

高校野球選手の体格：学年およびポジションでの比較

香川 雅 春^{*1, 2, 3, 4, 5} 泊 祐 葉^{*6} 上原 千恵子^{*1, 6, 7} 山下 隆太郎^{*8}
吉本 寛 那^{*9} 岩澤 茉莉子^{*1, 10} 高橋 大 悟^{*1}

Physique of Japanese high school baseball players: Comparisons between grades and positions

Masaharu KAGAWA^{*1, 2, 3, 4, 5}, Yuha TOMARI^{*6}, Chieko AZUMA-UEHARA^{*1, 6, 7}, Ryutaro YAMASHITA^{*8},
Kanna YOSHIMOTO^{*9}, Mariko IWASAWA^{*1, 10}, Daigo TAKAHASHI^{*1}

Abstract

Physique is an important factor that influences athletic performance. While body size and body composition have been considered to be associated with performance in baseball, knowledge on anthropometric characteristics, body composition, and somatotype of baseball players, especially of high school players, remain scarce. The present study aimed to investigate the physiques of Japanese male high school baseball players and to compare the results by school grade and position. A total of 32 male high school baseball players (16 in each grade) underwent anthropometry and body composition assessment. The 11th graders had significantly ($p < 0.05$ and $p < 0.01$ respectively) higher body mass index (BMI) and the upper body fat-free mass (FFM) than the 10th graders. Somatotypes showed the 11th graders to have significantly ($p < 0.05$) more mesomorphic and less ectomorphic ($p < 0.01$) physiques than the 10th graders. Despite no difference in somatotype, pitchers had significantly ($p < 0.05$ and $p < 0.01$ respectively) larger total and regional percentage fat than outfielders. The study also showed that 11th grade infielders had a significantly larger endomorphic somatotype than the 10th grade infielders and outfielders. The study indicated a possible difference in physique among high school male baseball players depending on their school grade and playing positions. Further investigation is warranted to understand the association between physique and baseball performance.

I. 背景

アスリートが勝利を得るための最重要課題であるパフォーマンスの維持・向上には、体力や運動技術、精神力が重要と考えられている¹⁻³⁾。そしてこれら体力や運動技術の向上には、身体サイズやプロポーションなどの形態、そして骨格筋量や体脂肪量などの身体組成が重要な役割を果たしている。参加しているスポーツ競技に対して望ましい形態学的特性を備え、また適切な身体組成をトレーニング、食事、休養のバランスから獲得しているアスリートはそうでないアスリートよりも有利であ

り、また頻繁な物理的衝撃が伴うスポーツ競技においては怪我や障害の発生リスクを軽減することが期待されている^{4, 5)}。そのため、同一競技においてトップアスリートは形態や身体組成など体格を形成する要因が似通ってくる⁶⁾。

野球は日本人にとって馴染みのある競技スポーツであり、令和2年度には男子高校生と男子大学生だけでもそれぞれ138,054名と26,907名の競技人口が存在する^{7, 8)}。野球における身体特性とパフォーマンスの関連については、形態や身体組成の関与は最小限とする研究⁹⁾がある一方で、身長や体重、あるいは除脂肪量が投球スピード

*1 女子栄養大学栄養科学研究所：Institute of Nutrition Sciences, Kagawa Nutrition University

*2 カーティン大学公衆衛生学部：School of Public Health, Curtin University

*3 クイーンズランド工科大学運動・栄養科学部：School of Exercise and Nutrition Sciences, Queensland University of Technology

*4 マヒドン大学公衆衛生学部：Faculty of Public Health, Mahidol University

*5 アイルランガ大学公衆衛生学部：Faculty of Public Health, Universitas Airlangga

*6 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科：Graduate School of Health and Sports Sciences, Juntendo University

*7 香川調理製菓専門学校：Kagawa College of Culinary and Confectionary Arts

*8 横浜総合病院：Yokohama General Hospital

*9 森永製菓株式会社トレーニングラボ：MORINAGA & CO., LTD. TRAINING Lab

*10 帝京平成大学健康メディカル学部：Faculty of Health and Medical Science, Teikyo Heisei University

や遠投距離、スイングスピード、長打率などに関連しているとの報告もある¹⁰⁻¹²。国内のプロ野球選手では1950年から2002年までの約50年間にわたり身長と体重が増加しており、一般男性と比べても常に一定の割合で大きいことが知られている^{10,13}。同様に、高校野球選手においても全国大会で準決勝まで勝ち進んだチームの方が身長や体重が大きい¹⁴ことが報告されていることから、野球において身体サイズが大きいことは有利である可能性が示唆される。

野球選手を対象とした先行研究では、これまで主に身体サイズや「重さ」の指標であるBody Mass Index (BMI: kg/m^2) や、体脂肪率をはじめとする身体組成の測定値を用いて身体的な特徴が報告されている。一方、同じBMIや体脂肪率であっても筋組織の発達度や脂肪組織の分布の違いによって形作られる体格や体型を報告している研究は少ない。個人が持つ体格はソマトタイプとして体格を構成している要因を数値化し、体型を類型することができる¹⁵ため、対象者個人が持つ体格を簡便に視覚化することができる。また選手のソマトタイプを把握することで特定の競技における平均的な体格や体型を示すことができるため、競技レベルやポジション間、また人種間の比較を目的として広くスポーツ医学領域で活用されている^{5,16}。これまで幅広い競技種目において、競技レベル間^{9,17}やポジション間^{13,18}における身体サイズや身体組成の差異が報告されているが、野球選手のソマトタイプを報告している研究は少なく^{18,19}、高校野球選手に対しては皆無である。そこで、本研究では高校野球選手の形態や身体組成に加えてソマトタイプから体格・体型を調査し、学年およびポジション間における違いを検証することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

関東地方のK県に所在するY高等学校硬式野球部に所属する部員約120名のうち、監督およびトレーナーが選抜したレギュラー選手と投手の32名を対象者とした。投手はレギュラーおよび非レギュラーの全員を対象とした。対象者における1年生と2年生の内訳はそれぞれ16名であり、ポジションの内訳は1年生が投手7名、捕手2名、内野手4名、外野手3名に対して、2年生では投手4名、捕手1名、内野手4名、そして外野手7名であった。Y高等学校野球部は全国高等学校野球選手権大会への出場経験もあり、プロ野球選手も輩出している県内有数の強豪校である。

