 (大腿長の近位から 50%)、下腿前・後部 (下腿長の近位から 30%)、腹部 (腹直筋の上から 3 つ目の筋腹中央)、背部 (肩甲骨下角) の計 9 箇所とした。筋厚は、0.5mm 単位で計測した。測定には、B-モード超音波装置 (SSD-900, aloka, japan) および電子リニアプローブ (発振周波数 7.5MHz, aloka, japan) を用いた。なお、四肢長、周径囲および筋厚の測定方法については、Abe et al (1994) に従った。

4) 除脂肪体重 (Lean Body Mass, LBM) および各筋量の算出

測定項目の 1) から 3) の測定結果から、LBM および各筋量を算出した。LBM の算出には、以下の式 (Abe et al., 1994) を用いた。

$$\begin{aligned} \bullet \text{ LBM (kg)} = & (-3.20) + (0.415 \times \text{体重 [kg]}) \\ & + (0.416 \times \text{腹部筋厚 [mm]}) + (0.345 \times \text{身長 [cm]}) \\ & + (0.175 \times \text{上腕後部の筋厚 [mm]}) \end{aligned}$$

また、各筋量の算出には、Miyatani et al (2004) および宮谷ら (2000) を用いた。

$$\bullet \text{ 上腕前部 [cm}^3\text{]} = (113.7 \times \text{上腕前部の筋厚 [cm]}) + (11.6 \times \text{上腕長 [cm]}) - 443.7$$

$$\bullet \text{ 上腕後部 [cm}^3\text{]} = (90.3 \times \text{上腕前部の筋厚 [cm]}) + (30.5 \times \text{上腕長 [cm]}) - 908.2$$

$$\bullet \text{ 大腿前部 [cm}^3\text{]} = (322.9 \times \text{大腿前部の筋厚 [cm]}) + (116.4 \times \text{大腿長 [cm]}) - 4661$$

$$\bullet \text{ 下腿後部 [cm}^3\text{]} = (218.1 \times \text{下腿後部の筋厚 [cm]}) + (30.7 \times \text{下腿長 [cm]}) - 730.4$$

以上、Miyatani et al (2004) の推定式を採用した。

$$\bullet \text{ 大腿後部 [cm}^3\text{]} = (10.307 \times \text{身長 [cm]}) + (3.949 \times \text{体重 [kg]}) + (1.863 \times \text{大腿長 [cm]})$$

$+0.424 \times ((\text{大腿後部の筋厚}[\text{cm}])^2 \times \text{大腿部周径}[\text{cm}]) - 1252.87$

- ・ 前腕部 $[\text{cm}^3] = (4.095 \times \text{身長}[\text{cm}]) + (-0.851 \times \text{体重}[\text{kg}]) + (30.424 \times \text{前腕長}[\text{cm}]) + 0.526 \times ((\text{前腕部の筋厚}[\text{cm}])^2 \times \text{前腕部周径}[\text{cm}]) - 1020.656$
- ・ 下腿前部 $[\text{cm}^3] = (0.713 \times \text{身長}[\text{cm}]) + (-2.028 \times \text{体重}[\text{kg}]) + (5.732 \times \text{下腿長}[\text{cm}]) + 0.634 \times ((\text{下腿前部の筋厚}[\text{cm}])^2 \times \text{下腿部周径}[\text{cm}]) - 159.22$

以上、宮谷ら(2000)を採用した。また、腹部および背部については筋量指標(MV6 Index)として、腹部または背部のMV Index = (腹部または背部の筋厚[cm]) × (ウエスト[cm]) × (身長[cm])を用いた。さらに、得られた値から筋量分布、すなわち、LBMあたりの各筋量(各筋量[cm³]/LBM[kg])および上腕/前腕比、大腿/下腿比、上肢/下肢比((上腕+前腕)/(大腿+下腿))を算出した。本研究では、筋量分布をその他の部位よりも相対的に優位な筋肥大を示す指標として用いた。

5. 統計処理

すべての測定結果は、平均値(標準偏差)で示した。BB群とCON群の差の検定には、独立サンプルのt検定を行った。投球スピードと

筋量および筋量分布との関係を検討するため、ピアソンの積率相関係数を用いた。それぞれ危険率5%未満をもって統計的に有意とした。なお、統計量の算出は、SPSS(12.0 J for Windows)を用いて行った。

