

形態および身体組成とスプリント能力との関係

吉本隆哉¹⁾・大沼勇人²⁾・千葉佳裕³⁾

要旨：本研究では、スプリント能力に与える形態および身体組成の影響を明らかにすることを目的とした。被検者は、100m走、200m走、400m走、110mハードルおよび400mハードルを専門とする大学男子陸上競技短距離・ハードル選手49名（年齢 19.5 ± 0.9 歳、身長 172.7 ± 5.0 cm、体重 64.6 ± 5.0 kg）であった。光学3次元人体形状計測装置を用いて体肢長および身体各部の周径囲を、体脂肪測定装置を用いて体重、体脂肪率、脂肪量および除脂肪体重を評価した。加えて、被検者には60m走の全力疾走を行わせ、レーザー速度計を用いて最高疾走速度を算出した。本研究の結果、体脂肪率および除脂肪体重と最高疾走速度との間に有意な相関関係が認められたが、形態ではいずれの項目にもスプリント能力との間に有意な相関関係は認められなかった。以上のことから、スプリント能力は身体組成の影響を受ける一方で、形態計測から求められる長さや太さとは関連性が低いことが明らかとなった。

キーワード： percent body fat, lean body mass, fat-free mass

I. 緒言

陸上競技では、各競技種目によってトレーニング内容が異なることから、身体が特異的に変化する。例えば、陸上競技種目の中で長距離選手は体重が小さい一方、投擲選手は身長および体重が大きい (Pipes, 1977)。また、トラック種目の中で走行距離が短い競技ほどBMIが高く、距離が長くなればなるほど低い (Sedeaud et al., 2014)。身体の有する筋量とBMIには強い関連がある (Nevill et al., 2010; Watts et al., 2011) ことから、上記の結果は長距離選手が短距離選手と比較して筋量が少ないことが想定される。このような結果が得られる要因として、長距離走では筋に持続的な能力が求められる一方、短距離や跳躍種目、投擲種目では単発的もしくは反復的に大きな力発揮が重要となる (稲岡ら, 1993; 吉本ら, 2015; 藤井, 2016)。以上のような力発揮特性の違いから、各競技種目でそれぞれ特有の形態・身体組成の特徴がみられる。

これまで、形態および身体組成とスプリント能

力との関係を明らかにした研究がいくつか行われている (Morin et al., 2012; Yoshimoto et al., 2019)。その中で、BMI および身長あたりの下肢長は、100m走における疾走速度、スタート4秒後の距離 (以下、 D_4) や、自走式エルゴメータにおけるスプリント能力 (疾走速度、ピッチおよびストライド、床反力等) と有意な相関関係が認められていない。一方で、Yoshimoto et al. (2019) は D_4 と身長あたりの除脂肪量に有意な正の相関関係が認められたことを示している。このように、下肢の長さはスプリント能力との関連が低いことが示唆されるが、身体組成については測定するパラメータによって関連性が認められるといえる。

一方で、体幹部や四肢の周径囲と、スプリント能力との関係について明らかにした報告は見当たらない。周径囲は、体幹部では主に骨、内臓、内臓脂肪、筋組織、皮下脂肪を含み、四肢ではそれらから内臓、内臓脂肪を除く組織で主に構成されている。これまで、それらの部位の筋組織とスプリント能力との関連について明らかにした報告がいくつか存在する (狩野ら, 1997; Kumagai et al.,

1) 皇學館大学 (Kogakkan University) 2) 関西福祉大学 (Kansai University of Social Welfare) 3) 城西大学 (Josai University)

2000; Sugisaki et al., 2018). 超音波法を用いた筋厚の評価によって陸上競技短距離走選手の特徴を明らかにした研究では, 100m走の競技記録が10秒台にある者は, 11秒台にある者と比較して大腿前部では近位部の, 大腿後部では中間部の筋厚が厚い (Kumagai et al., 2000). また, 磁気共鳴画像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) 法を用いた研究では, 体幹部の大腰筋や大腿近位部のハムストリングスおよび内転筋群の筋横断面積が大きく, 大臀筋に対する大腿四頭筋の筋体積が小さい者ほどスプリント能力が高いことが示されている (狩野ら, 1997; Sugisaki et al., 2018). このように, スプリント能力が高い選手は, 筋形態が特異的に変化しており, その変化が周径囲に反映される可能性を示唆している. 超音波法やMRI法は専門的な機器や技術が求められるが, 周径囲の測定は容易であることから, それから求められる測定値がスプリント能力との間に関連が認められれば, 競技スポーツ現場に役立つ資料になると考えられる.