本研究は女子栄養大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」からの承認を受けたのちに実施した(承認番号267号および276号)。対象者には研究の概要とその意義、含まれる調査項目、調査への参加は自由意思に基づくこと、調査への参加を取りやめた場合においても不利益は一切生じないこと、また収集した個人情報の管理等について対面および配布資料で説明を行った。対象

者には研究内容の説明書類および同意書を配布し、対象者本人および保護者の署名捺印がされた同意書を提出した者を被験者とした。対象者全員から本人と保護者からの同意書が提出されたため、32名全員を被験者とした。調査はオフシーズン期に当たる2019年12月に実施した。

2. 身体計測

被験者の身長、体重、8部位での皮下脂肪厚(Triceps, Subscapular, Biceps, Iliac crest, Supraspinale, Abdominal, Thigh, Calf)、5部位での周径(Arm relaxed, Arm flexed and tensed, Waist, Hip, Calf)、2部位での幅径(Humerus, Femur)を、The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)が制定した基準(ISAK基準)に則り計測した²⁰。身長は身長計を使い0.1cm単位で計測を行い、体重は多周波生体電気インピーダンス法(Innerscan Dual RD800, TANITA社製, 日本)を使用して0.1kg単位で計測した。皮下脂肪厚の計測にはハーペンデン式皮脂厚計(Baty International社製, UK)を使用して0.1mm単位で計測を行った。周径にはスチール製テープメジャー(W606PM, Lufkin社製, US)を、幅径には滑動計(Tomy 3 small sliding caliper, Rosscraft Innovations社製, カナダ)を用い、どちらも0.1cm単位で計測した。皮脂厚計、テープメジャー、滑動計は調査前に校正を行った。全ての計測部位はISAKからレベル4(Criterion)の認定を受けた身体計測技師(Anthropometrist)が解剖学的計測点の印を付け、計測はレベル1あるいはレベル2の認定を受けた身体計測技師が行った。被験者はTシャツとスパッツなど、動きやすく測られやすい服装で計測を行った。全ての項目は2回ずつ計測し、計測した値の差が大きいと判断された際は3回目の計測を行った。2回計測をした際は平均値、3回計測を行った際には中央値を最終的な計測値として算出した。本研究の計測における再現性(Intra-tester Technical Error of Measurement: Intra-tester TEM)は国際的に認められる皮下脂肪厚で10%未満、それ以外の項目では2%以内の水準を満たしていた^{21,22}。

身体計測から得られた結果から、Body Mass Index (BMI)、皮下脂肪厚8部位和(Sum8SF)、ウエスト・ヒップ比(Waist-to-Hip Ratio: WHR)、そしてウエスト・身長比(Waist-to-Height Ratio: WHtR)を算出した。また推定上腕筋周囲(Arm Muscle Circumference: AMC)と推定上腕筋面積(Arm Muscle Area: AMA)を以下の式から推定した^{23,24}。

$$\text{AMC} = \text{MAC} - \pi \times S$$

AMC: 推定上腕筋周囲 (cm), MAC: 上腕囲 (cm), S: 上腕三頭筋部位での皮脂厚 (cm)

$$\text{AMA} = [(\text{MAC} - \pi \times S)^2 / 4 \times \pi] - 10$$

AMA: 推定上腕筋面積 (cm^2), MAC: 上腕囲 (cm), S: 上腕三頭筋部位での皮脂厚 (cm)

3. 体格・体型判定

身体計測から得られた結果を基に、各被験者が持つ体格・体型の類型を示すソマトタイプを算出した。ソマトタイプは内胚葉指数 (Endomorph: ふくよかさ具合)、中胚葉指数 (Mesomorph: 筋・骨の発達具合)、外胚葉指数 (Ectomorph: スリム具合) によって構成されるとするHeath-Carter法¹³⁾に基づき、各指数を下記推定式から算出した。

$$\text{内胚葉指数} = -0.7182 + 0.1451 \times \text{Sum3SF}_{\text{Ht-corrected}} - 0.00068 \times (\text{Sum3SF}_{\text{Ht-corrected}})^2 + 0.0000014 \times (\text{Sum3SF}_{\text{Ht-corrected}})^3$$

$$\text{Sum3SF}_{\text{Ht-corrected}} = (\text{上腕三頭筋, 肩甲下, 腸骨棘上での皮脂厚の和 [mm]}) \times (170.18/\text{身長 [cm]})$$

$$\text{中胚葉指数} = 0.858 \times \text{上腕骨顆間幅} + 0.601 \times \text{大腿骨顆間幅} + 0.188 \times \text{上腕囲 (補正)} + 0.161 \times \text{下腿囲 (補正)} - \text{身長} \times 0.131 + 4.5$$

$$\text{上腕囲 (補正)} = \text{屈曲上腕囲 (cm)} - (\text{上腕三頭筋皮脂厚 [mm]}/10)$$

$$\text{下腿囲 (補正)} = \text{下腿囲 (cm)} - (\text{下腿皮脂厚 [mm]}/10)$$

外胚葉指数は身長・体重比 (Height Weight Ratio [HWR]: 身長/ $\sqrt{3}$ 体重) の結果で異なる式を用いた:

- 1) HWRが40.75≤の場合, 外胚葉指数=0.732×HWR - 28.58
- 2) HWRが40.75未満だが38.25より大きい場合, 外胚葉指数=0.463×HWR - 17.63
- 3) HWRが≤38.25の場合, 外胚葉指数=0.1

