女子野球選手のバットスイング速度に関連する体力要素

渡邊裕也1),来田宣幸2),甲斐義浩3),森原 **徹**4,5)

Physical fitness variables related to bat swing speed in female baseball players

Yuya Watanabe, Noriyuki Kida, Yoshihiro Kai, and Toru Morihara

SUMMARY

Previous studies reported significant positive correlations between physical variables such as lower-limb muscular power and annual hitting records in baseball players. Thus, physical variable factors may contribute to batting performance. This study examined the relationship between physical fitness or body composition and bat swing speed in female baseball players.

Thirty-two Japanese female professional baseball players (21.9 ± 3.2 years) participated in this study. Height, body mass, lean body mass (upper-limb, trunk, lower-limb, and whole body), grip strength, back strength, knee extension strength, hamstring extensibility, vertical jump height, reaction time, and bat swing speed were measured at preseason. Body mass index was calculated by dividing weight by height squared. Vertical jump index was calculated by multiplying the vertical jump height by weight.

Lean body mass showed significant positive correlations with bat swing speed [upper-limb (r = 0.415), trunk (r = 0.415) (0.390), lower-limb (r = 0.376), and whole body (r = 0.408): P < 0.05]. Similarly, age (r = 0.537: P = 0.002), knee extension strength (r = 0.415: P = 0.018), and vertical jump index (r = 0.442: P = 0.013) were significantly correlated with bat swing speed. When partial correlation analysis was performed with age as control variable, these correlations were found to become weaker and insignificant. Vertical jump index, however, showed the highest partial correlation of 0.359 (P = 0.052), which is close to critical value of significance but did not reach the significant level.

This study showed that skeletal muscle mass, lower-limb strength, lower-limb muscle power, and age were related to bat swing speed in female baseball players. Age can be interpreted as a term of competitive and training experiences, which has both positive (e.g., improvement of performance skill) and negative (e.g., increase in injury risk) aspects for players. However, this study cannot clearly conclude a relationship between age and bat swing speed. Improvement of body composition and physical function may positively affect batting performance and thus hitting performance in women baseball players.

Key words: female athlete, competitive sports, lower-limb power, hitting performance.

²⁾ 京都工芸繊維大学基盤科学系

³⁾ 京都橘大学健康科学部

⁴⁾ 丸太町リハビリテーションクリニック

⁵⁾ 京都府立医科大学整形外科

¹⁾ 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所 Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan. Faculty of Arts and Sciences, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan.

Faculty of Health Science, Kyoto Tachibana University, Kyoto, Japan.

Marutamachi Rehabilitation Clinic, Kvoto, Japan,

Department of Orthopedics, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kyoto, Japan.

緒言

体力は、筋力や筋パワー、全身持久力など多くの要素に分類される。競技種目によって、どの体力要素がより重要なのかは異なるが、基本的に体力はスポーツパフォーマンスを裏打ちしている。実際に、ハイレベル選手が非常に優れた基礎体力を有することは広く知られている。これは、野球にも当てはまる^{1,2)}。野球の打撃においては、打球の速度や飛距離が重要な要素となるが、これらはバットスイング速度に依存する。そのため、バットスイング速度を高めることは、打撃パフォーマンス向上に必要な戦略となる。

