

高校生男子陸上競技長距離選手の 3 学年間の身体組成変化の縦断的検討

原

著

A longitudinal study of body composition changes over three years in
male high school long distance track and field athletes

中西 惇^{*1}, 初雁晶子^{*2}, 筒井俊春^{*2}, 鳥居 俊^{*2}

キー・ワード : Distance running, High school athletes, Body composition
陸上競技長距離種目, 高校生, 身体組成

〔要旨〕 (目的) 高校生男子陸上競技長距離選手の身体組成変化を縦断的に明らかにすること。

(方法) 対象は地区大会～県大会出場レベルの高校生男子陸上競技長距離選手 59 名とした。身長測定と DXA (Dual X-ray Absorptiometry) 装置 (Hologic 社) を用い、骨密度、除脂肪量、体重、脂肪量を 1 年ごとに 3 回測定した。骨塩量、骨密度、除脂肪量、脂肪量は上肢、下肢、体幹、全身と部位別に分析した。統計解析は年代間の比較に反復測定分散分析または Friedman 検定を行い、多重比較として Bonferroni 法を用いた。

(結果) 身長、体重、骨量は全身、上肢、体幹、下肢いずれも学年ごとに有意に増加した。除脂肪量は全身、下肢は学年ごとに有意に増加したが、体幹、上肢は 1, 2 年次間で有意に増加し、2, 3 年次間は無意味な差を認めなかった。脂肪量は下肢のみ 1, 3 年次間で有意に減少していた。

(考察) 身長、体重は先行研究と類似した体格を示した。骨量、除脂肪量増加は身体発育や競技参加が関連していることが考えられた。また、高校生男子長距離選手は下肢除脂肪量が上肢、体幹除脂肪量より長期的に増加することが示唆された。

1. 緒言

陸上競技は主に短距離種目、長距離種目、跳躍種目、投擲種目から構成され、競技成績向上のために必要とされる身体能力はそれぞれ異なる。したがって種目ごとに適した体格はそれぞれ異なることが考えられる。また、先行研究では、大学生陸上競技選手の身体組成は種目によって異なることが報告されており^{1,2)}、種目ごとの特徴を示す身体組成があると考えられる。

男子長距離選手の身体組成に着目すると、短距離選手と比較して体重が軽く、BMI (Body Mass

Index) が低く、筋量が少ないことを特徴としている¹⁾。また、長距離選手のよりよい競技成績は、より少ない脂肪量またはより痩せた体型が関連することが報告されている^{3,4)}。一方で、過度な BMI の低下は骨量低下のリスクファクターとされている⁵⁾。骨量獲得のピークは 20 歳前後であることが示されており⁶⁾、特に高校生～大学生世代の身体組成の管理が特に重要と考えられる。しかしながら、発育途上である高校 1 年生の長距離選手は骨密度が低いと報告されている⁷⁾。高校生長距離選手は体重の過度な減少に留意しながら、骨量を増加させていく必要があると考えられるが、その過程について縦断的に検討したものは筆者が渉猟する限り少ない。また、骨へのメカニカルストレスが骨形成を促進することから⁸⁾、全身を上肢、下肢、体幹と分類することで骨量変化の特徴が異なることが考えられる。

*1 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

*2 早稲田大学スポーツ科学学術院

Corresponding author : 鳥居 俊 (shunto@waseda.jp)

除脂肪量においては、エリートレベルの大学生長距離選手を対象とした先行研究で、4年間における除脂肪量の増加量が下肢は上肢の2倍以上であり、部位によって除脂肪量増加の特徴が異なることが報告されている⁹⁾。また、国際大会出場レベルの長距離選手の上下肢除脂肪量はシーズン前後(5.7 ± 0.7 か月)で変化しなかったことが報告されており¹⁰⁾、長距離選手の上下肢除脂肪量の増加には長期間を要することが考えられた。さらに高校生は発育による影響を受けることが予想される。大西¹¹⁾は発育による身長、体重への影響が高校2年生までみられたと報告しており、身体組成においても学年ごとの変化の特徴が1,2年次間と2,3年次間で異なることが考えられた。