III. 結果

BB群は、上腕前・後部、大腿後部の筋量および腹部、背部の筋量IndexにおいてCON群より有意に高い値であった(表2)。一方、大腿前部、下腿前・後部の筋量には群間の差はみられなかった。また、BB群は、LBMあたりの上腕前部、大腿後部、前腕部の筋量においてCON群より有意に高い値であった(表3)。大腿/下腿比および上肢/下肢比は、BB群がCON群よりも高い値であった(表4)。一方、大腿前/後比は、CON群がBB群よりも高い値であった。

表5に投球スピードと体格および筋量との相関関係を示した。BB群は、投球スピードとLBM、大腿前・後部筋量、腹・背部筋量Indexとの間には有意な相関関係が認められた。一方、CON群は、投球スピードと各変数との間に相関関係が示されなかった。また、BB群およびCON群ともに投球スピードと筋量分布との間に有意な相関関係が認められなかった(表6)。

表 2 除脂肪体重, 各筋量, 投球スピードの群間比較

	BB群		CON群		p値
	MEAN (SD)	MEAN (SD)	MEAN (SD)	MEAN (SD)	
除脂肪体重 ^a	56.2 (2.8)	53.9 (4.1)	※	<0.001	
上腕前部 ^b	303 (33)	256 (29)	※	<0.001	
上腕後部 ^b	388 (42)	351 (59)	※	0.039	
大腿前部 ^b	1849 (215)	1778 (300)			
大腿後部 ^b	1832 (179)	1587 (138)	※	<0.001	
前腕部 ^b	520 (51)	456 (50)	※	0.001	
下腿前部 ^b	270 (47)	291 (50)			
下腿後部 ^b	1028 (108)	989 (134)			
腹部 ^c	229 (27)	196 (24)	※	<0.001	
背部 ^c	403 (71)	313 (65)	※	<0.001	
投球スピード ^d	33.2 (1.8)	26.7 (2.8)	※	<0.001	

※: 群間に統計的に有意な差 (p<0.05)

a: 除脂肪体重(kg), b: 筋量(cm³)

c: 筋量指標 (cm³ × 10⁻³), d: 投球スピード(m/s)

表 3 筋量/除脂肪体重の群間比較

	BB群		CON群		p値
	MEAN (SD)	MEAN (SD)	MEAN (SD)	MEAN (SD)	
上腕前部	5.38 (0.47)	4.76 (0.50)	※	0.001	
上腕後部	6.90 (0.59)	6.51 (0.87)			
大腿前部	32.9 (2.9)	33.0 (5.2)			
大腿後部	32.5 (1.9)	29.5 (2.1)	※	<0.001	
前腕部	9.24 (0.60)	8.48 (0.89)	※	0.005	
下腿前部	4.80 (0.83)	5.41 (0.92)			
下腿後部	18.3 (1.5)	18.3 (1.8)			

※: 群間に統計的に有意な差 (p<0.05)

筋量/除脂肪体重: (cm³/kg)

表 4 筋量比の群間比較

	BB群		CON群		p値
	MEAN (SD)		MEAN (SD)		
上腕/前腕	3.02 (0.23)		3.18 (0.45)		
大腿/下腿	2.85 (0.26)		2.64 (0.15)	※	0.008
上腕前/後	0.782 (0.061)		0.742 (0.116)		
大腿前/後	1.01 (0.10)		1.12 (0.18)	※	0.025
下腿前/後	0.264 (0.046)		0.296 (0.051)		
背/腹	1.77 (0.24)		1.60 (0.34)		
上肢/下肢	0.244 (0.017)		0.230 (0.021)	※	0.041

※: 群間に統計的に有意な差 (p<0.05)

上腕: 上腕前+上腕後, 大腿: 大腿前+大腿後, 下腿: 下腿前+下腿後

上肢: 上腕前+上腕後+前腕

下肢: 大腿前+大腿後+下腿前+下腿後

表 5 投球スピードと体格および筋量との相関関係

	BB群		CON群	
	相関係数	p値	相関係数	p値
身長	0.441		0.119	
体重	0.417		0.221	
除脂肪体重	0.527	0.017 ※	0.171	
上腕前部	0.114		0.511	
上腕後部	0.261		0.348	
大腿前部	0.456	0.043 ※	0.248	
大腿後部	0.467	0.038 ※	-0.095	
前腕部	0.378		0.229	
下腿前部	0.005		-0.166	
下腿後部	0.381		0.027	
腹部	0.488	0.029 ※	-0.096	
背部	0.494	0.028 ※	-0.153	