そこで本研究は, 形態および身体組成とスプリント能力との関係を検討することで, スプリント能力が高い選手の身体的特徴を明らかにすることを目的とする.

Ⅱ. 方法

1. 被検者

被検者は, 100m走, 200m走, 400m走, 110mハードルおよび400mハードルを専門とする大学男子陸上競技短距離・ハードル選手49名 (年齢 19.5 ± 0.9 歳, 身長 172.7 ± 5.0 cm, 体重 64.6 ± 5.0 kg) であった. いずれの被検者も上肢あるいは下肢に障害を有しておらず, 筋機能に影響を与えるような薬を服用していなかった.

本実験は, 事前に国立スポーツ科学センター倫理委員会の承認を得たうえで行った. 測定の実施に先立ち, 被検者には, 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十分な説明を行い, 実験参加の同意を書面で得た. 被検者は, 週5日以上のトレーニングを実施していた.

2. 測定項目

1) 形態

身長は, 全自動身長体重計 (AD-6228A, エー・アンド・デイ) を用いて0.1cm および0.1kg 単位で計測した.

四肢長および周径囲の計測は設楽ら (2015) の方法に倣い行った. すなわち, 光学3次元人体形状計測装置 (Body Line Scanner, 浜松ホトニクス) を用いて取得した全身の3次元形状データから, 上肢長, 下肢長, 上腕囲, 前腕囲, 大腿囲, 下腿囲, 腹囲および臀囲を測定した. 上肢長は肩甲骨肩峰から指先までの長さ, 下肢長は大転子から足底までの長さ, 上腕囲は肩甲骨肩峰から橈骨頭の60%位における周径囲, 前腕囲は橈骨頭から橈骨茎状突起の30%位における周径囲, 大腿囲は大転子から膝関節裂隙の50%位における周径囲, 下腿囲は膝関節裂隙から腓骨外果の30%位における周径囲, 腹囲は臍位における周径囲, 臀囲は大転子位における周径囲とした.

光学3次元人体形状計測法による測定は, 鉛直方向の計測ピッチ2.5mm, 計測時間10秒間で行った. 被検者は, 足を肩幅程度に, 脇を握り拳1つ分程度体幹から開き, 指をまっすぐ伸ばした状態で, 両足に均等に体重をかけて装置の中心部に正立位をとり, スキャン中の10秒間静止状態を維持した. 身体形状を正確に測定するために, 被検者は, 素肌に密着した水着と, 頭部にスイミングキャップを着衣した. 測定結果は, 専用のソフトウェア (Body Line Manager, 浜松ホトニクス) を用いて処理した.

2) 身体組成

体脂肪測定装置 (BOD POD, Life Measurement Instrument) を用いて身体密度を測定し, その測定結果を基に体脂肪率および除脂肪体重を推定した. 身体密度は体重を体積で除することにより算出した. 身体密度から体脂肪率を推定する際には, 以下に示す Brozek et al. (1963) の式を用いた: $\text{体脂肪率} = \{(4.570 / \text{身体密度}) - 4.142\} \times 100$.

被検者は, 素肌に密着した水着と, 頭部にスイミングキャップを着衣し, チャンバー内で座位となり静止状態を維持した. 体積の測定は2回行わ

れ、2回の測定の標準偏差が75mL以上であった場合、3回目の測定を行った。分析には、得られた測定値のうち近い値を示した2回の平均値を用いた。測定室の室温は23℃であった。

3) 最高疾走速度

被検者には、屋内の陸上競技場にてクラウチングスタートから60m走を2本実施させた。測定の実施に先立ち、被検者毎に全力疾走できるよう、競技会を模した1時間のウォーミングアップを行わせた。