以上より本研究の目的を高校生男子陸上競技中長距離選手の身体組成の変化を全身・上肢・下肢・体幹に分け縦断的に明らかにすることとした。また、仮説として全身、下肢骨量、全身、体幹、下肢除脂肪量は学年ごとに増加し、上肢、体幹骨量、上肢除脂肪量は2,3年次間で変化しないと予想した。

2. 方法

1) 研究デザインと対象者

対象は、1施設で地区大会から県大会出場レベルの高校生男子陸上競技長距離選手59名とした。いずれも1年ごとに3回測定できた者を対象とし、測定は7月から8月の長期休暇期間中に実施した。本測定は部の指導者の要請に基づくメディカルチェックとして行われたものであり、事前に測定の意義や目的について説明し同意を得て実施した。なお、本研究は早稲田大学スポーツ科学学術院の「人を対象とした研究に関する倫理審査委員会」を得て実施した(承認番号:2021-218)。

2) 測定方法

身長は測定前に選手に口頭で確認した。身体組成はDXA(Dual X-ray Absorptiometry)法装置(Hologic社, Horizon-QDR)を用い全身モードで鳥居¹²⁾の計測手順と同様に測定し、骨量、脂肪量、除脂肪量(除脂肪除骨量)、総重量(体重)と、面積骨密度を算出した。また、身長、体重からBMIを、総重量と、脂肪量から体脂肪率を算出した。骨量、骨密度、除脂肪量、脂肪量は鳥居¹²⁾の報告と同様に、関心領域として全身を上肢(肩関節裂隙と腋窩を結ぶ線より外側部)、下肢(大転子と坐

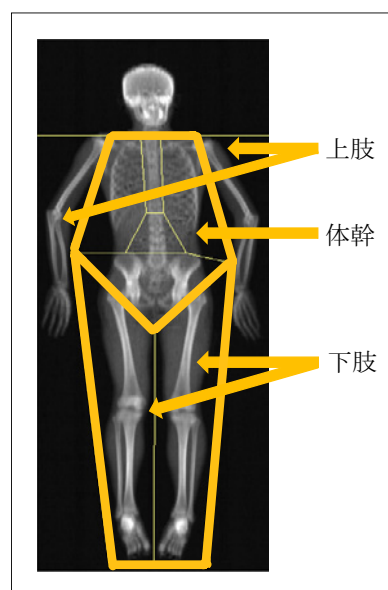


図1 関心領域の分け方

骨の接線より末梢部)、体幹(肩峰と第1肋骨を結ぶ線より尾側であり、上肢、下肢を除いた部分)に区分けして検討した(図1)。

3) 統計解析

身長、体重、BMI、骨密度、骨塩量、除脂肪量、脂肪量、体脂肪率の各学年間の比較として、はじめにShapiro-Wilk検定により、正規分布の有無を確認した後、反復測定分散分析またはFriedman検定を用いた。主効果が認められた場合、多重比較としてBonferroni法を用いた。統計処理にはSPSS Statistics 29(IBM社製)を用いた。なお、有意水準は危険率5%未満とした。

3. 結果

身長、体重、BMI、体脂肪率は表1に、骨塩量、骨密度、除脂肪量、脂肪量の測定値は表2に示す。また身長、体重は、文部科学省による令和6年度学校保健統計調査¹³⁾の測定値を用いて本研究の対象者と一般高校生との体格を比較した。身長測定値は表3と図2に、体重測定値は表4と図3に示す。

身長は主効果を示し($F(2,116)=33.584, p<0.001$)、測定値は学年ごとに有意に増加した($p<0.001$)。

体重は主効果を示し($F(2,116)=32.782, p<0.001$)、学年ごとに有意に増加した(2,3年次間: $p=0.004$, 1,2年次, 1,3年次間: $p<0.001$)。