※: 統計的に有意 (p<0.05)

表 6 投球スピードと筋量分布との相関関係

	BB群	CON群
	相関係数	相関係数
上腕前部 ^a	-0.072	0.399
上腕後部 ^a	0.023	0.364
大腿前部 ^a	0.337	0.191
大腿後部 ^a	0.251	-0.389
前腕部 ^a	0.051	0.063
下腿前部 ^a	-0.196	-0.290
下腿後部 ^a	0.138	-0.135
上腕/前腕 ^b	0.179	-0.162
大腿/下腿 ^b	0.201	0.155
上腕前/後 ^b	-0.136	-0.029
大腿前/後 ^b	0.096	0.416
下腿前/後 ^b	-0.270	-0.160
背/腹 ^b	0.198	-0.087
上肢/下肢 ^b	-0.213	0.368

両者の関係は、すべて統計的に有意ではなかった

a: 除脂肪体重あたりの筋量, b: 筋量比

IV. 考察

本研究は、筋量および筋量の分布における野球選手の特徴を明らかにし、その特徴が投球スピードに与える影響について検討することを目的とした。本研究で得られた主な知見は以下の通りである。

- 1) BB 群は CON 群よりも腹・背部筋量 Index, 大腿後部および上腕前・後部の筋量において有意($p < 0.05$)に高い値を示した。また、BB 群において腹・背部筋量 Index および大腿前・後部筋量と投球スピードとの間に有意な正の相関関係が存在した。
- 2) LBM あたりの各筋量および筋量比についても BB 群と CON 群とでは多くの部位で有意な差異がみられたが、大腿後部はその他の部位よりも相対的に優位に筋肥大していた。しかしながら、BB 群において投球スピードと LBM あたりの筋量および筋量の前後比との間に有意な相関関係

はみられなかった。

本研究では、BB 群の腹部（腹直筋）および背部（広背筋）の筋量 Index は、CON 群よりも有意に高い値を示した（表 2）。広背筋の機能は、肩関節の内旋および内転であるが、投球スピードとそれらの筋力との間に相関関係が認められる（Pawlowski and Perrin, 1989）。また、動作分析の結果からも肩関節の内旋動作は、ボールリリース時においてボールスピードに対する貢献度が最も大きいことが報告されている（宮西ら, 1996）。他方、腹直筋は、ボールリリースの直前に大きな筋活動が起こる。それは、投球において上肢の回転運動によって働く大きな遠心力に対し求心力を発揮するという重要な役割を担っている（Hirashima et al., 2002; Stodden et al., 2001）。また、投球スピードが速い者ほど上肢の回転運動が速い（Stodden et al., 2001）。これらのことから考えると、速いボールを投げるためには体幹部の働きが重要になるため、投球スピードと背部および腹部の筋量

Index との間には有意な相関関係が認められ、また、BB 群の筋量 Index の値が CON 群よりも高い値を示したと推察される。

LBM あたりの大腿後部筋量、大腿/下腿比は、BB 群が CON 群より有意に高かった (表 3)。この結果は、各肢断面積に占める各組織断面積比率においてプロ野球選手の大腿後部比率が一般男子大学生よりも有意に高い値を示したという先行研究 (平野ら, 1989) と類似する。平野ら (1989) は大腿後部の相対的に優位な筋肥大の理由を、定かでないもののバットスイングまたはランニングの効果と説明している。他方、野球選手は、投球動作を頻繁に行うが、投球時には、右脚の膝関節を屈曲させ、その状態から股関節伸展する (島田ら, 2004)。本研究の結果および先行研究の結果を考慮すると、投球、ランニングおよび打撃動作を日ごろ繰り返すことによる大腿後部へのトレーニング効果はその他の部位よりも大きいと推察される。

