

一流日本女子ソフトボール選手における身体的および体力的特性  
Physiological characteristics and fitness levels of  
elite Japanese female softball players

前川剛輝<sup>1</sup>, 柳沢修<sup>2</sup>, 船渡和男<sup>3</sup>, 平野裕一<sup>4</sup>

要 旨

一流女子ソフトボール選手の身体的および体力的特性を明らかにするため、オリンピック強化指定選手に対して種々の体力測定（静的筋力測定，動的筋力測定，パフォーマンステスト等）を行った。

一流女子ソフトボール選手は，身長に対して筋量が多いという特徴を有し，そしてこの傾向は野手よりも投手の方が顕著であった．上・下肢の静的筋力は高い水準にあることがわかったが，ポジションの違いによる差はなかった．一方，上・下肢の動的筋力ではポジション特性が顕著に現れ，野手は投手よりも優れた能力を有していた．疾走能力も同様の傾向を示し，これは下肢筋群の代謝特性の違いが影響していると考えられる．

Key words: ソフトボール，女性，競技特性，筋力，疾走能力

<sup>1</sup>財団法人日本スケート連盟, <sup>2</sup>早稲田大学スポーツ科学学術院, <sup>3</sup>日本体育大学, <sup>4</sup>国立スポーツ科学センター

財団法人日本スケート連盟

〒150-8050 東京都渋谷区神南 1-1-1 岸記念体育会館内

TEL:03-3481-2351 FAX:03-3481-2350

E-mail: maegawa.taketeru@gmail.com

受付日：2009年7月7日

受理日：2009年9月11日

## I. はじめに

アスリートやその指導者が科学的な視点で日々のトレーニングを考え、そしてそれらを実践しようとする際に、体力測定がよく実施されている。体力測定はスポーツ科学を実践現場に応用するための橋渡しの役割を担っており、近年では、その競技スポーツに特化したプログラムの構築に体力測定が役立てられるようになってきた。中でもトップアスリートの一般のおよび専門的体力特性を明らかにすることは、優れたスポーツタレントの発掘や、日々のトレーニングを決定する上で極めて有益な知見を提供するものと考えられる。ソフトボール競技においても、トップレベルで活躍する選手がどのような体力的特性を有しているのか知ることができれば、トレーニングをより合目的に進めることができるであろう。

ソフトボールの競技能力向上を考える場合、高度な専門的技術の習得は必要不可欠な要素であるが、障害を未然に防ぐための基盤となる体力も極めて重要であると考えられる。類似競技である野球においては、1980年代にメジャーリーグ選手に関する身体組成、柔軟性、エアロビックおよびアナエロビックパワー、上下肢の等速性筋力、筋持久力が報告された<sup>4), 6), 7), 11)</sup>。その目的は、まずフィットネスプログラム作成の基礎的なデータを得ることであり、そしてそれをもとに出来上がったプログラムにより、一般的体力と専門的体力を高めて障害予防につなげることであった。ソフトボールにおいては、技術的要素の研究として筋電図や角度変位を指標とした動作解析を中心とした報告がいくつかなされているが<sup>1), 17), 23)</sup>、体力的要素に関する研究は少ないのが現状である。技術的な要素が占める割合の高い競技スポーツでは、体力はパフォーマンスに貢献すると認めていながらも、その結びつきは直接的ではないと指摘されている。さらにソフトボールの場合、それら測定方法の構築が遅れたこともあり、ソフトボール選手の体力や運動能力に関する研究はほとんど行われてこなかった。しかしながら、それらを測定し評価する

ことは、競技成績の向上について確かな方向性を見いだすことができると考えられる。実際に、近年、国際大会で好成績を収めているオーストラリアでは、**Australian National Training Program**の中で、ソフトボール選手の生理的な評価のためのプロトコルが提供されている<sup>9)</sup>。

そこで本研究では、世界トップクラスにある日本人の女子ソフトボール選手が、身体的および体力的にどのような特性を有するのかを明らかにすることを目的とした。一流選手の一般的体力を測定・評価することは、選手各々のトレーニング状態を把握するだけではなく、科学的な思考に基づいた体力トレーニングの啓蒙やタレント発掘・育成を含めた一貫指導の目標（基準）づくりにもなり、延いてはソフトボール選手の国際競技能力の向上につながることを期待できる。

## II. 研究方法

### 1. 対象者

対象者は2004年度JOCオリンピック強化指定選手の子ソフトボール選手28名（投手9名、内野手8名、外野手8名、捕手3名）であった。対象者の身長、体重、年齢はTable 1に示した。対象者は測定の前に、測定の趣旨、方法やそれに伴う危険性の説明を受け、参加同意書に署名し、メディカルチェックを受けた後、測定に参加した。

### 2. 身体組成

空気置換法による体脂肪測定装置(BOD PODTM MAB-1000, Life Measurement, Inc., USA)を用いて、体重、体容積および肺容量を測定し、体脂肪率と除脂肪体重を算出した<sup>8)</sup>。なお、体脂肪率はBrozekの式<sup>5)</sup>に基づいて算出され、除脂肪体重は「体重 - 体重×体脂肪率」で求められた。

### 3. 筋力測定

#### A. 静的筋力

「握力」：握力計（DM-100N, YAGAMI, Japan）を用いて、左右それぞれ測定した<sup>18)</sup>。

「背筋力」：背筋力計（TY-300, YAGAMI, Japan）を用いて測定した<sup>19)</sup>。

「肘関節伸展・屈曲トルク」：肘屈伸トルクメーター（VTE-002R/L, VINE, Japan）を用いて、投球側腕の肘関節伸展および屈曲トルクの測定を行った。測定は、座位で肩関節を90度前方屈曲位、肘関節を90度屈曲位にし、前腕中央部と手首を固定して等尺性トルクを測定した（Pic. 1）。測定は2回行われ、一回の測定における筋力発揮の時間は3秒程度とした。なお、最大筋力はピーク値とした。



写真 1. 肘関節伸展・屈曲トルクの測定

Pic. 1. Elbow extension and flexion torque

「膝関節伸展・屈曲トルク」：膝屈伸トルクメーター（VTK-002R/L, VINE, Japan）を用いて、左右それぞれの膝関節伸展および屈曲トルクの測定を行った。測定は座位で股関節および膝関節を90度に保ち、足首を固定し等尺性トルクを測定した（Pic.2）。一回の測定における筋力発揮の時間は3