被験者から算出したソマトタイプは 1) 被験者全員, 2) 学年, 3) ポジション, そして 4) 学年およびポジション別で平均値を算出し, 専用のチャートであるソマトチャート上にプロットした。プロットに際してX座標とY座標を下記の式を用いて特定した。

$$\text{X座標} = \text{外胚葉指数} - \text{内胚葉指数}$$

$$\text{Y座標} = 2 \times \text{中胚葉指数} - (\text{内胚葉指数} + \text{外胚葉指数})$$

外胚葉指数と内胚葉指数の差が大きいほどX座標は+値となり, ソマトチャート上では右寄りにプロットされる。また中胚葉指数の値が内胚葉指数および外胚葉指数の合計値よりも大きくなるほどY座標の値は+値となり, ソマトチャート上では上寄りにプロットされる。

4. 体組成測定

被験者の全身および身体部位 (上肢, 体幹, 下肢) の脂肪率, 筋肉量, そして全身の骨量を多周波生体電気インピーダンス法 (Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis: MFBIA) の原理を用いた体組成計 (Innerscan

Dual RD-800, TANITA社製, 日本)²⁵⁾で測定した。Innerscan Dual RD-800で測定される筋肉量は骨格筋, 内臓などの平滑筋, そして水分量を含む値とされている²⁶⁾。これはDual energy X-ray Absorptiometry (DXA) 法における除脂肪量-骨ミネラル量に相当するため, 本報では「除脂肪軟組織量」と表記した。被験者は貴金属類を外し, 裸足の状態で電極に触れる両掌と両足裏の埃をウェットティッシュで拭きとった後, 取扱説明書に記載されている立位の姿勢で足の裏を体組成計表面の電極の上に置き, 両手は電極を握りしめた状態で測定を行った。また測定した全身の脂肪率と体重から, 全身の脂肪量および除脂肪量, そして脂肪量指数 (Fat Mass Index: FMI) と除脂肪量指数 (Fat-Free Mass Index: FFMI) を算出した。

5. 統計解析

体組成計による左脚の筋肉量 (除脂肪軟組織量) の測定値が適切に記録されなかった2年生投手1名を含めた32名全員のデータを用いて統計解析を行った。収集したデータの正規性はShapiro-Wilk検定で検討するとともに, 歪度, 尖度, ヒストグラムから評価した。学年間の比較には対応のないt検定あるいはMann-WhitneyのU検定を用い, ポジション間の比較には一元配置分散分析 (One-way Analysis of Variance: ANOVA) あるいはKruskal-Wallis検定を用いた。ANOVA後の多重比較にはBonferroni法を, Kruskal-Wallis検定の後の多重比較にはDunn-Bonferroni法を用いた。全ての統計解析にはSPSS Statistics統計解析ソフトの日本語版 (version 24.0, IBM, 東京, 日本) を用い, 有意水準は5%とした。

III. 結果

被験者全員のチーム平均値および学年別の基本属性を表1に示した。被験者全体の年齢, 身長, 体重, BMIはそれぞれ16.4±0.6歳, 175.6±5.6cm, 74.2±8.5kg, そして24.0±2.0kg/m²であった。身長と体重で学年間に有意差は認められなかったが, BMIは2年生で有意に高値であった ($p<0.05$)。また皮脂厚8部位の総和に学年間で違いは無かったが, WHRおよびWHtRは1年生に比べ

表1 チームおよび各学年における身体計測結果

	チーム平均 (n = 32)	1年生 (n = 16)	2年生 (n = 16)
年齢 (歳) †	16.4 ± 0.6	15.9 ± 0.3	16.9 ± 0.3**
身長 (cm)	175.6 ± 5.6	175.6 ± 6.1	175.6 ± 5.3
体重 (kg)	74.2 ± 8.5	71.7 ± 8.7	76.7 ± 7.9
BMI (kg/m ²) †	24.0 ± 2.0	23.2 ± 1.8	24.8 ± 1.8*
Sum8SF (mm)	88.4 ± 32.7	83.8 ± 30.9	93.0 ± 34.8
WHR	0.79 ± 0.03	0.77 ± 0.02	0.80 ± 0.03**
WHtR	0.45 ± 0.02	0.44 ± 0.02	0.46 ± 0.02**
AMC (cm) †	26.9 ± 2.0	26.0 ± 2.1	27.9 ± 1.3**
AMA (cm ²)	16.9 ± 2.4	15.9 ± 2.5	18.0 ± 1.7**

平均 ± 標準偏差で表示。†Mann-WhitneyのU検定による解析。

** 学年間で $p<0.01$, * 学年間で $p<0.05$ 。

BMI: Body Mass Index, Sum8SF: 皮下脂肪厚8部位和, WHR: ウエスト・ヒップ比, WHtR: ウエスト・身長比, AMC: 推定上腕筋周囲, AMA: 推定上腕筋面積