先行研究では,優れた体力,特に筋力や筋パ ワーが打撃パフォーマンスに貢献していることが 多数報告されている。澤村ら3)は、男子大学生選 手(野手のみ)を対象に、各種体力要素とバットス イング速度との関連性を検討し、引き手の握力(r = 0.516), デットリフトパワー (r = -0.586), メ ディシンボールスローによる体幹回旋パワー (r = 0.438), 30 m 走 (r = -0.401) との間に中等度 からやや高い相関関係を認めた。小野寺ら⁴⁾は、 男子大学生選手においてスクワットおよびベンチ プレスの最大挙上重量がバットスイング速度と有 意な正の相関関係を有することを報告した(スク ワットr = 0.398、ベンチプレスr = 0.509)。堀内 ら5)は、硬式野球部に所属する男子大学生選手お よび男子社会人選手を対象とし、バッティング動 作における下肢および体幹の力学的エネルギーの 流れについての研究を行った。そのなかで、体幹 の関節および両側股関節は力学的エネルギーの発 生源であり、体幹部は力学的エネルギーの伝達経 路としての役割を果たしていると主張している。 これらの先行研究から、野球におけるバットスイ ング速度には、体幹および下肢の筋力が関係して いることが推測できる。更に、Hoffman らは、ア メリカ人男子プロ野球選手において握力、下肢筋 パワー、除脂肪量がホームランや長打率といった シーズンの打撃成績と有意に関連することを報告 した⁶。優れたバッティング能力の基盤となる高

い身体機能が長期的な打撃成績に貢献していると 考えられる。しかしながら、こういった知見は、 男子選手を対象とした研究によるものであり、女 子選手を対象とした報告はほとんどない。

一方,我々の研究グループは,日本人女子プロ野球選手において,シーズン前に評価した下肢筋パワーがシーズン中の塁打,長打率,盗塁数などと有意な相関関係を有することを報告した⁷⁾。いくつかの体力要素が打撃成績と関連していることから,女子選手でも各種体力がバッティング能力に寄与している可能性が高い。そこで本研究では,女子野球選手を対象にバットスイング速度と体格,体組成,身体機能の関連を検討することで,バッティングパフォーマンス向上に寄与する要素を探索することを目的とした。

方 法

A. 対象者

本研究では、日本女子プロ野球リーグ所属選手 および入団確定選手、合計32人(21.9±3.2歳)を対 象者とした。このうち6人が投手、4人が捕手、 7人が内野手、9人が外野手、5人が投手兼内野 手、1人が投手兼外野手であった。

本研究は、京都府立医科大学医学倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号: RBMR-C-1197-2)。対象者は研究に参加する前に研究の目的、実験手順、起こりうる危険について十分な説明を受けた。研究を開始する前に対象者全員から自署の同意書を得た。

B. 研究プロトコル

測定はプレシーズン中に京都府立医科大学附属病院において行われた。対象者は測定に1回参加し、体格、身体組成、身体機能、バットスイング速度が評価された。身体機能の評価項目は握力、背筋力、膝伸展筋力、下肢柔軟性、下肢筋パワー、反応速度であり、文部科学省推奨の新体力テスト®および先行研究7,9-13)で示された手順に基づいて評価した。なお、反応速度は神経系の要素による影響を検討するために測定に含めた。すべての測定は医師の監督下で行われた。測定時間は2時

間程度であった。

C. 測定項目

1. 体格および身体組成の評価

体格の指標として身長および体重を測定した。 アナログ式身長計を用いて直立姿勢における足底 から頭頂までの長さを身長として評価した。体重 および除脂肪量,体脂肪率は体組成計(InBody530, Biospace 社製)を用いて評価した。なお,除脂肪 量は上肢,下肢,体幹,全身で評価した。また, 体重を身長の二乗で除して body mass index(BMI) を算出した。

2. 身体機能の評価

1) 握力

デジタル握力計(TKK5401, 竹井機器工業社製)を用いて両側の握力を測定した⁷⁻⁹⁾。対象者は両足を肩幅程度に開き,直立姿勢で握力計を握った。測定中,握力計が大腿部に触れないように指示した。測定は短い休憩を挟んで左右交互に2回ずつ行い,利き手および非利き手の高値を評価値として採用した。

2) 体幹伸展筋力

デジタル背筋力計(TKK5002, 竹井機器工業社製)を用いて体幹伸展筋力を測定した⁷⁾。対象者は膝を伸ばした状態で体幹をやや前傾させた姿勢でハンドルを順手で握った。測定者は対象者の体幹の前傾角度が30度になるように鎖の長さを調節した。対象者には膝を曲げずに体幹を伸展させるように指示した。測定は短い休息を挟んで2回行い、高値を評価値として採用した。