秒程度とし、左右それぞれ2回ずつ測定した。なお、最大筋力はピーク値とした。



写真 2. 膝関節伸展・屈曲トルクの測定

Pic. 2. Knee extension and flexion torque

#### B. 動的筋力

「上肢伸展・屈曲パワー」：アームパワーエルゴメーター（VEL-0016, VINE, Japan）を用いて、水平面における上肢の伸展・屈曲パワーを測定した。膝関節角度がほぼ90度になるように椅子に座させた後、上半身を背もたれに固定した。そして胸の高さでレバーを握らせ、最大速度で上肢の伸展および屈曲動作を行わせた（Pic.3）。一定の負荷に対する上肢の伸展・屈曲動作を3回（3往復）1セットとし、異なる負荷にて2セット行った（1セット目の負荷：体重（kg）の1/3、2セット目の負荷：1セット目の負荷に5kgを付加）。2セットを通して得られた伸展動作および屈曲動作時におけるピーク値を最大パワーとした。



写真 3. 上肢伸展・屈曲パワーの測定

Pic. 3. Upper extremities extension and flexion power

「下肢伸展パワー」：下肢伸展エルゴメーター（ANAEROPRESS 3500, COMBI WELLNESS, Japan）を使用して、両下肢における伸展パワーを測定した。負荷（フットプレートにかかる初期抵抗値）は各選手の体重とし、測定は試行間隔を 15 秒とり連続 5 回行い、上位 2 つの値を平均した値を採用した。

「等速性体幹回旋筋力」：等速性筋力測定装置（Biodex System 3, Biodex Medical Systems, USA）を用いて、左右の回旋動作を角速度 180deg/sec にて連続で 3 往復行った。左右それぞれにおける最大トルクを測定値とした。

#### 4. パフォーマンステスト

##### A. 疾走能力 (30m 走)

疾走能力の測定として 30m 走を行った。30m 走記録は光電管計時システム（HL 2-31, TAG Heuer, Switzerland）とマットスイッチ（PH-1262, DKH, Japan）を用いて、最高疾走速度はレーザードップラー型速度測定装置（LDM 300C-Sport, JENOPTIK Laser, Denmark）を用いて計測した。試技は 2 回行い、走記録は上位の値を採用し、その試技におけ

る疾走速度の最高値を最高疾走速度とした。

##### B. 最大無酸素パワー

電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター（PowerMax VII, COMBI WELLNESS, Japan）を用いて、ペダリング運動による最大無酸素パワーの測定を行った。2 分間の試行間隔にて、異なる 3 種類の負荷で 10 秒間の全力ペダリングを行った。最大無酸素パワーは、それら負荷とペダルの回転数との関係を表す 1 次回帰式の回帰係数と回帰定数項から算出した<sup>20)</sup>。

##### C. 敏捷性

敏捷性の測定として、全身反応時間測定器（YB-1000, YAGAMI, Japan）を用いて、光刺激に対する単純反応時間の測定を行った。測定は 5 試技行い、得られた値の最高値と最低値を除いた 3 試技分の平均値を反応時間として採用した。

##### D. 筋持久力

体幹筋群の筋持久力の測定評価として、30 秒間の上体起こしの回数を測定した<sup>18)</sup>。

#### 5. 統計処理

結果はすべて平均値±標準偏差で示した。各項目の相関分析にはピアソンの相関係数を用いる一方で 3 群間（投手、内野手、外野手）の比較には、一元配置分散分析および多重比較検定（Scheffe's Ftest）を用いた。各検定における有意水準は  $P < 0.05$  とした。なお、捕手 3 名の結果は、ポジション間比較の対象から除外した。

## III. 結果

## 1. 身体的特性 (Table 1)

身長をポジション間で比較すると、投手は内野手と比べ有意に大きな値を示した ( $P<0.05$ ). 体重をポジション間で比較すると、投手は外野手と比べ有意に大きな値を示した ( $P<0.05$ ). 体脂肪率は投手が内・外野手と比べ高い傾向を示したが、ポジション間で有意な差はなかった. 除脂肪体重をポジション間で比較すると、投手が外野手と比べ有意に大きな値を示した ( $P<0.05$ ).

## 2. 静的筋力 (Table 2)

静的筋力については、全ての測定項目 (握力 (左・右), 背筋力, 肘関節伸展・屈曲トルク (投球側), 膝関節伸展・屈曲トルク (左・右)) でポジション間に有意な差は見られなかった.

表 1. 身体的特性

Table 1 Characteristics of pitchers, outfielders, infielders and catchers (mean±SD)

		All n=28	Position			
			Pitchers n=9	Outfielders n=8	Infielders n=8	Catchers n=3
Age	(yr)	22.8 ± 3.8	21.8 ± 3.0	23.6 ± 4.6	23.4 ± 4.4	21.7 ± 1.5
Height	(cm)	164.6 ± 5.1	166.8 ± 5.1 †	164.0 ± 5.2	161.6 ± 4.3	167.6 ± 3.6
Weight	(kg)	67.0 ± 8.4	71.4 ± 7.1 *	63.4 ± 5.3	63.2 ± 10.3	73.1 ± 4.2
BMI		24.7 2.6	25.7 3.1	23.6 1.7	24.1 2.9	26.0 0.9
%Fat	(%)	19.6 ± 4.9	21.6 ± 5.5	17.6 ± 3.1	18.1 ± 5.0	23.2 ± 3.9
LBM	(kg)	53.5 ± 4.3	55.7 ± 3.4 *	52.2 ± 3.3	51.4 ± 5.6	56.1 ± 1.6
Fat mass	(kg)	13.5 ± 5.0	15.7 ± 5.5	11.3 ± 2.8	11.8 ± 5.6	17.0 ± 3.8

\* $P<0.05$  : Pitchers vs Outfielders, † $P<0.05$  : Pitchers vs Infielders

表 2. 静的筋力の比較

Table 2. Isometric muscle strength of pitchers, outfielders, infielders and catchers (mean±SD)