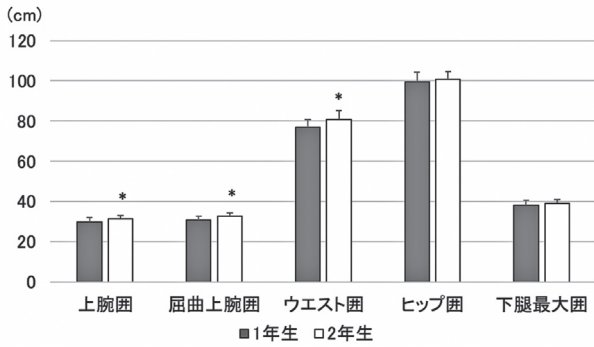


図1 学年間における周径値の比較

* 学年間で $p < 0.05$

2年生は1年生と比べて上肢およびウエスト囲の値が有意 ($p < 0.05$) に大きかった。一方でヒップ囲および下腿囲では群間差は認められなかった。

表2 チームおよび各学年における体組成測定結果

項目	チーム平均 (n=32) #	1年生 (n=16)	2年生 (n=16) #	
脂肪率 (%)	全身	18.3 ± 3.2	18.3 ± 3.9	18.4 ± 2.6
	左腕	15.0 ± 2.7	14.9 ± 3.4	15.1 ± 2.0
	右腕	15.0 ± 2.6	15.1 ± 3.1	15.0 ± 2.1
	左脚	19.6 ± 2.8	19.6 ± 3.4	19.6 ± 2.2
	右脚	19.8 ± 2.8	19.7 ± 3.4	19.8 ± 2.3
	体幹	18.0 ± 3.9	18.0 ± 4.4	18.0 ± 3.4
除脂肪軟組織量 (kg)	全身	57.5 ± 5.4	55.5 ± 5.0	59.5 ± 5.1*
	左腕	2.8 ± 0.3	2.7 ± 0.3	2.9 ± 0.3*
	右腕	2.8 ± 0.3	2.7 ± 0.3	2.9 ± 0.3*
	左脚	10.6 ± 1.3	10.2 ± 1.1	11.0 ± 1.3
	右脚	10.8 ± 1.6	10.3 ± 1.2	11.3 ± 1.7
	体幹	30.6 ± 2.6	29.5 ± 2.4	31.7 ± 2.3*
骨量 (kg)	全身	3.2 ± 0.3	3.1 ± 0.3	3.3 ± 0.3
脂肪量 (kg)	全身	13.8 ± 3.6	13.4 ± 4.1	14.2 ± 3.1
除脂肪量 (kg)	全身	60.4 ± 5.7	58.3 ± 5.3	62.5 ± 5.4*
FMI (kg/m ²)	全身	4.4 ± 1.1	4.3 ± 1.2	4.6 ± 0.9
FFMI (kg/m ²) †	全身	19.6 ± 1.2	18.9 ± 0.9	20.2 ± 1.1**

平均 ± 標準偏差で表示。†Mann-WhitneyのU検定による解析。

** 学年間で $p < 0.01$, * 学年間で $p < 0.05$ 。

左脚での骨格筋量の測定実施人数は31名 (2年生が15名)。

FMI: 脂肪量指数, FFMI: 除脂肪量指数

て2年生で有意 ($p < 0.01$) に高値であった。学年別の各周径値を比較すると、2年生は1年生と比べて上腕囲や上腕屈曲囲、ウエスト囲が有意 ($p < 0.05$) に大きく (図1), 推定上腕筋周囲 (AMC) および推定上腕筋面積 (AMA) についても統計学的有意差が認められた ($p < 0.01$)。

被験者全員および学年別の身体組成を表2に示した。学年間で測定した体脂肪率や全身の脂肪量、そして骨量に有意差は認められなかった。一方で全身の除脂肪量、除脂肪軟組織 (ともに $p < 0.05$), そしてFFMIにおいて有意 ($p < 0.01$) な学年差が確認され、身体部位別では両

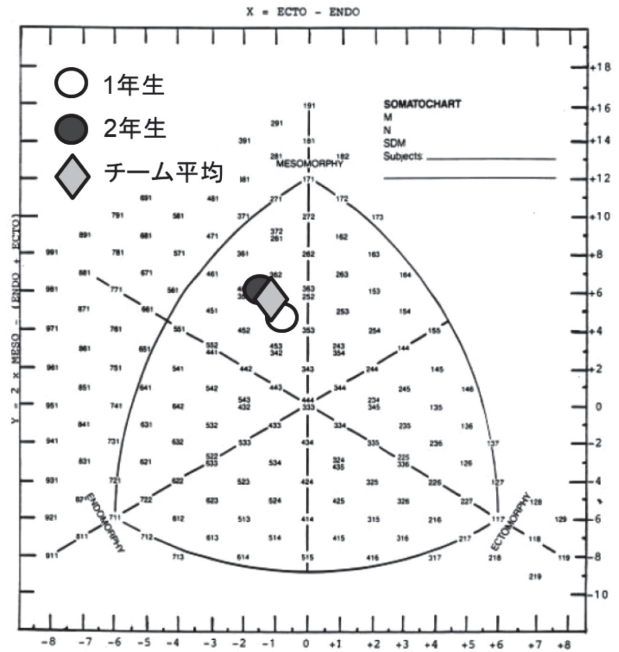


図2 チーム平均と学年別のソマトタイプ

チーム平均のソマトタイプが3.1-5.3-2.1であったのに対し、1年生 (n=16) は3.0-5.0-2.4、2年生 (n=16) は3.3-5.6-1.8のソマトタイプであった。学年間では中胚葉指数 ($p < 0.05$) および外胚葉指数 ($p < 0.01$) で有意差が認められた。

表3 各ポジションにおける身体計測結果

	投手 (n=11)	捕手 (n=3)	内野手 (n=8)	外野手 (n=10)
年齢 (歳) †	16.2 ± 0.8	16.3 ± 0.6	16.5 ± 0.5	16.6 ± 0.5
身長 (cm) †	176.1 ± 6.2	182.6 ± 2.5	175.4 ± 6.0	173.2 ± 3.8
体重 (kg)	74.8 ± 8.3	84.1 ± 6.7	74.3 ± 9.6	70.5 ± 6.6
BMI (kg/m ²)	24.1 ± 1.8	25.2 ± 1.5	24.1 ± 2.9	23.5 ± 1.4
Sum8SF (mm) †	97.5 ± 30.1	92.0 ± 22.9	98.7 ± 43.2	69.0 ± 22.3
WHR	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.04	0.79 ± 0.04	0.78 ± 0.02
WHtR	0.45 ± 0.02	0.45 ± 0.03	0.45 ± 0.03	0.44 ± 0.02
AMC (cm)	26.3 ± 2.1	28.5 ± 1.3	26.7 ± 2.2	27.2 ± 1.8
AMA (cm ²)	16.0 ± 2.8	18.9 ± 0.9	16.4 ± 1.9	17.8 ± 2.0

平均 ± 標準偏差で表示。†Kruskal Wallis検定による解析。

BMI: Body Mass Index, Sum8SF: 皮下脂肪厚8部位和, WHR: ウエスト・ヒップ比, WHtR: ウエスト・身長比, AMC: 推定上腕筋周囲, AMA: 推定上腕筋面積

脚の除脂肪軟組織量以外で2年生で有意 ($p < 0.05$) に多かった。被験者全員から算出したソマトタイプは3.1-5.3-2.1と内胚葉性中胚葉型であったが、1年生 (3.0-5.0-2.4) と比べて2年生は中胚葉指数が有意 ($p < 0.05$) に高く、外胚葉指数が有意 ($p < 0.01$) に低かった (3.3-5.6-1.8) (図2)。