3) 膝伸展筋力

片脚用筋力測定台(TKK5715, 竹井機器工業社製)およびテンションメーター(TKK5710e, 竹井機器工業社製)を用いて右脚の等尺性膝伸展筋力を測定した⁹⁻¹²⁾。測定姿勢は座位で, 膝関節角度は90度屈曲位とした。測定は短い休息を挟んで2回行い, 高値を評価値として採用した。

4) 下肢筋パワー

下肢筋パワーは、ジャンプメーター(TKK5106、 竹井機器工業社製)を用いて計測した垂直跳び高 で評価した^{7,9,10)}。対象者はジャンプメーターのベ ルトを腰に巻き、装置のゴム板の上から可能な限り高く跳躍するように指示された。なお、上肢のスイングや反動動作が認められた。測定は短い休息を挟んで2回行い、高値を評価値として採用した。

また、本研究では垂直跳び高に体重を乗じた値である垂直跳びインデックス^{8,13)}を算出した。垂直跳び高が同じであっても体重が異なれば、発揮したパワーは当然異なるので、この値は相対的な下肢筋パワーの指標となる。

5) 下肢柔軟性

ハムストリングスの柔軟性を評価するために、両脚のストレートレッグレイズテストを実施し、ゴニオメーター (TTM-KO, 堺医療社製)を用いて股関節屈曲角度を評価した⁷⁾。測定は3人の理学療法士によって行われた。1人目は対象者の片方の脚を膝が完全に伸びた状態で持ち上げ、2人目は反対側の脚や骨盤を固定した。3人目は股関節最大屈曲位での屈曲角度を測定した。なお、この測定前にはウォーミングアップまたはストレッチングは行われなかった。測定は2回ずつ行い、ピボット脚およびストライド脚の高値を評価値として採用した。

6) 反応速度

全身反応測定器(TKK5408, 竹井機器工業社製)を用いて光刺激に対する身体反応の時間(秒)を測定した。装置から約1m離れた場所にマットを置き、対象者はマットの上に立った。測定を行う前に、装置のフラッシュが点灯し、点灯してから可能な限りすばやく両足がマットから離れるまでの時間を計測することを説明した。動作確認と練習試行1回の後に測定を行った。測定は短い休息を挟んで5回行い、最小値を評価値として採用した。

3. バットスイング速度

本研究では、バットスイング速度を野球の打撃パフォーマンスの代理指標とした。バットスイング速度はスピード計測器(Red Eyes Pocket、PRGR 社製)を用いて測定した。装置を、投手がストライクゾーンの中心に投じた場合のボールの軌道を

想定した位置に設置した。対象者には全力でバットスイングを行うよう説明した。数回の練習試行の後、3回の測定が行われ、最高値を測定値として採用した。なお、全対象者の全スイングに金属製バット(84 cm, 900 g, MACJACK SR717, Rawlings 社製)を使用した。

D. 統計処理

統計解析は SPSS (version 25.0, IBM 社製)を用いて行った。各測定から得られたデータの代表値と散布度は平均 ± 標準偏差で示した。各変数間の相関関係は、ピアソンの積率相関係数を算出して評価した。更に、バットスイング速度を目的変数、各測定値を説明変数とした単回帰分析を行い、関係の有意性を確認した。また、年齢にはトレーニング歴や競技歴が含まれることから、年齢を制御変数とした偏相関分析を行い、各測定値とバットスイング速度の関係を検討した。すべての検定