			All n=28	Position			
				Pitchers n=9	Outfielders n=8	Infielders n=8	Catchers n=3
Grip strength	Right	(kg)	42.6 ± 4.9	41.8 ± 5.2	42.9 ± 4.0	41.9 ± 4.8	46.5 ± 7.4
	Left	(kg)	41.6 ± 4.9	40.3 ± 4.6	41.1 ± 4.4	42.5 ± 6.1	44.7 ± 3.8
Elbow extension torque	Dominant-arm	(Nm)	45.5 ± 8.2	47.3 ± 6.1	42.3 ± 7.5	45.4 ± 9.9	49.3 ± 12.1
Elbow flexion torque	Dominant-arm	(Nm)	49.6 ± 7.3	52.0 ± 5.9	48.8 ± 4.2	47.0 ± 10.4	51.7 ± 9.3
Knee extension torque	Right	(Nm)	171.2 ± 34.6	158.0 ± 31.6	173.5 ± 41.1	182.0 ± 37.0	176.0 ± 12.5
	Left	(Nm)	177.8 ± 32.1	171.1 ± 24.8	179.3 ± 38.2	182.5 ± 41.2	181.3 ± 10.3
Knee flexion torque	Right	(Nm)	122.9 ± 20.5	116.9 ± 24.9	126.5 ± 19.2	124.0 ± 21.4	128.0 ± 7.2
	Left	(Nm)	115.1 ± 21.7	117.6 ± 18.5	111.8 ± 14.5	117.3 ± 34.3	110.7 ± 4.2
Back strength		(kg)	120.0 ± 12.0	122.0 ± 13.3	118.6 ± 11.4	117.4 ± 13.7	125.0 ± 5.0

## 3. 動的筋力 (Table 3)

上肢伸展パワーをポジション間で比較すると、絶対値では投手が内野手および外野手と比べ低い傾向にあったが、その差は有意ではなかった。体重当たりのパワー値において比較すると、投手は内野手および外野手と比較し有意に低い値を示した (それぞれ  $P<0.05$ )。上肢屈曲パワーをポジション間で比較すると、絶対値では投手が内野手および外野手と比べ低い傾向にあったが、その差は有意ではなかった。体重当たりのパワー値において

比較すると、投手は内野手および外野手と比較し有意に低い値を示した (それぞれ  $P<0.05$ )。

下肢伸展パワーをポジション間で比較すると、絶対値では投手が内野手および外野手と比べ低い傾向にあったが、その差は有意ではなかった。体重当たりのパワー値において比較すると、投手は内野手および外野手と比較し有意に低い値を示した (それぞれ  $P<0.05$ )。

等速性体幹回旋筋力については、左右それぞれについてポジション間で有意な差はなかった。

表 3. 動的筋力の比較

Table 3. Dynamic muscle strength of pitchers, outfielders, infielders and catchers (mean $\pm$ SD)

		All n=28	Position			
			Pitchers n=9	Outfielders n=8	Infielders n=8	Catchers n=3
Upper extremities extension power	(W)	440.8 $\pm$ 72.8	411.3 $\pm$ 86.4	448.6 $\pm$ 57.9	447.0 $\pm$ 76.7	492.0 $\pm$ 32.9
	(W/kg)	6.6 $\pm$ 1.1	5.8 $\pm$ 1.3 *†	7.1 $\pm$ 0.7	7.1 $\pm$ 0.8	6.8 $\pm$ 0.8
Upper extremities flexion power	(W)	518.6 $\pm$ 76.3	496.7 $\pm$ 73.2	541.4 $\pm$ 80.8	518.6 $\pm$ 66.0	523.3 $\pm$ 122.0
	(W/kg)	7.8 $\pm$ 1.4	7.0 $\pm$ 1.4 *†	8.6 $\pm$ 1.3	8.3 $\pm$ 0.8	7.2 $\pm$ 2.0
Lower extremities extension power	(W)	1717.3 $\pm$ 299.4	1597.9 $\pm$ 161.0	1760.9 $\pm$ 319.0	1731.4 $\pm$ 417.8	1921.3 $\pm$ 67.0
	(W/kg)	25.8 $\pm$ 4.5	22.5 $\pm$ 2.8 *†	27.8 $\pm$ 4.6	27.4 $\pm$ 5.1	26.4 $\pm$ 2.4
Trunk rotation strength	Right rotation (Nm)	110.2 $\pm$ 15.6	104.6 $\pm$ 16.9	112.0 $\pm$ 13.5	112.1 $\pm$ 19.4	115.3 $\pm$ 9.1
	Left rotation (Nm)	111.5 $\pm$ 16.9	110.5 $\pm$ 19.6	112.6 $\pm$ 10.9	107.4 $\pm$ 22.9	120.7 $\pm$ 8.5

\* $P<0.05$  : Pitchers vs Outfielders, † $P<0.05$  : Pitchers vs Infielders

4. 最大無酸素パワー (Fig.1)

最大無酸素パワーをポジション間で比較すると、絶対値ではポジション間で有意な差は見られなかった。体重当たりのパワー値において比較すると、投手は内野手および外野手と比較し有意に低い値を示した (それぞれ  $P<0.05$ )。

5. 疾走能力 (Fig.2)

30m 走記録をポジション間で比較すると、投手は内野手および外野手と比較し有意に大きい (すなわち遅い) 値を示した (それぞれ  $P<0.05$ )。30m 走中の最高疾走速度をポジション間で比較すると、投手は内野手および外野手と比較し有意に低い値を示した (それぞれ  $P<0.05$ )。