疾走速度は、レーザー速度計(LDM301S, フォーアシスト社製)を用いて100Hzでパーソナルコンピュータに取り込んだ。レーザー速度計は、被検者から後方10mに配置し、背部にレーザーを照射することで位置座標を計測した。取り込んだデータを、専用の解析ソフト(FARSD, フォーアシスト社製)によって1Hzのローパスフィルター(4次のバターワース型)で平滑化し、60m走における最大疾走速度を算出した。

3. 統計処理

各測定値の基本統計量は、平均値±標準偏差

(SD)で表した(表1)。最大疾走速度と形態、身体組成、体幹部・骨盤部および大腿部の筋横断面積との関係を明らかにするために、ピアソンの積率相関係数(r)を算出した。

すべての統計処理は統計処理ソフト(IBM SPSS Statistics 20, IBM)で行った。危険率5%未満をもって統計的に有意とした。

III. 結果

60m走の最高疾走速度は、 9.77 ± 0.38 m/s ($8.72 - 10.33$ m/s)であった。

形態および身体組成と、最高疾走速度との関係を表2に示す。

形態では、身長、上肢長、下肢長、上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲、腹囲および臀囲のすべてにおいて、最高疾走速度との間に有意な相関関係がみられなかった。

身体組成では、体重、BMIおよび脂肪量と、最高疾走速度との間に有意な相関関係はみられなかったが、体脂肪率は有意な負の相関関係($r = -0.391$, $P < 0.05$)が、除脂肪体重では有意な正の相関関係($r = 0.295$, $P < 0.05$)がみられた。

Table 1. Physical characteristics in the sprinters

	Mean	SD	Min-Max
Age, year	19.5	(0.9)	18-21
Body height, cm	172.7	(5.0)	159.6-183.0
Body mass, kg	64.6	(5.0)	53.3-75.6
Body mass index, kg/m ²	21.7	(1.5)	18.8-25.1
Percent body fat, %	10.9	(2.6)	5.0-17.7
Body fat, kg	7.0	(1.8)	3.7-10.9
Fat-free mass, kg	57.6	(4.7)	46.2-69.9
Fat-free mass relative to body mass, kg/kg	11.2	(1.0)	8.9-13.2
Arm circumference, cm	26.5	(1.6)	22.8-29.9
Forearm circumference, cm	23.1	(1.3)	20.2-26.0
Thigh circumference, cm	51.4	(2.4)	45.3-57.2
Shank circumference, cm	36.5	(1.8)	32.6-40.1
Waist circumference, cm	75.3	(3.1)	68.2-80.9
Hip circumference, cm	92.1	(2.9)	85.0-99.1
Upper extremity length, cm	73.6	(2.8)	68.3-80.0
Lower extremity length, cm	86.6	(3.1)	80.0-93.2
Lower extremity length relative to body height, cm/cm	0.50	(0.01)	0.48-0.52
Maximal sprint velocity, m/s	9.77	(0.38)	8.56-10.40

Table 2. Correlation Coefficients between maximal sprint velocity and each measured variable

	Maximal sprint velocity
Age	0.074
Body height	0.165
Body mass	0.172
Body mass index	0.052
Percent body fat	-0.391*
Body fat	-0.275
Fat-free mass	0.295*
Fat-free mass relative to body mass	0.106
Arm circumference	0.116
Forearm circumference	0.158
Thigh circumference	0.169
Shank circumference	0.115
Waist circumference	-0.05
Hip circumference	0.086
Upper extremity length	0.167
Lower extremity length	0.148
Lower extremity length relative to body height	0.062

IV. 考察

先行研究 (Morin et al., 2012) では、身長あたりの下肢長とスプリント能力との間には有意な相関関係が認められていないが、上肢長や身体各部の周径囲とスプリント能力との関連については検討されていない。周径囲は、体幹部では主に骨、内臓、内臓脂肪、筋組織、皮下脂肪を含み、四肢ではそれらから内臓および内臓脂肪を除く組織で構成されている。これまで、周径囲に影響するであろう筋の形態的特徴と、スプリント能力との関連について報告した研究がいくつか存在する (狩野ら, 1997; Hoshikawa et al., 2006; Sugisaki et al., 2018)。その中では、大腰筋、大臀筋、内転筋群およびハムストリングスの筋形態が、スプリント能力と有意な相関関係があることを示している。大腰筋は腹部、大臀筋は臀囲、内転筋群およびハムストリングスは大腿部の周径囲に反映されることが予想された。しかしながら、本研究の結果、いずれの項目にもスプリント能力との間に有意な相関関係は認められなかった。