で*P*<0.05を有意とした。

結 果

表 1 に得られた測定値をまとめた。女子プロ野球選手のバットスイング速度は25.3±2.6 m/秒であった。また,表 2 に各種変数とバットスイング速度との相関関係を示した。バットスイング速度は,各種除脂肪量(上肢 r=0.415, 体幹 r=0.390, 下肢 r=0.376, 全身 r=0.408:P<0.05),膝伸展筋力(r=0.415:P=0.018),垂直跳びインデックス(r=0.442:P=0.013)および年齢(r=0.537:P=0.002)との間に有意な相関関係を認めた。その他の項目では,有意な相関関係は確認されなかったが,体重(r=0.312:P=0.082),利き手の握力(r=0.326:P=0.074),垂 直跳び高(r=0.337:P=0.064)はバットスイング速度と弱い相関関係をもつことが観察された。

表 1. 女子プロ野球選手の体格, 体組成, 身体機能パラメーター Table 1. Anthropometric and physical fitness parameters of female professional baseball players.

	=	-	
Variable	Mean ± SD	Range	n
Age (yr)	21.9 ± 3.2	17 – 31	32
Height(cm)	164.0 ± 5.6	149.0 - 177.0	32
Body mass (kg)	59.4 ± 7.0	49.4 - 74.5	32
$BMI(kg/m^2)$	22.0 ± 1.9	18.3 - 25.0	32
Lean body mass (kg)			
Upper-limb	4.5 ± 0.6	3.6 - 5.7	32
Trunk	20.1 ± 1.8	17.0 - 23.4	32
Lower-limb	14.8 ± 1.6	10.5 - 18.3	32
Whole body	39.4 ± 3.8	31.2 - 46.3	32
Fat persent (%)	20.8 ± 4.1	13.6 - 28.0	32
Hand grip strength			
Dominant hand (kg)	33.4 ± 4.1	24.0 - 44.3	31
Non dominant hand (kg)	31.9 ± 4.0	25.5 - 40.8	31
Back strength (kg)	105.3 ± 16.5	77.5 - 136.5	31
Knee extension strength (kg)	61.7 ± 14.1	38.4 - 98.1	32
Straight leg raise (deg)			
Pivot leg	63.9 ± 12.6	38.0 - 92.0	32
Stride leg	64.0 ± 11.8	45.0 - 94.0	32
Vertical jump height (cm)	47.7 ± 5.0	39.0 - 59.0	31
Vertical jump index (m·kg)	28.3 ± 4.6	20.8 - 39.2	31
Reaction time (s)	0.294 ± 0.035	0.230 - 0.400	32
Bat swing speed (m/s)	25.3 ± 2.6	18.9 - 29.9	32

BMI: body mass index.

表 2. バットスイング速度と各種変数との相関係数 Table 2. Correlation coefficient with bat swing speed.

Variable	r	Р
Age	0.537	0.002
Height	0.246	0.174
Body mass	0.312	0.082
BMI	0.216	0.235
Lean body mass		
Upper-limb	0.415	0.018
Trunk	0.390	0.027
Lower-limb	0.376	0.034
Whole body	0.408	0.020
Fat persent	-0.147	0.422
Hand grip strength		
Dominant hand	0.326	0.074
Non dominant hand	0.174	0.348
Back strength	0.153	0.410
Knee extension strength	0.415	0.018
Straight leg raise		
Pivot leg	0.145	0.430
Stride leg	0.040	0.828
Vertical jump height	0.337	0.064
Vertical jump index	0.442	0.013
Reaction time	0.103	0.576

BMI: body mass index.

表 3 に年齢を制御変数としたときの各測定値と バットスイング速度との偏相関係数をまとめた。 すべての項目でバットスイング速度との間に有意 な関係が認められず、垂直跳びインデックスにお いて弱い関係が観察されるにとどまった (Partial r = 0.359: P = 0.052)。

考察

本研究の目的は、女子野球選手を対象にバットスイング速度と体格、身体組成、身体機能の関連を確認し、バッティングパフォーマンス向上に寄与する要素を探ることであった。単回帰分析の結果、膝伸展筋力、垂直跳びインデックスがバットスイング速度と関連することが明らかになった(表2)。その他、年齢ならびに除脂肪量についても有意な関連が観察された。なお、バットスイング速度との関係性は年齢で最も強く(表2)、得られた相関係数から計算した寄与率は28.8%であっ

表 3. バットスイング速度と各種変数との偏相関係数 Table 3. Partial correlation coefficients with bat swing speed.