図 1. 最大無酸素パワーの比較

Fig.1 Maximal anaerobic power using bicycle ergometer

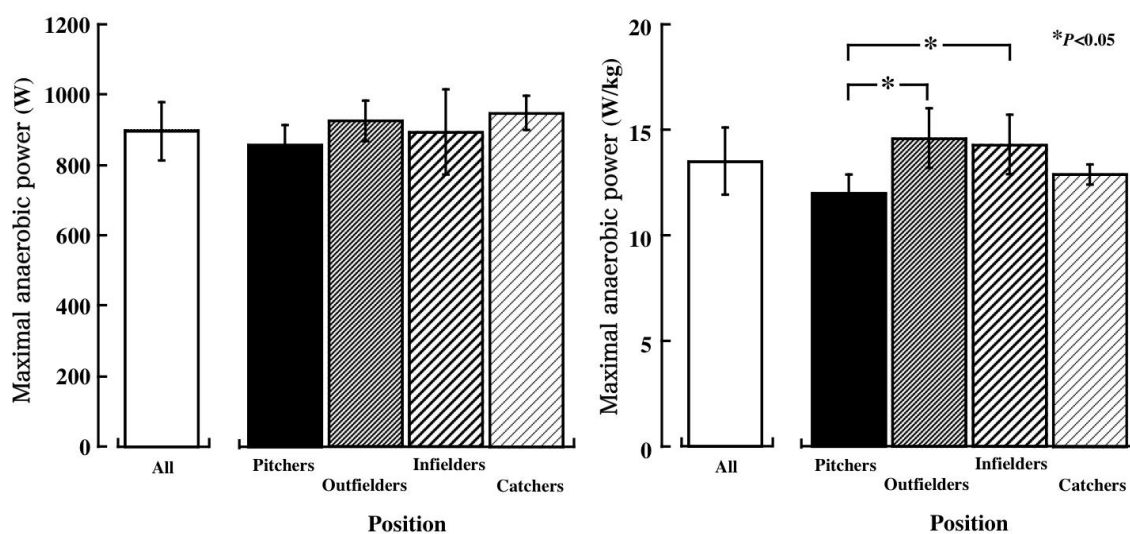
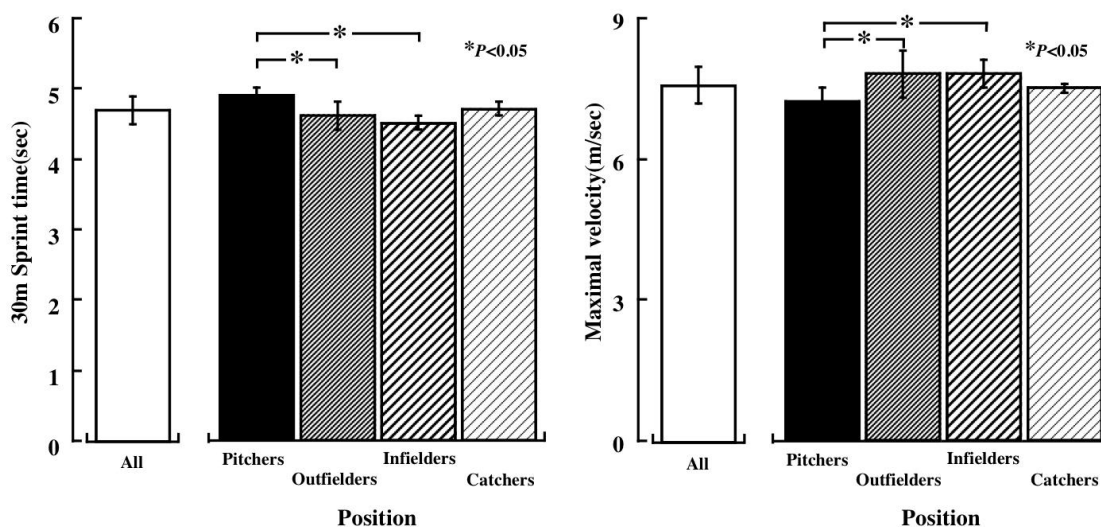


図 2. 30m 走記録と最高疾走速度の比較

Fig. 2 30m sprint time and maximum velocity



6. 下肢の動的筋力と疾走能力の関係 (Fig.3)

体重当たりの下肢伸展パワーと 30m 走記録との間には有意な相関関係が見られた ( $P<0.01$ )。また体重当たりの下肢伸展パワーと 30m 走中の最高疾走速度との間にも有意な相関関係が見られた ( $P<0.01$ )。

7. 最大無酸素パワーと疾走能力の関係 (Fig.4)

体重当たりの最大無酸素パワーは、30m 走記録および最高疾走速度との間に有意な相関関係を示した (それぞれ  $P<0.01$ )。

図 3. 脚伸展パワーと 30m 走記録および最高疾走速度との関係

Fig.3 Relationships between lower extremities extension power and sprint

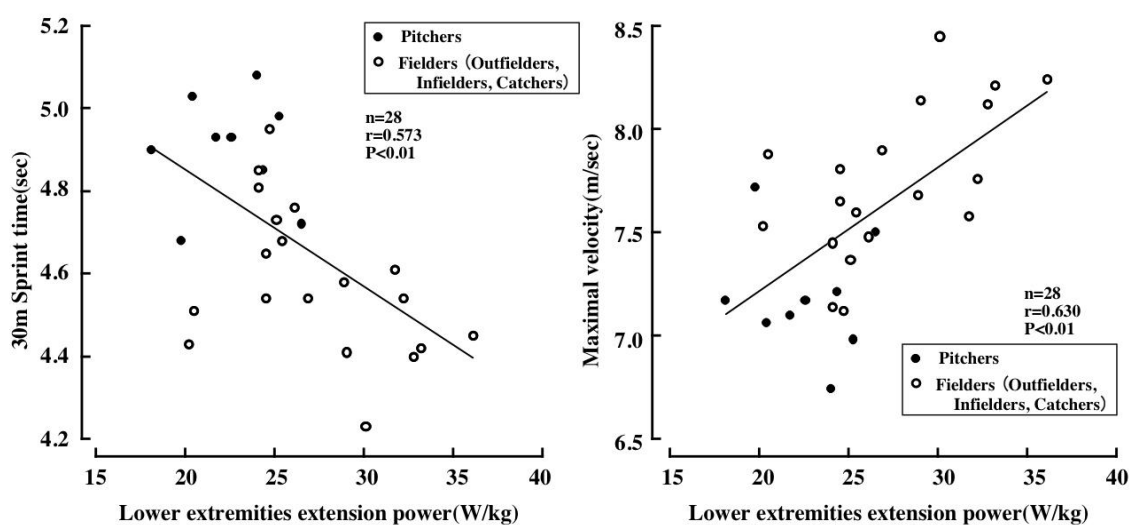
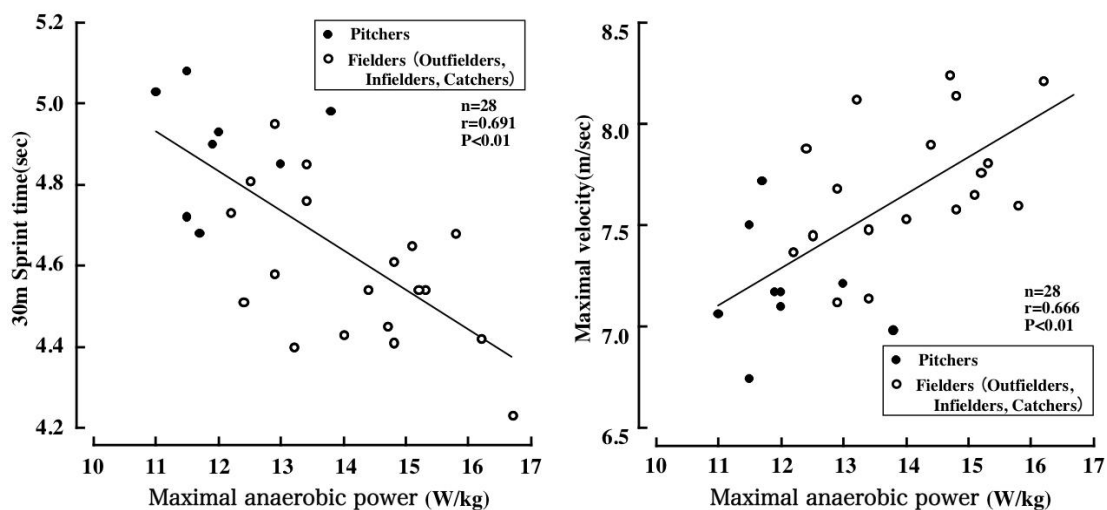