一方、LBM あたりの大腿部筋量および筋量比と投球スピードの間に有意な相関関係がみられなかったが (表 5)、BB 群において大腿前・後部の筋量と投球スピードの間に有意な相関関係がみられた (表 4)。大腿前部の筋機能の 1 つは膝関節伸展であり、大学野球選手において、その筋力値と投球スピードとの間に相関関係が示される (勝亦ら, 2006a; 勝亦ら, 2007)。さらに、筋量は最大筋力を反映する指標であることを考慮すると、大腿前部の筋量と投球スピードとの相関関係が有意であったことは先行研究を支持する妥当な結果といえる。一方、大腿後部筋群の主な機能は膝関節屈曲および股関節伸展である。しかし、膝関節屈曲筋力と投球スピードとの間に相関関係は示されない (勝亦ら, 2006a)。また、投球動作の右投手の左脚を上げる局面では膝関節屈曲時に床反力が一時的に減少する (抜重) (勝亦ら, 2006b)。その後、股関節伸展動作を伴いながら身体重心を投球方

向へ移動させる (島田ら, 2004) が、前方へ移動するための地面反力の最大値は投球スピードと正の相関関係がある (MacWilliams et al., 1998)。これらのことを考慮すると、大腿後部筋群は股関節伸展に伴う身体重心を投球方向へ移動させる能力と関連がある可能性が推察される。

本研究では、上腕後部の筋量において群間に差が認められた (表 2)。しかし、上腕後部は、その他の部位よりも相対的に優位に肥大してはいなかった (表 3)。この結果は、平野ら (1989) の結果を支持する。投球動作において肘関節が伸展する角速度は、 $2000 \sim 2500^\circ / s$ と非常に速く、その際の伸展トルクは、 $20Nm$ 以下と低い (Feltner and Dapena., 1986) ため、動作中の上腕後部の筋活動によって筋肥大するものの、その他の部位よりも優位な筋肥大が起こらないことが推察される。また、本研究では、投球スピードと上腕後部の筋量との間に有意な相関関係は認められなかった。一方、メジャーリーグに所属する投手において投球スピードと等速性の力発揮における肘関節伸展筋力との間に相関関係があることが報告されている (Pedegana et al., 1982)。これらのことおよび本研究の結果から推察すると、本研究で対象とした被検者における投球スピードの差異は、投球時の上腕三頭筋の収縮速度などの筋の力発揮特性に起因している可能性が考えられる。

上腕前部および前腕部の筋量および LBM あたりの筋量は、BB 群が CON 群より有意に高い値を示した (表 2, 3)。前腕部の相対的に優位な肥大については、平野ら (1989) の報告と類似した結果である。しかし、投球スピードとそれら筋量との間には相関関係が示されなかった。前腕部 (回内、屈曲筋群) は、投球で重要とされるスナップ動作に関連した機能を持つ。一方、スナップ動作は、肩関節の内旋および肘関節伸展動作に起因している (宮西, 2000)

という報告もあり、そのメカニズムについては不明な点が多い。よって、前腕部の筋量が投球スピードに与える影響については更なる検討が必要である。他方、上腕前部筋群は、投球動作において肘関節の過度な伸展による障害を防ぐ役割を持つ (Atwater, 1979)。また、それは、前腕の回外筋でもあるため、投球中に前腕の回内によって、エキセントリックな収縮を行う (宮西, 2000)。これら二つの役割によって野球選手では、上腕前部の筋量が絶対的および相対的に優位に肥大したと推察される。

このように、本研究の結果から、筋量および筋量の分布における大学野球選手の特徴、およびその特徴と投球スピードとの関連が明らかとなった。しかしながら、本研究は、大学野球選手と一般成人との比較を行ったものであり、この結果がすべての野球選手に当てはまるか、また、その他の競技選手と異なるかについては明らかではない。今後は、様々な世代および競技レベルの野球選手、および野球以外の競技選手との比較を行うことで、より詳細な野球選手の特徴を明らかにしていく試みが必要であろう。

V. まとめ

本研究は、筋量および筋量の分布における野球選手の特徴を明らかにし、その特徴が投球スピードに与える影響について検討することを目的とした。その結果、BB 群は CON 群よりも腹・背部、大腿後部および上腕前・後部の筋量において有意に高い値を示した。LBM あたりの各筋量および筋量比についても BB 群と CON 群とでは多くの部位で有意な差異がみられたが、その他の部位と比較し大腿後部の肥大が顕著であった。また、BB 群において腹・背部および大腿前・後部と投球スピードとの間に有意な正の相関関係が存在した。しかし、投球スピードと LBM あたりの筋量および筋量比との間に有意な相関関係はみられなかった。本研