BMIは主効果を示し($F(2,116)=10.531, p$

表 1 身長, 体重測定値

	1 年	2 年	3 年	p 値
身長 (cm)	167.9 ± 5.0	169.0 ± 5.1 ***	169.4 ± 5.2 *** **	<0.001
体重 (kg)	54.7 ± 5.9	56.4 ± 5.3 ***	57.2 ± 5.2 *** **	<0.001
BMI	19.4 ± 1.7	19.7 ± 1.5 **	19.9 ± 1.6 **	<0.001
体脂肪率 (%)	11.2 ± 1.8	10.8 ± 1.6 *	10.6 ± 1.9 *	0.002

* p<0.05 vs first grade, ** p<0.01 vs first grade, *** p<0.001 vs first grade,

** p<0.01 vs second grade, *** p<0.001 vs second grade

BMI : Body mass index

表 2 骨量, 除脂肪量, 脂肪量測定値

関心領域		1 年 Mean ± SD	2 年 Mean ± SD	3 年 Mean ± SD
骨密度 (g/cm ²)	全身	1.04 ± 0.09	1.07 ± 0.08 ***	1.10 ± 0.08 *** **
	上肢	0.69 ± 0.06	0.71 ± 0.05 *	0.72 ± 0.05 *** **
	下肢	1.15 ± 0.09	1.18 ± 0.08 ***	1.22 ± 0.07 *** **
	体幹	0.84 ± 0.09	0.86 ± 0.08 ***	0.88 ± 0.08 *** **
骨塩量 (g)	全身	2048.3 ± 310.3	2152.3 ± 298.6 ***	2235.6 ± 307.1 *** **
	上肢	255.1 ± 48.1	265.3 ± 45.4 ***	274.8 ± 44.2 *** **
	下肢	812.0 ± 114.6	865.2 ± 127.9 ***	904.3 ± 127.7 *** **
	体幹	530.5 ± 96.7	546.5 ± 92.0 ***	564.4 ± 95.3 *** **
除脂肪量 (g)	全身	46539.4 ± 4875.9	48162.1 ± 4365.5 ***	48859.8 ± 4326.1 *** **
	上肢	4807.5 ± 638.5	4902.7 ± 598.1 *	4939.7 ± 612.8
	下肢	16605.6 ± 1872.1	17649.7 ± 2015.8 ***	18126.0 ± 1986.9 *** **
	体幹	21445.6 ± 2376.6	21897.4 ± 2274.7 *	22118.8 ± 2295.9 **
脂肪量 (g)	全身	6140.7 ± 1328.3	6099.1 ± 1150.9	6106.0 ± 1316.8
	上肢	673.6 ± 186.7	665.4 ± 163.4	670.0 ± 172.1
	下肢	2504.4 ± 665.1	2393.1 ± 591.3	2340.4 ± 681.7 *
	体幹	1924.3 ± 545.2	1994.8 ± 468.1	2059.4 ± 542.4

* p<0.05 vs first grade, ** p<0.01 vs first grade, *** p<0.001 vs first grade,

*** p<0.001 vs second grade

表 3 身長測定値比較

	1 年 (15 歳)	2 年 (16 歳)	3 年 (17 歳)
本研究	167.9 ± 5.0	169.0 ± 5.1	169.4 ± 5.2
学校保健統計調査 (文献 13)	168.6 ± 5.9	169.9 ± 5.9	170.7 ± 5.9

単位はいずれも cm

<0.001), 2, 3 年次が 1 年次より有意に増加した (1, 2 年次間: p=0.008, 1, 3 年次間: p=0.002).

体脂肪率は主効果を示し (F (2,116)=6.639, p=0.002), 2, 3 年次より 1 年次が有意に減少した (1, 2 年次間: p=0.038, 1, 3 年次間: p=0.013).

骨密度は全身, 上肢, 体幹, 下肢いずれも主効果を示し (全身: F (2,116)=175.234, p<0.001, 上

肢: F (2,116)=17.331, p<0.001, 体幹: F (2,116)=36.607, p<0.001, 下 肢: F (2,116)=132.028, p<0.001), 学年ごとに有意に増加した (上肢 1, 2 年次間: p=0.034, その他: p<0.001).