図 4. 最大無酸素パワーと 30m 走記録および最高疾走速度との関係

Fig.4 Relationships between maximal anaerobic power and sprint ability





#### 8. 筋持久力

上体起こしの結果は、全体の平均は  $35.2 \pm 4.0$  回であり、ポジション別では投手が  $35.0 \pm 4.4$  回、外野手が  $36.0 \pm 4.2$  回、内野手が  $34.9 \pm 4.2$  回、そして捕手が  $34.7 \pm 3.2$  回であった。なお、ポジション間において有意な差は見られなかった。

#### 9. 敏捷性

全身反応時間の結果は、全体の平均は  $297.5 \pm 50.1$  msec であり、ポジション別では投手が  $314.4 \pm 57.2$  msec、外野手が  $284.3 \pm 45.2$  msec、内野手が  $287.3 \pm 48.2$  msec、そして捕手が  $309.3 \pm 53.3$  msec であった。なお、ポジション間において有意な差は見られなかった。

### IV. 考察

#### 1. 測定項目の選定について

測定項目は、先ず「日本のトップ選手の体力に関する基礎的なデータを収集すること」を優先して選定を行った。これは選手各々のトレーニング状態を把握するだけでなく、国際競技力向上への組織的かつ計画的な取り組みとして、体力トレーニングの啓蒙や一貫指導の目標（基準）づくりも視野にあったからである。このような意図を持っていた為、身体の3部位（上肢、体幹、下肢）、それぞれについて動的小よび静的筋力の測定を各部位ごとにある程度対応させながら行い、さらに身体組成に関する測定や動きが単純化されたパフォーマンステストも行うなど多くの測定が組み込まれた。一方で強化の指導現場に対して直接的に示唆を与えられるような専門的な測定は除かれた。つまり、専門性が高い測定項目だと啓蒙等には役に立たない場合が多く<sup>14)</sup>、測定実施のコンセプトからも離れてしまうからである。例えばパフォーマンステストでベースランニング走を用いた研究<sup>21)</sup>もあるが、加減速の技術等が未熟な選手（例えば小・中学生の選手など）を対象とした場合は、体力・運動能力の評価には適さないとと思われる。

なお、現在の強化指定選手が行っている測定も、一定水準の体力と技術を持たなければ評価できないものも多い。アテネオリンピック以降はソフトボール競技を考慮した専門的な体力測定へと移行が図られている。アテネオリンピック以降の体力測定では等尺性筋力測定が除かれ、新に以下の6項目が追加されている。①メディシンボール投げ・前方(3kg)、②メディシンボール投げ・チェストパス(3kg)、③ベンチプレス1RM、④スクワット1RM、⑤スイングスピード(素振り)、⑥スイングスピード(ティー打撃)。今後はさらに、強化の指導現場に対して直接的に示唆を与えられるような専門的な測定に移行されていくと考えられる。トップ選手の生理的な評価を行う場合は、組織的な取り組みの中で測定の意図を明確化し、その上で測定項目を選定する必要がある。

#### 2. 身体的特性について

体重移動を伴うスポーツでは、体脂肪率とパフォーマンスが負の相関関係<sup>26)</sup>にあることから、アスリートは余分に脂肪が蓄積しないよう注意を払う必要がある。しかしながら、身体の運動量が必要なスポーツでは、動きのスピードさえ維持することができれば体重が多いほど有利なので、選手は高い除脂肪体重と体脂肪率を示すことが多い<sup>10)</sup>。運動時のエネルギー供給の観点から、ソフトボールは大きな筋パワーに支えられた競技種目であると考えられ、大きな除脂肪体重はパフォーマンスに対して有利に作用すると考えられる。また、競技に守備や走塁といった体重移動が含まれることを考慮すると、体脂肪率は低い方が好ましいと言える。本研究のソフトボール選手は同年代の一般女性と比較して、身長と体重は高い値を示す一方で、体脂肪率に関しては低い値を示す傾向にあった<sup>2)</sup>(Table 4)。さらにBMIに関しては比較的高い値を示すことから、身長の割に筋量が多いことが推察される。これはオーストラリアの女子ソフトボール選手と同様の傾向であった<sup>9)</sup>(Table 4)。したがって、一流の女子ソフトボール選手は、持久的な競技種目を専門とするアスリートほど体脂肪

率は少なくは無いものの<sup>16)</sup>、それは低く抑えられており（すなわち至適なレベルにあり）、一方で身体の運動量を支える筋量は多いという特徴であった。

身体的特性をポジション間で比較すると、内野手と外野手との間に大きな違いはなかった。一方、投手と野手（内野手・外野手）を比較すると、身長、体重、除脂肪体重について違いが見られ、投手は野手よりも身長が高く筋量も多い、いわゆる大柄な選手が多い傾向にあった。これは類似競技である野球選手やオーストラリアの一流女子ソフトボール選手と同様の傾向であった<sup>6),9)</sup> (Table 5)。また、投手は野手に比べて守備や走塁の機会が少ないので、脂肪の蓄積がそれほど問題ではないと言われ、野手よりも高い体脂肪率がアメリカ・メ