Variable	r	P
Height	0.246	0.191
Body mass	0.219	0.245
BMI	0.079	0.679
Lean body mass		
Upper-limb	0.239	0.204
Trunk	0.236	0.209
Lower-limb	0.226	0.230
Whole body	0.246	0.190
Fat persent	-0.008	0.968
Hand grip strength		
Dominant hand	0.050	0.793
Non dominant hand	0.050	0.793
Back strength	0.110	0.563
Knee extension strength	0.297	0.111
Straight leg raise		
Pivot leg	-0.155	0.413
Stride leg	-0.260	0.166
Vertical jump height	0.268	0.152
Vertical jump index	0.359	0.052
Reaction time	0.159	0.402

Control variable: age. BMI: body mass index.

た。年齢は、競技歴やトレーニング歴も反映しており、女子野球選手のバッティング能力に一定の影響をもつと解釈できる。年齢にはポジティブとネガティブの両面が包含されるため、本研究から明確な結論は得られないが、骨格筋量、下肢筋力、筋パワーの強化がバッティングパフォーマンス、ひいては打撃成績に貢献する可能性がある。ただし、因果関係を正しく推論し、結論づけるには交絡因子を適切に調整した研究が必要となる。

本研究の対象者は日本人女子プロ野球選手であった。野球と類似した競技であるソフトボールの日本代表女子選手(同年代:22.8±3.8歳)の体格データをみると、身長164.6±5.1 cm、体重67.0±8.4 kg、BMI 24.7±2.6、全身除脂肪量53.5±4.3 kg、体脂肪率19.6±4.9%であった¹⁴⁾。両者の値を比較すると、身長と体脂肪率はほぼ同程度であるが、女子プロ野球選手の体重、BMI、除脂肪量は女子ソフトボール選手より低い値であった。オースト

ラリアの女子ソフトボール選手(代表レベル)の体 格データとの比較においても同じ傾向が認められ た15)。女子プロ野球選手は、身長のわりに骨格筋 量が少ないといえる。また、上記日本人女子ソフ トボール選手の握力(右手)は42.6±4.9 kg, 背筋力 は120.0±12.0 kg, 膝伸展筋力(右脚)は171.2±34.6 Nm であった¹⁴⁾。本研究で得られた女子プロ野球 選手の握力(利き手) は33.4±4.1 kg, 背筋力は 105.3±16.5 kg であった。また、得られた膝伸展 筋力(kg)に下腿長(cm)を乗じて膝伸展トルクを 算出すると、女子プロ野球選手の膝伸展トルクは 229.5±62.5 Nm であった。体力データを比較する と、女子プロ野球選手の握力や背筋力は劣ってい たが、膝伸展筋力は優れていた。膝伸展筋力が強 い点は女子プロ野球選手の特徴なのかもしれない。 この点は、本研究の対象者16人を含む女子プロ野 球選手57人の体力データを報告した我々の先行研 究においても確認されている⁷⁾。