骨塩量も骨密度と同様に全身, 上肢, 体幹, 下肢いずれも主効果を示し (全身: F (2,116)=150.840, p<0.001, 上 肢: F (2,116)=38.486, p

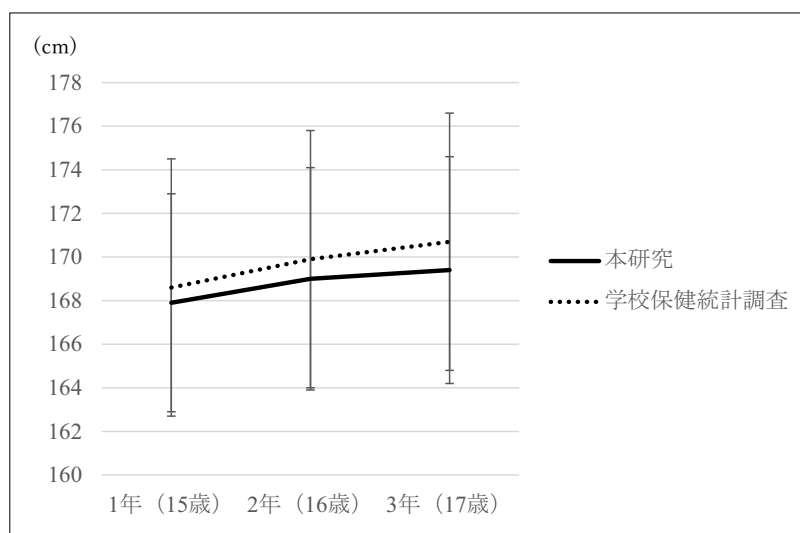


図2 身長測定値の推移

表4 体重測定値比較

	1年 (15歳)	2年 (16歳)	3年 (17歳)
本研究	54.7 ± 5.9	56.4 ± 5.3	57.2 ± 5.2
学校保健統計調査 (文献 13)	59.0 ± 10.9	60.5 ± 10.9	62.2 ± 10.7

単位はいずれも kg

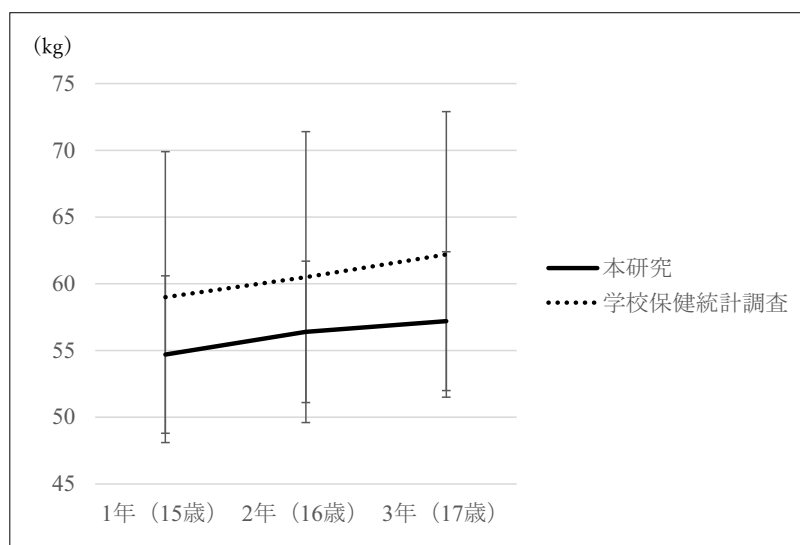


図3 体重測定値の推移

<0.001, 体幹: $F(2,116)=26.355, p<0.001$ 下肢: $F(2,116)=100.423, p<0.001$), 学年ごとに有意に増加した (いずれも $p<0.001$).