ジャーリーグの野球選手で報告されている<sup>6)</sup>。また、近年の日本人のプロ野球選手においてもこの傾向は同じである（前川ら、未発表資料）(Table 5)。

本研究の結果も、投手と野手との体脂肪率に関して同様の傾向を示した。ソフトボールでは、近年のルール改正により指名選手（Designated player：通常 DP と呼ばれる）が導入され、これによって投手が打席に立つ必要がなくなった。実際に国際大会では、投手が打席に立つ機会は非常に稀であり、投球の専門職として試合に参加することがほとんどである。今回の結果で、投手が野手より体脂肪率が高い傾向を示したのも、競技動作やそれに伴うトレーニングの内容が影響していると考えられる。

表 4. 一般女性と女子ソフトボール選手の身体的特性の比較

Table 4 Characteristics of Young females and female softball players

		Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI	%Fat (%)	Reference
Young Japanese female	n=472	18-29	158.3 ± 5.0	50.0 ± 6.5	20.0 ± 2.5	24.0 ± 5.4	Ref. 2
Elite Japanese female softball player	n=28	22.8 ± 3.8	164.4 ± 5.1	67.0 ± 8.4	24.7 ± 2.6	19.6 ± 4.9	The present study
National level Australian female softball player	n=14		170.0 ± 5.6	71.6 ± 10.7	24.8		Modification from Ref.9
Collegiate female softball player	n=9	20.8 ± 0.7	161.4 ± 5.8	61.4 ± 9.2	23.6		Modification from Ref.22

表 5. 身長、体重、BMI、体脂肪率のポジション比較

Table 5 Position comparison of height, weight, BMI and %fat

	Position		Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI	%Fat (%)	Reference
International level Australian female softball player	Pitchers	n=10			80.9 (66.6-111.5)			Ref.9
	Outfielders	n=10			67.7 (55.0-77.5)			
	Infielders	n=11			72.7 (58.7-97.2)			
	Catchers	n=7			74.5 (69.0-81.1)			
Professional baseball player (Major-leaguer)	Pitchers	n=8	26.5 ± 4.1	189.3 ± 5.6	90.7 ± 9.1	25.3	13.6 ± 6.1	Modification from Ref.6
	Outfielders	n=8	28.6 ± 4.3	186.2 ± 4.3	82.9 ± 4.3	23.9	9.7 ± 3.3	
	Infielders	n=8	27.3 ± 3.8	184.4 ± 4.2	80.3 ± 7.6	23.6	9.6 ± 3.0	
Japanese professional baseball player	Pitchers	n=27	25.2 ± 3.8	180.4 ± 5.1	86.4 ± 7.6	26.6 ± 2.2	17.0 ± 4.1	Maegawa et al, unpublished data
	Outfielders	n=9	28.6 ± 6.7	177.8 ± 5.7	81.1 ± 4.7	25.7 ± 1.7	15.5 ± 4.3	
	Infielders	n=15	26.6 ± 5.3	179.9 ± 4.8	83.2 ± 8.7	25.7 ± 2.1	14.2 ± 6.0	
	Catchers	n=6	27.5 ± 6.3	178.0 ± 2.7	86.8 ± 4.0	27.4 ± 2.0	16.4 ± 5.2	

### 3. 上肢の筋力について

本研究の握力と背筋力の結果を大学生の女子ソフトボール選手と比較すると、握力は約 12%大きかったが、背筋力は同程度であった<sup>22)</sup>。Table 4 に両者の体格の違いを示したが、本研究の対象選手の方が筋量が多いことが推察される。したがって、握力よりも動員される筋群が多くなる背筋力ではその差が顕著になると思われたが、同程度であったことは予想外の結果であった。肘関節屈曲および伸展トルクを日本人のプロ野球選手と比較すると、いずれも 65~70%程度の値であった(前川ら, 未発表資料)(Table 6)。小川らの報告では女子ソフトボール選手の静的筋力は男子ソフトボール選手の 70~80%程度であった<sup>22)</sup>。これを性差と考えると、本研究の対象者は、握力を除く上肢の静的筋力に関して競技レベルに見合った水準にあるとは言い難い。非常に高い水準にあるものの、後述する下肢の筋力や疾走能力と比べるとバランスを欠いているように思える。

上肢の静的筋力をポジション間で比較すると、肘関節屈伸トルクでは野手よりも投手の方が高い傾向を示したが、全ての測定項目で有意な差は見られなかった。身体的特性でも述べたが、投手は野手に比べ除脂肪体重が多いことから、等尺性筋力も大きくなることが予測された。しかしながら、ポジション間で差がなかったことから、投手は野手よりも筋量に見合うだけ筋力を発揮できていない可能性がある。日本人のプロ野球選手においても同様で、ポジション間で体格差があるにも関わらず上肢の静的筋力に差はなかった(前川ら, 未発表資料)(Table 6)。ソフトボール投手の筋力トレーニングでは、高強度な腕のエクササイズはシーズン中は避けることが述べられている<sup>24)</sup>。つまり、機会の不足からくる運動単位の活動水準の低下が、筋力発揮に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

上肢の動的筋力では、上肢伸展および屈曲パワー値において投手は野手よりも低い傾向を示し、体重当たりのパワー値でその差は有意であった。静的筋力にポジション間で差が無いことを考える

と、多様な動きを求められる野手は、それら動作に付随して動的筋力が発達したと考えられる。そしてこれらが、動的な筋力発揮に関するポジション間の相違を生じさせていると推察される。

### 4. 下肢の筋力について

本研究における膝関節屈伸トルクは、日本人のプロ野球選手の 65~75%程度の値であった(前川ら, 未発表資料)(Table 6)。一方、膝関節屈曲トルクは、日本人のプロ野球選手の 80~90%程度の値を示し、また男子大学生の競技経験豊かな野球選手と比較すると同程度かそれ以上であり、下肢の筋の発達バランスにおいて類似競技である野球との違いが見られた<sup>15)</sup>(前川ら, 未発表資料)(Table 6)。つまり女子ソフトボール選手では、膝関節伸展筋群に対する膝関節屈曲筋群が相対的に強いことを意味している。これは、高い疾走能力が必要とされる競技種目の発達特性に似ている。ソフトボールのフィールドは野球のそれよりも狭く、その中で守備の特性としてスタートダッシュに似た疾走動作が頻繁に繰り返される。このような競技種目特性が、膝関節屈曲筋群の発達に関与していると考えられる。