このような結果となった要因の一つとして、周径囲が体脂肪の影響を強く受けることが挙げられる。中性脂肪であるトリグリセリドは、筋組織と

比較して密度が低く、膨張している (中里ほか, 2012)。そのため、脂肪において多少の増加がみられた場合でも、筋組織が増えた場合より強く周径囲に反映される可能性がある。本研究の結果では、体脂肪率と最高疾走速度との間に有意な負の相関関係が認められたことから、スプリント能力の低い者ほど、体脂肪率が高かった。このことは、仮に体幹部や骨盤部、大腿部の筋が小さく、スプリント能力が低い選手であっても、体脂肪によってスプリント能力の高い選手と同等の周径囲を有していることが示唆される。

また、大腿部については、内転筋群およびハムストリングスが大きい者ほど、スプリント能力が高いことが明らかとされているが、Sugisaki et al. (2018) は、大きな臀筋群に対し、小さな大腿四頭筋を持つ者が高いスプリント能力を有することを明らかにしている。大腿部の周径囲は、主に大腿四頭筋、内転筋群およびハムストリングスから構成されているが、仮に周径囲が太い場合、それが大腿四頭筋によるものか、内転筋群もしくはハムストリングによるものかを周径囲から明らかにすることはできない。したがって、前者が肥大している場合には負の、後者が肥大している場合には正の影響をスプリント能力に及ぼし、それらの

要因が混在することで、結果的に大腿部の周径囲とスプリント能力との間に有意な相関関係が認められなかったことが示唆される。

身体組成では、前述したように体脂肪率において、最高疾走速度との間に有意な負の相関関係が認められた。このことは、高い体脂肪率を有することが、スプリント能力に負の影響を与えることを示している。小・中学生男子の体脂肪率は、ジャンプ能力に負の影響を与えることが明らかとなっている（吉本ら、2012）が、走運動も跳躍運動と同様に体重移動を伴う動作となることから、類似した負の影響があるものと推察される。また、本研究の結果、最高疾走速度と除脂肪体重との間に有意な正の相関関係が認められた。これまで、トラック種目の中で走行距離が短い競技の選手ほどBMIが高く、距離が長くなればなるほど低いことが明らかとなっている（Sedeaud et al., 2014）。身体の有する筋量とBMIには強い関連がある（Nevill et al., 2010；Watts et al., 2011）。本研究の結果は、従来から述べられている長距離選手より短距離選手の方が身体に大きな筋量を有していることに加え、短距離選手内でも筋量が多いものほどスプリント能力が高いことを示唆している。このような結果が得られた要因として、スプリント能力の高い選手は、体幹部や骨盤部、大腿部の筋が肥大している（狩野ら、1997；Sugisaki et al., 2018）ことが挙げられる。それらの筋は、ヒトの身体の中でも特に大きな筋であり（河合・原島、2004）、その大小が除脂肪体重に強く反映されることが想定される。したがって、スプリント能力と除脂肪体重との間に有意な正の相関関係が認められたことは妥当であり、どの筋が肥大しているのかまでは明らかにできないものの、スプリント能力に対する身体の質的・量的な要因の把握に役立つと考えられる。

V. 結論

本研究では、形態および身体組成とスプリント能力との関係を明らかにすることを目的とした。その結果、最高疾走速度との間に、体脂肪率は負の、除脂肪体重は正の有意な相関関係が認められ

たが、形態ではいずれの項目でもスプリント能力と有意な相関関係は認められなかった。したがって、スプリント能力は身体組成の影響を受ける一方で、形態計測から求められる長さや太さとは関連性が小さいことが明らかとなった。