除脂肪量は全身, 下肢除脂肪量が主効果を示し (全身: $F(2,116)=51.396, p<0.001$, 下肢: $F(2,116)=74.704, p<0.001$), 学年ごとに有意に増加

した (いずれも $p<0.001$). 上肢除脂肪量は主効果を示し ($F(2,116)=4.129, p=0.019$), 1, 2 年次間のみ有意に増加した ($p=0.049$). 体幹除脂肪量は主効果を示し ($F(2,116)=8.187, p<0.001$), 1, 2 年次間, 1, 3 年次間で有意に増加した (1, 2 年次間: $p=0.032$, 1, 3 年次間: $p=0.006$).

脂肪量は下肢脂肪量が主効果を示し ($F(2,116)=5.117, p=0.007$), 3年次が1年次より有意に減少した ($p=0.037$). 全身, 上肢, 体幹脂肪量は有意な差を認めなかった.

4. 考察

本研究は, 地区大会から県大会出場レベルの高校生男子陸上競技長距離選手を対象に1年ごとに3回DXA装置を用いた測定を行い, 身体組成の変化を縦断的に検討した. 身体組成変化を明らかにすることで, 競技特性の理解を通して選手が健康で安全に競技を行うための一助になると考えた. また, 陸上競技に限らず, 高校生アスリートを対象とした身体組成を縦断的に検討した研究は筆者が渉猟する限り少ない. 日本スポーツ振興センター¹⁴⁾によると, 令和6年度における学校等の管理下の災害が高校1年の体育的な部活動で最も多く発生している. 陸上競技長距離選手に着目すると, 1年生は骨量が未熟な時期であるという報告や⁷⁾, 除脂肪量が2,3年生より低値であるという報告¹⁵⁾がある. また, 部活動の急激な練習量の増加等も考えられる点から1年生は障害発生のリスクが高い時期であると考ええる. 身体組成の縦断的な推移を明らかにすることは選手への練習量の調整や, 障害予防の観点からも有用だと考える.

身長, 体重は学年が上がるにつれて有意に増加していた. 身長は学校保健統計調査¹³⁾が報告した値と近かったが, 体重は低い値を示していた. 日本陸上競技連盟¹⁶⁾が2014年度全国高校駅伝に出場した選手を対象に行った調査(以下, 日本陸連の調査)では平均体重は52.3kgであったことから, 本研究の対象者は先行研究が報告する長距離選手の体格に類似していたと考える.

BMIは2,3年次の値が1年次よりも有意に高値であった. 日本陸連の調査¹⁶⁾では平均で19.9だったと報告しており, 本研究の対象者は学年が上がるほど先行研究が報告した体格に近づいたことが考えられた. また, 中ら¹⁷⁾が報告した一般高校生を対象とした縦断的検討において, 体格に関わる因子(身長, 体重)が1,2年次間での増加量が大きかったことを示している. また, 大西¹¹⁾は高校2年生まで身長, 体重に発育の影響がみられたことを報告している. 高校1,2年次間は2,3年次間よりも身体発育による体格の変動が顕著に生じる時期である可能性があり, 本研究でも同様の

傾向が示されたと考える.

除脂肪量は全身, 下肢除脂肪量が学年ごとに有意に増加した一方で, 上肢除脂肪量は2年次が1年次よりも有意に高値であり, 体幹除脂肪量は2,3年次の値が1年次よりも有意に高値であった. 先行研究では, Kinoshitaら⁹⁾による大学生選手を対象とした身体組成の縦断的検討では, 下肢除脂肪量は4年間で有意に増加しており, 増加量上肢の2倍以上であったと報告している. また, Pattersonら¹⁰⁾によるエリート競技選手を対象としたシーズン前後の身体組成の変化の検討では, 長距離選手はシーズン前後で体幹除脂肪量が有意に増加であったことを報告している. これらを踏まえると, 下肢除脂肪量が学年ごとに有意に増加したことに競技参加が関連している可能性があり, 上肢・体幹除脂肪量はシーズン前後よりも長期の競技参加によって下肢ほど増加しないことが考えられた. また, 体重増加は除脂肪量増加による影響が大きく, 身体発育が関連している可能性も考えられる. 本研究の除脂肪量増加様式が高校生男子長距離選手特有のものか, 一般高校生に共通して起こるものかは今後検討していく必要がある.