身長や体重、皮下脂肪厚の8部位和など、ポジション間で比較した身体計測から得られた結果に有意差は認められなかった (表3)。身体組成値においても全身における脂肪量や除脂肪量、FMIやFFMIなどの指標に群間差は認められなかったが、外野手において全身および各身体部位における脂肪率が小さい傾向が示され、特に投手と比べて全身、右腕、体幹部の脂肪率が有意 ($p < 0.05$ あるいは $p < 0.01$) に小さかった (表4)。また投手は捕

表4 各ポジションにおける体組成測定結果

項目	投手 [#] (n = 11)	捕手 (n = 3)	内野手 (n = 8)	外野手 (n = 10)	
脂肪率 (%)	全身	20.3 ± 3.7 ^a	19.1 ± 1.7	18.0 ± 3.1	16.3 ± 1.8 ^a
	左腕	16.5 ± 2.9	16.4 ± 1.1	14.4 ± 3.0	13.5 ± 1.7
	右腕	16.7 ± 2.8 ^a	15.9 ± 1.4	14.5 ± 2.6	13.4 ± 1.6 ^a
	左脚	20.5 ± 3.4	20.1 ± 1.8	19.6 ± 2.8	18.5 ± 2.2
	右脚	20.7 ± 3.6	20.3 ± 1.9	19.9 ± 2.9	18.4 ± 1.7
	体幹	20.6 ± 4.1 ^A	18.8 ± 1.9	17.5 ± 3.6	15.3 ± 2.3 ^A
除脂肪軟組織量 (kg)	全身	56.6 ± 5.1	64.7 ± 5.0	57.7 ± 5.6	56.1 ± 4.5
	左腕	2.7 ± 0.2	3.2 ± 0.3	2.9 ± 0.2	2.8 ± 0.3
	右腕	2.7 ± 0.3 ^a	3.3 ± 0.3 ^a	2.9 ± 0.2	2.9 ± 0.3
	左脚 [†]	10.5 ± 1.1	12.4 ± 1.3	10.5 ± 1.4	10.3 ± 1.1
	右脚 [†]	11.0 ± 2.0	12.4 ± 0.9	10.4 ± 1.3	10.3 ± 1.1
	体幹	30.2 ± 2.7	33.6 ± 2.3	31.0 ± 2.6	29.9 ± 2.1
骨量 (kg)	全身	3.1 ± 0.3	3.6 ± 0.2	3.2 ± 0.3	3.1 ± 0.2
脂肪量 (kg)	全身	15.3 ± 4.0	16.1 ± 2.2	13.6 ± 3.9	11.5 ± 2.2
除脂肪量 (kg)	全身	59.4 ± 5.3	68.0 ± 5.2	60.7 ± 6.0	59.0 ± 4.7
FMI (kg/m ²)	全身	4.9 ± 1.2	4.8 ± 0.6	4.4 ± 1.2	3.8 ± 0.6
FFMI (kg/m ²) [†]	全身	19.1 ± 0.9	20.4 ± 1.0	19.7 ± 1.7	19.6 ± 0.9

平均 ± 標準偏差で表示。同じ文字の群同士で有意差。[†]Kruskal Wallis検定による解析。

A ポジション間で $p < 0.01$, a ポジション間で $p < 0.05$ 。

[†]左脚での除脂肪軟組織量の測定実施人数は10名。

FMI: 脂肪量指数, FFMI: 除脂肪量指数

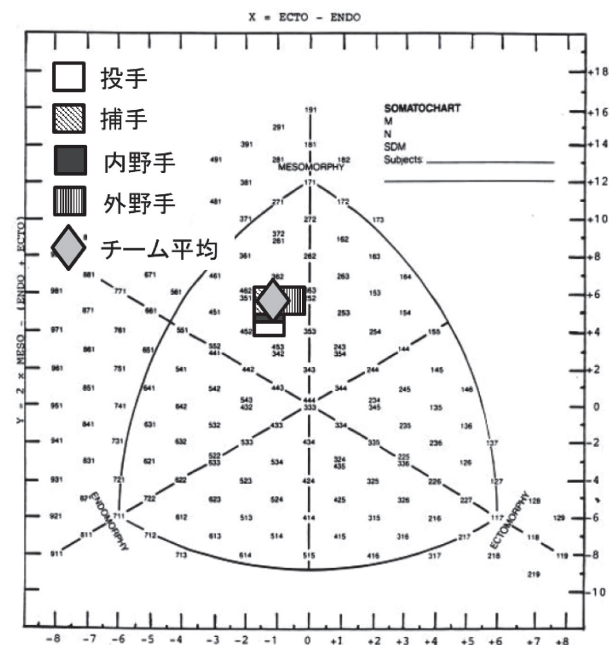


図3 チーム平均とポジション別のソマトタイプ

チーム平均のソマトタイプが3.1-5.3-2.1であったのに対し、投手 (n=11) は3.4-5.2-2.1, 捕手 (n=3) は3.2-5.5-1.9, 内野手 (n=8) は3.4-5.3-2.1, そして外野手 (n=10) は2.6-5.3-2.1のソマトタイプであった。群間での有意差は認められなかった。

手と比べて右腕の除脂肪軟組織量が有意に少なかった ($p < 0.05$)。ポジションごとに算出したソマトタイプでは外野手の内胚葉指数が低い傾向があったのみで、有意差



図4 チーム平均とポジションおよび学年別のソマトタイプ

1年生のソマトタイプは投手 (n=7) で3.7-5.2-2.2, 捕手 (n=2) で2.8-5.4-2.1, 内野手 (n=4) で2.3-4.8-2.9, そして外野手 (n=3) は2.2-4.8-2.6であった。一方、2年生では投手 (n=4) のソマトタイプは2.8-5.2-1.8, 捕手 (n=1) で3.9-5.8-1.6, 内野手 (n=4) で4.5-5.9-1.4, そして外野手 (n=7) のソマトタイプが2.7-5.5-1.9であった。1名しかいなかった2年生捕手を除きソマトタイプを比較したところ、2年生内野手は1年生の内野手および外野手よりも有意 ($p < 0.05$) に高い内胚葉指数を持っていた。