引用文献

- 藤井宏明（2016）投擲競技におけるコントロールテストとパフォーマンスの関係について。環太平洋大学研究紀要, 10：181-185.
- Hoshikawa, Y., Muramatsu, M., Iida, T., Uchiyama, A., Nakajima, Y., Kanehisa, H., and Fukunaga, T. (2006) Influence of the psoas major and thigh muscularity on 100-m times in junior sprinters. *Med Sci Sports Exerc*, 38: 2138-2143.
- 稲岡純史・村木征人・国土将平（1993）コントロールテストからみた跳躍競技の種目特性および競技パフォーマンスとの関係。スポーツ方法学研究, 6：41-48.
- 狩野豊・高橋英幸・森丘保典・秋間広・宮下憲・久野譜也・勝田茂（1997）スプリンターにおける内転筋群の形態的特性とスプリント能力の関係。体育学研究, 41：352-359.
- 河合良訓・原島広至（2004）肉単, 株式会社エヌ・ティー・エス, pp.76-87.
- Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Ryushi, T., Takano, S., and Mizuno, M. (2000) Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J Appl Physiol*, 88: 8-11.
- Morin, J.B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., and Lacour, J. R. (2012) Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur J Appl Physiol*, 112: 3921-3930.
- 中里浩一・岡本孝信・須永美歌子（2012）1から学ぶスポーツ生理学, 有限会社ナツプ, pp.10-11.
- Nevill, A. M., Winter, E. M., Ingham, S., Watts, A., Metsios, G. S., and Stewart, A. D. (2010)

- Adjusting athletes' body mass index to better reflect adiposity in epidemiological research. *J Sports Sci*, 28: 1009-1016.
- Pipes, T. V. (1977) Body composition characteristics of male and female track and field athletes. *Res Q*, 48: 244-247.
- Sedeaud, A., Marc, A., Marck, A., Dor, F., Schipman, J., Dorsey, M., Haida, A., Berthelot, G., and Toussaint, J. F. (2014) BMI, a performance parameter for speed improvement. *PLoS One*, 9: e90183.
- 設楽佳世・勝亦陽一・袴田智子・池田達昭・鈴木康弘・平野裕一 (2016) 日本人一流競技選手における形態及び身体組成の競技種目特性. *トレーニング科学*, 27 : 35-46.
- Sugisaki, N., Kobayashi, K., Tsuchie, H., and Kanehisa, H. (2018) Associations between individual lower limb muscle volumes and 100-m sprint time in male sprinters. *Int J Sports Physiol Perform*, 13: 214-219.
- Watts, A.S., Coleman, I., and Nevill, A. (2011) The changing shape characteristics associated with success in world-class sprinters. *J Sports Sci*, 30: 1085-1095.
- 吉本隆哉・酒井一樹・山本正嘉 (2015) 陸上競技短距離選手を対象とした運動指導現場で用いられる各種コントロールテストと疾走速度, ピッチおよびストライドとの関係. *スプリント研究*, 24 : 21-31.
- 吉本隆哉・高井洋平・藤田英二・福永裕子・金高宏文・西園秀嗣・金久博昭・山本正嘉 (2012) 小・中学生男子の下肢筋群の筋量および関節トルクが走・跳躍能力に与える影響. *体力科学*, 61 : 79-88.
- Yoshimoto, T., Takai, Y., Tsuchie, H., Chiba, Y., Motoshio, R., and Kanehisa, H. (2019) Ten-second maximal pedaling power is a representative measure for assessing sprint performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 11: in press.

Relationships between anthropometry, body composition and sprint performance

YOSHIMOTO Takaya · OHNUMA Hayato · CHIBA Yoshihiro

Abstract

This study aims to identify the effects of anthropometry and body composition on sprint performance. The subjects included 49 male university track and field athletes (age 19.5 ± 0.9 years, height 172.7 ± 5.0 cm, and weight 64.6 ± 5.0 kg) who specialized in short-distance and hurdle events, including 100m, 200m, 400m, 110m, and 400m hurdles. The study evaluated the length of the athlete's limbs and the circumference of each relevant body part using a three-dimensional photonic image scanning technique. The scanning technique evaluated the athlete's body mass, percent body fat, fat mass, and fat-free mass using a body fat measuring device. Additionally, maximal sprint velocity was measured as indices of sprint performance during the sprint using a laser distance measurement device. Results of this study show that although there was a significant correlation between percent body fat and fat-free mass and maximal sprint velocity, there was no significant correlation between sprint velocity. The above indicates that while sprint performance is influenced by body composition, there is an insignificant relationship between the length and circumference of an athlete's limbs as derived from the anthropometry measurements.

Keywords : percent body fat, lean body mass, fat-free mass