骨塩量, 骨密度は全身, 上肢, 体幹, 下肢いずれも学年が上がるにつれて有意に増加した. 鳥居ら¹⁸⁾は中学生男子の発育による骨量増加が筋量増加より遅れることを報告しており, 本研究においても同様の傾向が示されたと考える. また, 上肢, 下肢, 体幹では下肢が学年間での増加した割合が最も高く, 競技参加によって下肢へのメカニカルストレスが骨形成を促した可能性が考えられた.

脂肪量は1,3年次間の下肢のみ有意に減少しており, 競技参加が関連していることが考えられた. Legazら¹⁹⁾は比較的競技レベルの低い陸上競技選手の下肢皮下脂肪厚が3年間をかけて減少していたと報告しており, 本研究でも同様の結果がみられたと考える. また, 体脂肪率は1,2年次間で有意に低下していた. これは体重増加に対して脂肪量が増えなかったことが関連していることが考えられた.

本研究の限界点は1校の高校生選手を対象としている点が挙げられた. また, 対照群がないことから本研究の結果が発育と競技参加のどちらの影響を大きく受けたか不明な点が挙げられた. 今後は競技レベルや年代, 性別による影響や, 他種目との違いを検討し, 長距離選手の身体組成の特徴

を明確にしていく必要がある。

5. 結語

本研究は地区大会から県大会出場レベルの高校生男子陸上競技長距離選手の身体組成の縦断的变化をそれぞれ全身、上肢、体幹、下肢に分け検討した。骨量はいずれも学年ごとに有意に増加していた。除脂肪量は全身、下肢は学年ごとに有意に増加したが、体幹、上肢は1,2年次間で有意に増加し、2,3年次間には有意な増加を認めなかった。部位ごとに増加の特徴が異なっていたことは、競技特性や身体発育が関連している可能性が考えられた。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

中 西 惇 : Conceptualization ; Data curation ; Formal analysis ; Investigation ; Methodology ; Project administration ; Visualization ; Writing original draft.

初 雁 晶 子 : Data curation ; Investigation ; Writing-review & editing.

筒 井 俊 春 : Methodology ; Supervision ; Writing-review & editing.

鳥居 俊 : Data curation ; Methodology ; Supervision ; Writing-review & editing.

文 献

- 1) Stachoń A, Pietraszewska J, Burdukiewicz Soler A. Anthropometric profiles and body composition of male runners at different distances. *Sci Rep*. 2023; 13: 18222 doi: 10.1038/s41598-023-45064-9.
- 2) Hirsch KR, Smith-Ryan AE, Trexler ET, et al. Body Composition and Muscle Characteristics of Division I Track and Field Athletes. *J Strength Cond Res*. 2016; 30: 1231-1238 doi: 10.1519/JSC.0000000000001203.
- 3) Arrese AL, Ostáriz ES. Skinfold thicknesses associated with distance running performance in highly trained runners. *J Sports Sci*. 2006; 24: 69-76 doi: 10.1080/02640410500127751.
- 4) Aikawa Y, Mayu Murata, Naomi Omi. Relationship of height, body mass, muscle mass, fat mass, and the percentage of fat with athletic performance in male Japanese college sprinters, distance athletes, jumpers, throwers, and decathletes. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2020; 9: 7-14 doi: 10.7600/jpfsm.9.7.
- 5) Barrack MT, Fredericson M, Tenforde AS, et al. Evidence of a cumulative effect for risk factors predicting low bone mass among male adolescent athletes. *Br J Sports Med*. 2017; 51: 200-205 doi: 10.1136/bjsports-2016-096698.
- 6) Bonjour JP, Theintz G, Law F, et al. Peak bone mass. *Osteoporos Int*. 1994; 4 Suppl 1: 7-13 doi: 10.1007/BF01623429.
- 7) 鳥居 俊. 高校長距離走新入部員の腰椎骨密度は発育段階により異なる. *日本小児整形外科雑誌*. 2015; 24: 205-209.
- 8) Frost HM. Bone “mass” and the “mechanostat”: a proposal. *Anat Rec*. 1987; 219: 1-9 doi: 10.1002/ar.1092190104.
- 9) Kinoshita N, Tokita M, Okuyama K. Trajectory Analysis of the Four-Year Changes in Body Composition and Bone Mineral Characteristics Among Highly Competitive Male University Long-Distance Runners. *Am J Hum Biol*. 2025; 37: e24179 doi: 10.1002/ajhb.24179.
- 10) Pettersson S, Kalén A, Gustafsson M, et al. Off- to in-season body composition adaptations in elite male and female endurance and power event athletics competitors: an observational study. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2024; 16: 90 doi: 10.1186/s13102-024-00877-7.
- 11) 大西義男. 生月（特に五月生れの発育、体力）について. *体育学研究*. 1963; 8: 18.
- 12) 鳥居 俊. 日本人健康男児の骨量分布の発育変化. *日本小児整形外科雑誌*. 2010; 19: 85-89.
- 13) 文部科学省. 令和6年度学校保健統計調査. 入手先 : <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00400002&tstat=000001011648&cycle=0&tclass1=000001223596&tclass2=000001223597&tclass3val=0>. 参照日 2025年8月24日.
- 14) 独立行政法人日本スポーツ振興センター. 学校等の管理下の災害 [令和6年版]. 入手先 : <https://www.jpnsport.go.jp/anzen/kankobutuichiran/tabid/3053/Default.aspx>. 参照日 2025年8月24日.