男子野球選手を対象とした先行研究では、握力 (引き手)、下肢や体幹の筋力および筋パワーと いった体力要素がバットスイング速度と中等度か らやや高い相関関係をもつことが報告されてい る3-5)。女子プロ野球選手を対象とした本研究に おいても、膝伸展筋力、垂直跳びインデックスは バットスイング速度と有意な中等度の相関関係を, 握力(利き手)は有意ではないものの弱い相関関係 を有することが確認された。男子野球選手と同様 に女子野球選手においても、こういった体力要素 がバッティングパフォーマンスに貢献しているも のと推察される。加えて、本研究では、上肢、下 肢,体幹,全身の除脂肪量とバットスイング速度 との間に有意な相関関係が認められた(表2)。な お、相関係数から判断すると、スイング速度には 上肢除脂肪量がやや強く関連しているかもしれな い(寄与率:上肢17.2%,下肢14.1%,体幹15.2%, 全身16.6%)。その一方で、体脂肪率とバットス イング速度との間には有意な相関関係が観察され なかった(r = -0.147 : P = 0.422)。この結果は、 男子大学生野球選手を対象とした先行研究と一致 している¹⁶⁾。なお、本研究では、体重とバットス

イング速度との間に有意ではないが弱い相関関係が認められた(r = 0.312: P = 0.082)。得られた結果を総合的に勘案すると,回転中心の質量が大きいほど回転軸が安定し,すばやいスイング動作に貢献するが,力の発生源となる骨格筋の量がより重要であると考えられる。

本研究では、競技歴やトレーニング歴を含む年 齢が、骨格筋量および身体機能とバットスイング 速度の交絡因子と考えて、各測定値とバットスイ ング速度とのより直接的な関係を確認した。年齢 を制御変数とした偏相関分析の結果、単回帰分析 で有意な関係性が観察されていたすべての変数 (除脂肪量, 筋力, 筋パワー)において, バットス イング速度との間の相関係数は低下した。加えて, 関係の有意性も失われ、垂直跳びインデックスに おいてのみ弱い関係が認められた(Partial r= 0.359: P = 0.052: 表3)。この結果は、女子野球 選手において、年齢がバッティング能力に影響す ることを示唆している。年齢には、発育発達の時 間とともに競技練習やトレーニングに取り組む時 間など実践的な経験が含まれている。すなわち、 年齢は、成長やトレーニングに伴う体格および体 力の発達(身体的な成長)と野球に特化した身体の 使い方の習熟(技術的な成長)といったポジティブ な側面を含んでいる。ただし、その一方で、加齢 による体力低下や障害リスクの増大といった側面 もある。こういったネガティブな側面は、バット スイング速度など競技パフォーマンスの低下や現 役引退をもたらす可能性がある。このように年齢 は総合的な変数であるが、ポジティブな側面に焦 点をあてると、競技経験を通じた技術(スキル)の 習得がバットスイング速度に寄与していると解釈 できる。この視点に立つと、日本人女子野球選手 のバットスイング速度に直接関係する可能性があ る要素は下肢筋パワーであり、骨格筋量、膝伸展 筋力といった要素は競技歴を通じたバットスイン グ技術力を介した間接的な関係性を有するものと 推察される。したがって、女子野球選手のバット スイング速度の改善には単純な骨格筋量増加や筋 力強化のみでなく、実践的な経験の積み重ねによ

るバッティング技術の習得といったことも重要と考えられる。一方、ネガティブな側面に焦点をあてると、本研究で確認された年齢とバットスイング速度の関連は、能力の高い選手の選手生命が長かったことを反映した結果といえる。つまり、体力やバットスイング速度の低い選手は早い段階で引退した可能性や体力およびバットスイング速度の固体の活動を長く継続できた可能性が考えられる。ただし、本研究から年齢とバットスイング速度の関係の背景を探ることはできない。加えて、本研究の女子選手にもあられた年齢と体力との関係性が男子選手にもなった年齢と体力との関係性が男子選手にもおいて詳細な検討が求められる。

総括

女子野球選手のバットスイング速度に関連する 要素は骨格筋量,下肢筋力ならびに筋パワーと いった身体組成や体力であることが示された。こ れらの体力要素の強化がバッティングパフォーマ ンス向上に貢献する可能性がある。