下肢の静的筋力をポジション間で比較すると、膝関節伸展トルクにおいて野手よりも投手の方が低い傾向を示したが、全ての測定項目で有意な差は見られなかった。体格(筋量)の差を考慮すると、上肢の結果と同じく、投手は野手よりも等尺性筋力が筋量に見合うだけ発揮できていない可能性がある。ソフトボール選手や類似競技である野球選手の下肢の静的筋力発揮に関して、投手と野手の差異を検討した研究は行われておらず、この点に関してはより詳細な検討が必要であろう。

下肢の動的筋力については、下肢伸展パワー値(絶対値)において投手は野手よりも低い傾向を示し、体重当たりのパワー値でその差は有意であった。下肢の動的筋力において投手よりも野手の方が優れているという傾向は、類似競技である野球の報告とは逆の結果であった(ただし等速性筋力測定により評価)<sup>6)</sup>。さらに、ペダリング運動に

より求められた最大無酸素パワーでも、野手は投手よりも優れていたことから（すなわち無酸素性の代謝能力が高い）、筋力のみならず下肢筋群の代謝特性にもポジション間で違いがあると考えられる。野手の守備の特性として、内野であれば移動距離は 5m 前後の反復動作、外野であっても 10m 前後の反復動作であり、方向転換も頻繁に含まれる。このような守備動作とそれに伴うトレーニングの内容の違いが、下肢筋群の動的筋力および無酸素性の代謝能力の発達に影響している可能性がある。

#### 5. 疾走能力について

疾走能力を決定する生理学的な要因として筋繊維組成、除脂肪体重、最大無酸素パワー、脚筋力などが報告されている<sup>3), 13), 27)</sup>。本研究では 30m 走記録とその際の最高疾走速度において、体重当たりの最大無酸素パワーや体重当たりの下肢伸展パワーと高い相関関係が認められた。したがってソフトボール選手の疾走能力には、下肢筋群の無酸素的な代謝能力が大きく関与していると推察される。男女ソフトボール選手の報告<sup>21)</sup>では、50m 走記録や 100m 走記録とベースランニング走の記

録との間に高い相関を認めていることから、疾走能力が優れている方が走塁にも有利であると考えられる。しかし、膝関節の等速性筋力（伸展および屈曲）（0, 60, 180, 300, 400, 500deg/sec）と 50m 走記録、100m 走記録との間には相関を認めていなかった。したがってソフトボール選手の場合は、単に下肢の筋力を高めることが疾走能力を高めるとは限らないようである。

30m 走記録、ならびにその際の最高疾走速度は、いずれも投手より野手が優れた値を示した。先にも述べたが、走塁の機会や守備動作に関して投手と野手とでは大きな違いがあること、そして下肢筋群の最大無酸素パワーにも差があることを考えると、本研究の結果は妥当であると考えられる。また、アテネオリンピック代表の選考基準の重点に、「足を使った攻撃」や「俊足・強肩で固めたディフェンス」が上げられていたように<sup>25)</sup>、近年の戦術においては、優れた下肢の運動能力が野手に求められている。さらに、今回の測定に参加した対象者の多くはアテネオリンピックの代表選手に選出されていることから、今回の集団の特徴として投手と野手との差異が顕著に現れたと推察される。

表 6. 野球選手とソフトボール選手の静的筋力

Table 6 Isometric muscle strength of baseball player and softball players

			Grip strength (kg)	Elbow extension torque (Nm)	Elbow flexion torque (Nm)	Knee extension torque (Nm)		Knee flexion torque (Nm)		Back strength (kg)	Reference
Japanese professional baseball player			54±6							206±20	Ref. 12
Japanese professional baseball player	Pitcher	n=22	59.2 ± 6.3 (Right)	67.4 ± 8.4 (Dominant-arm)	73.7 ± 11.1 (Dominant-arm)	284.6 ± 60.5 (Right)	272.7 ± 57.5 (Left)	152.8 ± 33.4 (Right)	157.2 ± 27.8 (Left)	192.9 ± 32.3	Maegawa et al, unpublished data
Japanese professional baseball player	Fielder	n=18	60.1 ± 7.1 (Right)	69.7 ± 8.4 (Dominant-arm)	72.9 ± 14.1 (Dominant-arm)	242.3 ± 41.7 (Right)	232.8 ± 39.3 (Left)	141.3 ± 38.7 (Right)	146.3 ± 29.1 (Left)	188.6 ± 27.6	Maegawa et al, unpublished data
Collegiate baseball player	Pitcher	n=25	55.1 ± 8.7 (Dominant)	53.7 ± 10.2 (Dominant-arm)	69.2 ± 12.7 (Dominant-arm)	230.0 ± 58.0 (Slide leg)	226.5 ± 67.1 (Pivot leg)	103.1 ± 33.3 (Slide leg)	115.8 ± 32.2 (Pivot leg)		Ref. 15
Collegiate male softball player		n=9	52.1 ± 6.2 (Right)							156.3 ± 20.5	Ref. 22
Collegiate female softball player		n=9	38.0 ± 4.5 (Right)							123.0 ± 20.7	Ref. 22

## V. まとめ

本研究では、世界トップクラスにある日本人の女子ソフトボール選手が、身体的および体力的にどのような特性をもつのかを明らかにすることを目的とした。

身体的特性として一流の女子ソフトボール選手は、一般標準値より少ない体脂肪率と比較的大きな除脂肪体重を示すことが明らかとなった。さらにポジション特性も存在し、投手は野手に比べて身長、体重、除脂肪体重で高い値を示し、いわゆる大柄な体格であることが認められた。

静的筋力発揮は、大学生の女子ソフトボール選手や性差を考慮したプロ野球選手との比較から、高い水準にあるものの競技レベルに見合った水準まで高められていない可能性が示唆された。ポジション間で比較すると、これらは身体の大きさに帰さないことがわかり、技術的な要素の高い競技種目と言えども、ある一定水準の体力を基に技術の向上がはかれる可能性を示す結果とも考えられる。

動的筋力発揮ではポジション特性が顕著に現れ、野手は投手よりも優れた能力を有していることが明らかとなった。特に下肢の筋力については無酸素的な代謝能力にも違いが観察され、疾走能力にも影響を与えていることから、筋の代謝特性や収縮特性を考慮したトレーニングを取り入れる必要があると考えられる。