- 15) 平田敏彦. ジュニア男子陸上長距離選手の身体組成・全身持久力と走記録. 岡山医学会雑誌. 2000; 112: 149-158.
- 16) 日本陸上競技連盟. 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査～第2報(2016年度版)～. 入手先：
<https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/resist/medical/20170418-2.pdf>. 参照日 2025 年 11 月 17 日.
- 17) 中比呂志, 出村慎一. 運動習慣の違いが青年期男子学生の体格及び体力に及ぼす影響: 3 年間の縦断的資料に基づいて. 体育学研究. 1994; 39: 287-303 doi: 10.5432/jjpehss.KJ00003392047.
- 18) 鳥居 俊, 岩沼宗一郎, 飯塚哲司. 日本人健康男子中学生における身長, 除脂肪量, 骨量の最大増加時期. 発育発達研究. 2016; 70: 11-16 doi: 10.5332/hat-suhatsu.2016.70_11.
- 19) Legaz A, Eston R. Changes in performance, skin-fold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. Br J Sports Med. 2005; 39: 851-856 doi: 10.1136/bjsm.2005.018960.

(受付: 2025 年 12 月 13 日, 受理: 2026 年 3 月 10 日)

A longitudinal study of body composition changes over three years in male high school long distance track and field athletes

Nakanishi, J.^{*1}, Hatsukari, A.^{*2}, Tsutsui, T.^{*2}, Torii, S.^{*2}

^{*1} Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

^{*2} Faculty of Sport Sciences, Waseda University

Key words: Distance running, High school athletes, Body composition

[Abstract] This study aimed to clarify longitudinal changes in the body composition of 59 males who are high school track and field long-distance runners competing at the regional to prefectural level. Height measurements and bone mineral density, fat-free mass, body weight, and fat mass were measured annually for consecutive 3 years by dual X-ray absorptiometry. Bone mineral content, bone mineral density, fat-free mass, and fat mass of the upper limbs, lower limbs, trunk, and whole body were analyzed separately.

The results showed significant increases in height, weight, and bone mass of the whole body, upper limbs, trunk, and lower limbs at each year. Fat-free mass of the whole body and lower limbs increased significantly at each year. For the trunk and upper limbs, significant increases occurred between the first and second years, but no significant difference was observed between the second and third. Fat mass of the lower limbs decreased significantly only between the first and third years.

The increases in bone mass and fat-free mass were possibly related to physical development and participation in athletic activities.