は認められなかった (図3)。

学年間およびポジション間で体格の指標に差異があったため、学年およびポジション別にソマトタイプを算出しプロットした (図4)。全てのポジションにおいて、1年生は2年生と比べて外胚葉指数が高い傾向があったのに対し、2年生は投手を除いて内胚葉指数と中胚葉指数が高い傾向が示された。1名だけの2年生捕手を除外してソマトタイプを比較したところ、2年生の内野手は1年生の内野手および外野手よりも有意 ($p < 0.05$) に高い内胚葉指数を持っていた。

IV. 考察

令和元年度の学校保健統計調査²⁷⁾では、16歳と17歳男子の身長と体重はそれぞれ169.9cmと60.7kg, 170.6cmと62.5kgと報告されている。本研究の被験者はこれらの結果と比べて背が高く、体重が重かった。野球選手は野球をしていない集団よりも身長や体重などの身体サイズを示す指標が大きいと報告^{10, 13)}されており、本研究は先行研究を支持する結果であった。これまでの研究^{10, 11, 13, 14, 17)}から、野球では身体サイズが大きな者のほうが有利である可能性が示唆されている。本研究においても被験者の身長や体重が全国平均よりも大きかった背景には、野球部にはこれまでに活躍した身体サイズが大きな生徒が入部する傾向がある可能性、そして本研究で対象としたレギュラー選手の集団には特に身体サイズが大きな選手が集まっていた可能性が考えられる。

本研究では学年間に身長で差は認められなかったが、

1年生と比べて2年生ではBMI, WHR, WHtRなどの指数に加え、上腕囲やウエスト囲が大きかった。2年生では同時に全身の除脂肪量およびFFMI, そして両脚以外の除脂肪軟組織量, 身体計測から推定したAMCとAMA, そしてソマトタイプの中胚葉指数など, 除脂肪組織の発達を示す多くの指標が1年生よりも有意に高値であった。これらを総合的に考慮すると, 学年間で確認されたBMIや周径の違いは除脂肪軟組織を含む除脂肪量の差異に起因し, 特に上半身における除脂肪組織の発達に違いがあったものと考えられる。一方で全身および各身体部位における脂肪率に学年間で差異は認められなかった。高校野球選手の体脂肪率は10.4~18.1%と報告されているが^{12, 28-30)}, 本研究の被験者全体から得られた体脂肪率は $18.3 \pm 3.2\%$ と比較的多かった。先行研究で用いられている体組成測定の手法が異なるため単純な比較は難しいが, 本研究の被験者が高い体脂肪率を持っていた理由の一つとして, 調査がオフシーズン期に実施されていることが挙げられる。測定方法は明記されていないが, 同様にオフシーズン期の高校野球選手の身体組成を測定した先行研究³¹⁾でも体脂肪率が $19.4 \pm 3.7\%$ と報告しているため, オフシーズン期には体脂肪率が増加するものと考えられる。

本研究ではポジション間で有意な身体サイズの差は見られず, 全身の脂肪量や除脂肪量, FMIやFFMIなどの身体組成, そしてソマトタイプでもポジション間には認められなかった。一般的に投球スピードは投射角度が低くなるほど速くなると報告されている^{32, 33)}。背が高いと投球時の投射角度が低くなることから, プロや大学生選手を対象とした研究では, 投手は他のポジションの選手と比べて身長が高い傾向が報告されている^{13, 18, 34)}。また, 体重は長打率と相関することが報告されており¹¹⁾, さらに打撃力や打ったボールのスピードには筋力や上半身のパワーが関与しているとの報告^{17, 35)}があるため, 打席に立つ野手は投手よりも骨格筋が発達した体格が望ましいと予想される。ポジション間で身体サイズや身体組成, またソマトタイプの差異を報告している研究が複数^{18, 34)}存在するが, 日本人と中国人の大学野球選手でポジション間の差異の有無が異なるとの報告³⁴⁾もあり, ポジション間の身体サイズや身体組成, 体格には様々な要因が関連していることが考えられる。本研究でポジション間に違いが認められなかった理由には, 先行研究と異なる競技レベルの集団であることが挙げられる。プロ野球と異なり, 高校野球では投手も打席に立ち, 一人の選手が複数のポジションを担当することもある。そのため投手であっても野手と同様にバッティングに必要な骨格筋が求められるなど, 成人の野球選手ほどポジションごとの身体的な特殊性が求められるとは限らない。さらに高校生はまだ骨組織や筋組織などの除脂肪組織が未成熟であるため, ポジション間で差異が認められるほどの組織が発達していない可能性も考えられる。

本研究では全身の脂肪量にポジション間の差は認めら

れなかったが, 全身および右腕と体幹部の脂肪率では外野手が投手よりも少なかった。これまでの研究では異なる競技レベルやポジション間における全身の身体組成の比較はされているが^{9, 18, 30, 34)}, 各身体部位の組成について報告した研究は無く, 新しい知見と言える。本研究から, ポジションに関わらず脂肪の蓄積が最も多い部位は下肢であり, 次いで体幹部と上肢の順であった。そのなかでも投手は体幹部の脂肪率が他のポジションよりも高かった。これは投手群の体脂肪率が20%を超えた肥満傾向であったことが影響していたものと推測される。しかし, 本研究では投手群が他のポジションの選手と比べて低い体脂肪率を持っていた理由を明らかにできなかったため, 今後さらに調査を行う必要がある。