謝辞

本研究の実施にあたり,ご協力いただきました日本女子プロ野球機構ならびに選手の方々に心より感謝申し上げます。

参考文献

- Kohmura Y, Aoki K, Yoshigi H, Sakuraba K, Yanagiya T. Development of a baseball-specific battery of tests and a testing protocol for college baseball players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2008; 22: 1051-8.
- Nakata H, Nagami T, Higuchi T, Sakamoto K, Kanosue K. Relationship between performance variables and baseball ability in youth baseball players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2013; 27: 2887-97.
- 3) 澤村省逸,鎌田安久, 栗林 徹,清水茂幸,上濱龍 也,黒川國児,福士宏紀.野球の投球速度・バット スイング速度に影響をもたらす体力因子.岩手大学 教育学部附属教育実践総合センター研究紀要. 2006; 5:53-62.
- 4) 小野寺和也, 白坂牧人, 入澤裕樹, 坪井俊樹. 大学 野球選手のスイング速度と体力要素の関係: スク

- ワット・ベンチプレス1RM とスイング速度の相関関係. 仙台大学紀要. 2019; 51(1): 1-7.
- 5) 堀内 元, 中島大貴, 桜井伸二. 野球のバッティン グにおける下肢および力学的エネルギーの流れ. 体 育学研究. 2017; 62(2): 575-86.
- Hoffman JR, Vazquez J, Pichardo N, Tenenbaum G. Anthropometric and performance comparisons in professional baseball players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2009; 23: 2173-8.
- 7) Watanabe Y, Yamada Y, Yoshida T, Matsui T, Seo K, Azuma Y, Hiramoto M, Miura Y, Fukushima H, Shimazu A, Eto T, Saotome H, Kida N, Morihara T. Relationship between physical fitness at the end of pre-season and the in-season game performance in Japanese female professional baseball players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2019; 33:1580-8.
- 8) 文部科学省. 新体力テスト実施要項. http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm (アクセス日: 2022年2月20日).
- 9) Kimura M, Mizuta C, Yamada Y, Okayama Y, Nakamura E. Constructing an index of physical fitness age for Japanese elderly based on 7-year longitudinal data: sex differences in estimated physical fitness age. Age (Dordr). 2012; 34: 203-14.
- 10) Yamada Y, Schoeller DA, Nakamura E, Morimoto T, Kimura M, Oda S. Extracellular water may mask actual muscle atrophy during aging. The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences. 2010; 65: 510-6.
- 11) Watanabe Y, Yamada Y, Fukumoto Y, Ishihara T, Yokoyama K, Yoshida T, Miyake M, Yamagata E, Kimura M. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. Clinical Interventions in Aging. 2013; 8: 993-8.
- 12) Yamada Y, Watanabe Y, Ikenaga M, Yokoyama K, Yoshida T, Morimoto T, Kimura M. Comparison of single- or multifrequency bioelectrical impedance analysis and spectroscopy for assessment of appendicular skeletal muscle in the elderly. Journal of Applied Physiology (1985). 2013; 115: 812-8.
- 13) Boussuge PY, Rance M, Bedu M, Duche P, Praagh EV. Peak leg muscle power, peak VO₂ and its correlates with physical activity in 57 to 70-year-old women. European Journal of Applied Physiology. 2006; 96: 10-6.
- 14) 前川剛輝, 柳沢 修, 船渡和男, 平野裕一. 一流ソフトボール選手における身体的および体力的特性. Japanese Journal of Elite Sports Support. 2010; 3: 13-27.
- 15) Ellis L, Smith P, Aitken D, Penfold L, Crudgington D.

Protocols for the physiological assessment of softball players. In: Gore CJ, Australian Sports Commission (eds), Physiological tests for elite athletes, Human Kinetics, Champaign IL, 2006; 363-71.

16) 小野寺和也, 白坂牧人, 森本吉謙, 入澤裕樹. 大学 野球選手における除脂肪量・体脂肪量とスイング速 度の関係. 仙台大学紀要. 2021; 52(2): 1-5.