究で明らかとなった大学野球選手の筋量および筋量分布の特徴は、野球の競技特性、特に投動作を反映したものと推察された。また、野球選手が一般成人よりも筋肥大している大腿前・後部および腹・背部の絶対的な筋量が大学野球選手の投球スピードに影響を与えている可能性が示唆された。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、被検者を快く承諾して頂きました早稲田大学硬式野球部の應武篤良監督、および被検者としてご協力して頂きました野球部員の皆様に深く感謝を述べるとともに、研究助成を賜りました早稲田大学トップパフォーマンス研究所に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- Atwater AE (1979) Biomechanics of overarm throwing movements and of throwing injuries. *Exerc Sport Sci Rev*.7:43-85.
- Feltner ME, J. Dapena (1986) Dynamics of the shoulder and elbow joints of the throwing arm during a baseball pitch. *Int. J. Sports Biomech*.2:235-259.
- Abe T, M Kondo, Kawakami Y, Fukunaga T (1994) Prediction equations for body composition of japanese adults by B-mode ultrasound. *Am.J.Hum.Biol*.6:161-170.
- 平野裕一, 福永哲夫, 近藤正勝, 角田直也, 池川繁樹 (1989) 身体組成および体肢組成からみた野球選手の特性. *J. J sports Sci*.8:560-564.
- Hirashima M, Kadota H, Sakurai S, Kudo K, Ohtsuki T (2002) Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. *J Sports Sci*.

- 20(4):301-10.
- ・ 勝亦陽一, 長谷川伸, 川上泰雄, 福永哲夫 (2006a) 投球速度と筋力および筋量の関係. スポーツ科学研究.1-7.
 - ・ 勝亦 陽一, 金久 博昭, 川上 泰雄, 福永 哲夫 (2007) 年齢および野球経験の有無が投球スピードと筋力との関係に及ぼす影響. トレーニング科学 19(2):149-154.
 - ・ 勝亦陽一, 丸山洋輔, 川上泰雄, 福永哲夫 (2006b) 大学野球投手と未経験者における投球動作中の床反力の比較. 第 19 回日本バイオメカニクス学会大会.
 - ・ MacWilliams BA, Choi T, Perezous MK, Chao EY, McFarland EG (1998) Characteristic ground-reaction forces in baseball pitching. Am J Sports Med. Jan-Feb, 26(1):66-71.
 - ・ 宮西智久 (2000) 野球の投球スナップのバイオメカニクス. バイオメカニクス研究.4:136-144.
 - ・ 宮西智久, 藤井範久, 阿江通良, 功力靖雄, 岡田守彦(1996) 投球動作におけるボール速度に対する体幹および投球腕の貢献度に関する 3 次元的研究. 体育学研究.41:23-37.
 - ・ 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.
 - ・ 宮谷昌枝, 東香寿美, 久野譜也, 金久博昭, 福永哲夫 (2000) 体肢筋量における年齢差. 高齢者の生活機能増進法, 地域システムと具体的ガイドライン. ナップ, 岡田守彦, 松田光生, 久野譜也編著, 初版, 316-318.
 - ・ Miyatani M, Kanehisa H, Ito M, Kawakami Y, Fukunaga T. (2004) The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. Eur J Appl Physiol. Mar;91(2-3):264-72.
 - ・ Musaiger AO, Ragheb MA, al-Marzooq G (1994) Body composition of athletes in Bahrain. Br J Sports Med. Sep;28(3):157-9.
 - ・ 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.
 - ・ 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. バイオメカニクス研究.8(1):12-26.
 - ・ Spenst LF, Martin AD, Drinkwater DT (1993) Muscle mass of competitive male athletes. J Sports Sci.Feb;11(1):3-8.
 - ・ Stodden DF, Fleisig GS, McLean SP, Andrews JR (2001) Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity: within pitcher variation. J Appl Biomech.Feb;21(1):44-56.
 - ・ 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.