本研究の被験者から得られたソマトタイプの平均値は3.1-5.3-2.1であり, 内胚葉性中胚葉型の体型であった。先行研究で報告されていた日本の大学生野球選手からのソマトタイプは3.1-4.3-2.8であり, 本研究の被験者の方が中胚葉指数が高く外胚葉指数が低い体型であった¹⁹⁾。本研究の被験者の方が高い中胚葉指数を示した理由として, 対象とした野球部が県内有数の強豪であったため, 各被験者が発達した骨格筋や骨格を持っていた可能性が考えられる。学年別およびポジション別にソマトタイプを比較した結果, 2年生は1年生と比べてより筋肉質な体格を示す中胚葉指数が高く, 1年生は細身の体格であることが示された。また2年生の内野手は1年生の内野手および外野手と比べて内胚葉指数が大きく, ふくよかな印象を与える体格であり, 本研究から同じポジションであっても学年によって体格が異なる可能性が示唆された。体格の変化には遺伝子の影響に加えて発育発達, 運動, そして食事など様々な要因が影響している。特にトレーニング量に見合ったバランスの良い食事, そして穀類などを中心とした炭水化物による十分なエネルギー摂取は除脂肪量の増加と関連することが報告されている^{29, 30)}。本研究は横断研究のため, これらの影響を加味した解析を行うことはできないが, 2年生のソマトタイプが希望した体格のために実施したトレーニングと食事の結果であった場合, 骨格筋の増加だけではなく脂肪組織も増加している可能性が推察されるため, 発育状況およびトレーニング量に合わせた専門家による適切な栄養指導が必要と考えられる。一方で, 投手や外野手のソマトタイプに学年間で有意差は認められず, 特に投手では学年間のソマトタイプに殆ど違いは見られなかった。本研究では部に所属する投手全員がレギュラーや非レギュラーに関係なく研究に参加したため, 高いパフォーマンスを持つ投手のソマトタイプが隠れた可能性があるが, 同時に1年生が高校入学時から2年生と同等の恵まれた体格を持っていた可能性も考えられる。さらに2年生の体格が高校入学時から変化した可能性もあるが, Carvajalら¹⁸⁾はプロの投手が持つソマトタイプの平均値をより中胚葉指数が発達した3.3-5.7-1.5と報告しているため, より高いパフォーマンスを発揮するためには骨格筋組織をさら

に増やすことが必要と推測される。

本研究は高校生男子硬式野球部員を対象に詳細な身体計測と体組成測定を実施し、学年やポジション間が持つ体格や体型について調査した。2年生は1年生よりも身体サイズの指標であるBMIが大きく、特に上半身の除脂肪組織が発達している可能性が示唆された。ポジション間の違いは学年間の差異よりも小さかったが、2年生の内野手は1年生の内野手と外野手と比べて内胚葉指数が大きく、脂肪の蓄積量が多い可能性が示された。これまで国内外で高校生野球選手の体格や体型に関して報告している研究は筆者らが知る限り存在しないため、本研究結果は国際的にも貴重なデータとなりうる。一方、本研究では考慮すべき限界が複数存在する。本研究は関東圏における高校野球部1チームを対象としており、この結果を一般化することはできない。また被験者数が比較的少なく、特に各ポジションあるいは学年とポジションを考慮した解析では被験者数がさらに少なくなったため、今後さらに被験者数を増やした調査が求められる。さらに本研究は横断的観察研究のため、学年間やポジション間で確認された結果を引き起こした要因について特定することはできなかった。今後、食事内容やトレーニング頻度、発育スパートの時期など、被験者の形態や身体組成、体格に影響を及ぼしている可能性がある要因を合わせて調査することで、各選手に対してより適切かつ効果的な身体づくりの指導を実施することが可能になると考えられる。本研究で用いた生体電気インピーダンス法は空気置換法やDXAなどと同等の再現性が報告されており³⁶⁾、その中でもMFBIは他の体組成測定法と高い相関を示し³⁷⁾、高校生アスリートに対しても活用できる可能性が示唆されている³⁸⁾。しかし、生体電気インピーダンス法は被験者の身長や測定時の水分状態、姿勢、測定機器が用いる周波数や電極の数、さらに推定式に影響を受けることが知られており^{37, 39-42)}、MFBIであっても機種によって体脂肪率が多い者で過小評価する正のバイアスの存在が報告されている^{37, 38)}。そのため本研究から得られた体組成値の解釈には注意を払う必要がある。しかし、同様に身体部位別の組成を測定することができるDXAと比べて放射線の被曝のリスクが無く、携行して簡便に測定に用いることができるMFBIは、本研究において妥当な手法であったと考えられる。そして本研究からは野球選手のパフォーマンスと体格の関連を明らかにすることはできない。今後パフォーマンステストの結果と関連付けて研究を実施することで、野球選手として望ましい体格を明確に提示するとともに、得られた知見をタレントの発掘や育成へ活用することが可能になると考えられる。

謝 辞

本研究にご協力いただいたY高等学校硬式野球部の皆様に感謝いたします。また豊富な知見から貴重なご指摘をいただいた、東京国際大学の赤池行平先生にもお礼申し上げます。

利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

参考文献

- 1) 猪飼道夫：体力と気力—健康な身体に健康な精神を—。初等教育資料, **269**, 1-5 (1971)
- 2) 松井秀治：スポーツにおけるトレーニングの意義。コーチのためのトレーニングの科学, (松井秀治 編著), p2-12, 大修館書店, 東京, (1981)
- 3) 徳永幹雄：競技者に必要な心理的スキルとは。教養としてのスポーツ心理学, (徳永幹雄 編著), p10-17, 大修館書店, 東京, (2005)
- 4) 香川雅春：アスリートに対する身体計測の活用法と日本における今後の課題。臨床スポーツ医学, **33**, 1150-1158 (2016)
- 5) 香川雅春：スポーツ医科学領域におけるAnthropometryの活用とKinanthropometry推進に向けた国際的な標準化の意義。バイオメカニクス研究, **23**, 15-26 (2019)
- 6) Norton, K, Olds, T: Morphological evolution of athletes over the 20th Century. *Sports Med*, **31**, 763-783 (2001)
- 7) 公益財団法人日本高等学校野球連盟：部員数統計(硬式), [アクセス日: 9/12/2020]; Available from: http://www.jhbf.or.jp/data/statistical/index_koushiki.html
- 8) 公益財団法人全日本大学野球連盟：加盟校数および部員数, [アクセス日: 9/12/2020]; Available from: <https://www.jubf.net/info/playernum.html>
- 9) Hoffman, JR, *et al.*: Anthropometric and performance comparisons in professional baseball players. *J Strength Cond Res*, **23**, 2173-2178 (2009)
- 10) 勝亦陽一, 押川智貴, 池田達昭：特集 変わりゆくスポーツと科学 (パート42) 野球選手における身体形態の特性. *Strength & Conditioning Journal*, **27**, 2-11 (2020)
- 11) 筒井大助, 船渡和男, 高橋流星：野球競技におけるバッティング内容の比較とそれへの体格の影響—一流アマチュア野球選手(647名) および日米プロ野球一軍選手(598名)を対象として—。トレーニング科学, **23**, 45-54 (2011)
- 12) 内田勇人：高校野球選手における形態と投能力の関係。岡山医誌, **104**, 789-795 (1992)
- 13) 中山悌一：日本人プロ野球選手の体格の推移 (1950～2002)。体力科学, **53**, 443-454 (2004)
- 14) Uchida, H, *et al.*: Comparative analysis on the physique and batting records of the players in the national summer high school baseball tournaments before and after the adoption of metal bats. *Acta Med Okayama*, **48**, 217-223 (1994)
- 15) Carter, JEL, Heath, BH：Somatotyping-Development and application. Cambridge University Press, Cambridge, (1990)
- 16) Olds, T: The evolution of physique in male rugby union players in the twentieth century. *J Sports Sci*, **19**, 253-262 (2001)