以上のことから、女子ソフトボール選手の身体的および体力的特性には、ソフトボール競技に特化した競技種目特性およびポジション特性が存在することが示唆された。本研究の結果は、ジュニア期からの一貫指導の目標（基準）づくりにも役立ち、さらには科学的な思考に基づいたトレーニングプログラムの作成や処方を行う上で重要な知見と考えられる。

## VI. 参考文献

- 1) Alexander, M.J., J.B. Haddow: A kinematic analysis of an upper extremity ballistic skill: the windmill pitch. *Can. J. Appl. Sport Sci.*, 7: 209-217, 1982.
- 2) Arimatsu, M., T. Kitano, N. Kitano, T. Inomoto, M. Shono, M. Futatsuka: Correlation between forearm bone mineral density and body composition in Japanese females aged 18-40 years. *Environ. Health Prev. Med.*, 10: 144-149, 2005.
- 3) 麻場一徳, 勝田茂, 高松薫, 宮下憲: スプリンターの疾走速度と外側広筋の筋繊維組成および毛細血管分布との関係, *体育学研究*: 35, 253-260, 1990.
- 4) Bray, D.A., J.D. Cantwell: Fitness evaluation of a major league baseball team. *J. Med. Assoc. Ga.*, 75: 542-547, 1986.
- 5) Brozek, J., F. Grande, J.T. Anderson, A. Keys: Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110:113-140, 1963.
- 6) Coleman, A.E.: Physical characteristics of major league baseball players. *Phys. Sportsmed.*, 10: 51-57, 1982.
- 7) Coleman, A.E.: In-season strength training in major league baseball players. *Phys. Sportsmed.*, 10: 125-132, 1982.
- 8) Dempster, P., S. Aitkens: A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27: 1692-1697, 1995.
- 9) Ellis, L., P. Smith, D. Aitken, L. Penfold, B. Crudginton: Protocols for the physiological assessment of softball players, In: *Physiological tests for elite athletes / Australian Sports Commission*, edited by Gore, C.J., Champaign IL: Human Kinetics, pp. 363-371.
- 10) Fahey, T. D., L. Akka, R. Rolph: Body composition and VO<sub>2</sub>max of exceptional weight-trained athletes. *J. Appl. Physiol.* 39:

- 559-561, 1975.
- 1 1) Hagerman, F.C., L.M. Starr, T.F. Murray: Effects of a long-term fitness program on professional baseball players. *Phys. Sportsmed.*, 17: 101-119, 1989.
- 1 2) 平野裕一: 野球選手の体力的特性, *J. J. Sports Sci.*, 6: 712-719, 1987.
- 1 3) 生田香明, 根本哲朗, 栗本崇志, 播本定彦: 敏捷性・筋力・パワーからみた短距離疾走能力, *体育学研究*, 26: 111-117, 1980.
- 1 4) 加賀谷熙彦: 学校教育と体力テスト, *J. J. Sports Sci.*, 14: 187-191, 1995.
- 1 5) 勝亦陽一, 長谷川伸, 川上泰雄, 福永哲夫: 投球速度と筋力および筋量の関係, *スポーツ科学研究*, 3: 1-7, 2006.
- 1 6) 国立スポーツ科学センター (編): 国立スポーツ科学センター形態・体力測定データ集 2007, 国立スポーツ科学センター, 東京, 2008.
- 1 7) Miller, R.G., C.T. Shay: Relationship of reaction time to the speed of a softball. *Res. Q.*, 35(Suppl): 433-437, 1964.
- 1 8) 文部省 (編): 新体力テスト, ぎょうせい, 東京, pp97-116, 2000.
- 1 9) 日本体育協会スポーツ科学委員会 (編): 体力テストガイドブック, ぎょうせい, 東京, pp102-104, 1991.
- 2 0) 中村好男, 武藤芳照, 宮下充正: 最大無酸素パワーの自転車エルゴメーターによる測定法, *J. J. Sports Sci.*, 3: 834-839, 1984.
- 2 1) 小川幸三, 大貫克英, 松田竜太郎, 長谷川健, 菅田真理, 清田寛, 大和眞: ソフトボール男女選手の等速性筋力と Performance に関する研究, *日本体育大学紀要*, 29: 57-64, 1999.
- 2 2) 小川幸三, 田中徹浩, 戴鶴峰, 武田基一, 岩井由香里, 菅田真理, 清田寛, 大和眞, 中野昭一: 男女ソフトボール選手の頸部および体肢の動脈直径と体格, 体力の比較, *日本体育大学体育研究所雑誌*, 26: 81-86, 2001.
- 2 3) 奥野暢通, 後藤幸弘, 島田三千男: ウィン  
ドミル投法の筋電図的分析 - 競技レベルによる相違とボール速度の変化を中心にして -, *体育学研究*, 36: 141-155, 1991.
- 2 4) Rutherford, M.: The windmill softball pitch. *NSCA Journal*, 7: 4-5, 70-79, 1985.
- 2 5) ソフトボール・マガジン 2004 年 7 月号, ベースボール・マガジン社, 東京, p74, 2004.
- 2 6) Wilmore, J. H.: Body composition in sport and exercise: directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15: 21-31, 1983.
- 2 7) Young, W., B. McLean, J. Ardagna, J.: Relationship between strength qualities and sprinting performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 35:13-19, 1995.

Abstract

**Physiological characteristics and fitness levels of elite Japanese female softball players**

This study investigated the physiological characteristics and fitness levels (in terms of body composition, muscle strength, specific performance including sprint ability and agility, etc.) of international-level female softball players (nine pitchers, eight infielders, eight outfielders, and three catchers), and provided the physical performance standards of this specific athlete group.

Lean body mass of elite female softball players was much higher than that of their contemporaries. Further, this tendency was more noticeable among pitchers than among fielders. The static muscle strength of these players' upper/lower extremities was high and showed no significant correlation with position. In contrast, the players' dynamic muscle strength of upper/lower extremities significantly differed with position. Dynamic muscle strength of the fielders was higher than that of the pitchers. Further, sprint ability exhibited a similar tendency. These two might be influenced by the difference in the metabolic profile of lower extremities.

In conclusion, elite female softball players' physiological profiles differ with position.

Key words: Softball, Female, Performance Characteristics, Muscle Strength, Sprint Ability