- 17) 吉野篤志, 杉山充宏: 野球選手の体格・体力及び運動能力の発達の特徴. *愛媛大学教育学部紀要*, **54**, 149-155 (2007)
- 18) Carvajal, W, *et al.*: Body type and performance of elite Cuban baseball players. *MEDICC Rev*, **11**, 15-20 (2009)
- 19) 太田祐造, 太田賀月恵: データによる日本人の体格体型. 大学教育出版, 岡山, (2007)
- 20) Esparza-Ros, F, Vaquero-Cristóbal, R., Marfell-Jones, M: International standards for anthropometric assessment (2019). The International Society for the Advancement of Kinanthropometry, Murcia, (2019).
- 21) Gore, C, *et al.*: Accreditation in anthropometry: an Australian model. *Anthropometrica*, (Norton K, Olds T, eds.), p395-411, University of New South Wales Press, Sydney, (1996).
- 22) Wang, J, *et al.*: Anthropometry in body composition. An overview. *Ann NY Acad Sci*, **904**, 317-326 (2000)
- 23) Lukaski, HC: Methods for the assessment of body composition: Traditional and new. *Am J Clin Nutr*, **46**, 537-556 (1987)
- 24) Heymsfield, S, *et al.*: Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr*, **36**, 680-690 (1982)
- 25) Uchiyama, T, Nakayama, T, Kuru, S: Muscle development in healthy children evaluated by bioelectrical impedance analysis. *Brain Dev*, **39**, 122-129 (2017)
- 26) 株式会社タニタ: Innerscan Dual取扱説明書. (2016)
- 27) 文部科学省: 令和元年度学校保健統計調査, 文部科学省総合教育政策局調査企画課, 東京, (2020) Available from https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/1411711_00003.htm
- 28) 引原有輝, 齊藤慎一, 吉武 裕: 高校野球選手における簡易エネルギー消費量測定法の妥当性の検討. *体力科学*, **54**, 363-372 (2005)
- 29) 平田治美, *et al.*: ジュニア期運動選手の身体発育と栄養素等摂取量の関わり. *東京農業大学農学集報*, **50**, 7-12 (2005)
- 30) 海老久美子, *et al.*: 高校1年生野球部員の身体組成に及ぼす栄養指導の効果. *栄養学雑誌*, **64**, 13-20 (2006)
- 31) 灘本雅一, *et al.*: 高校野球選手におけるオフシーズンのトレーニングが筋パワーと骨強度に与える影響. *天理大学学報*, **52**, 25-35 (2001)
- 32) 尾懸 貢, 関岡康雄: 遠投における投射角度の変化が投射初速度, 投射高および投動作に及ぼす影響. *スポーツ教育学研究*, **14**, 49-59 (1994)
- 33) 前田正登: 野球選手の投球における投射角度の違いがボール初速度に及ぼす影響. *身体行動研究*, **1**, 1-11 (2012)
- 34) 内田勇人, *et al.*: 中国人野球選手の形態, 身体組成及び握力. *岡山医誌*, **111**, 1-9 (1999)
- 35) Sinclair, PJ, *et al.*: Anthropometric and physiological factors affecting batted ball speed of adolescent baseball players. 37th International Society of Biomechanics in Sport Conference, p228-231, United States: NMU Commons, Ohio, (2019)
- 36) Vicente-Rodriguez, G, *et al.*: Reliability and intermethod agreement for body fat assessment among two field and two laboratory methods in adolescents. *Obesity (Silver Spring)*, **20**, 221-228 (2012)
- 37) Wang, L, Hui, SS: Validity of four commercial bioelectrical impedance scales in measuring body fat among Chinese children and adolescents. *Biomed Res Int*, 2015, 614858 (2015)
- 38) Utter, AC, Lambeth, PG: Evaluation of multifrequency bioelectrical impedance analysis in assessing body composition of wrestlers. *Med Sci Sports Exerc*, **42**, 361-367 (2010)
- 39) Kagawa, M, Wishart, C, Hills, AP: Influence of posture and frequency modes in total body water estimation using bioelectrical impedance spectroscopy in boys and adult males. *Nutrients*, **6**, 1886-1898 (2014)
- 40) Kagawa, M, Hills, AP: Body composition assessment in obese children and adolescents. *Int J Body Compos Res*, **7**, S29-S36 (2009)
- 41) Wang, L, Hui, SS, Wong, SH: Validity of bioelectrical impedance measurement in predicting fat-free mass of Chinese children and adolescents. *Med Sci Monit*, **20**, 2298-2310 (2014)
- 42) Utczas, K, *et al.*: How Length Sizes Affect Body Composition Estimation in Adolescent Athletes Using Bioelectrical Impedance. *J Sports Sci Med*, **19**, 577-584 (2020)