

高校長距離選手におけるパワーの形態学的評価

三野 耕*・大賀 康宏**・仲田 秀臣***

Morphological evaluation of physical power based on the running speed of high school male and female long distance runners

MINO Tsutomu*

OGA Yasuhiro**

NAKATA Hideomi***

Abstract

This study proposes a morphological evaluation of physical power based on the running speed of male and female long-distance runners who participate in high school *ekiden* (long-distance relay) competitions.

The study targeted 454 boys and 345 girls from the schools representing the 47 prefectures that participated in the 61st (men's) and 22nd (women's) national high school *ekiden* competition. The data collected from each runner includes their height, weight, and their 5,000m running time record (for males), and the 3,000m running time record (for females).

The surface area of the body (: S, cm²) was calculated using Fujimoto's method derived from height and weight (: W, g), and the specific surface area of the body (: s) was calculated by the rate of body surface area to weight.

As a result,

$$\text{power}/s = 22.3s^{-3.11}$$

was obtained by males, and

$$\text{power}/s = 28.4s^{-2.76}$$

was obtained by females.

Also, for males, the theoretical formula

$$\log(\text{power}) = -1.1428 \cdot \log S + 1.5372 \cdot \log W$$

and for females, the theoretical formula

平成23年10月22日 原稿受理

*大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科教授

**兵庫県立松陽高等学校 教諭

***大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科准教授

$$\log(\text{power}) = -0.8285 \cdot \log S + 1.2434 \cdot \log W$$

were obtained.

It suggests that the theoretical value of physical power evaluated by running speed obtained using theoretical formula of high school long-distance runner's can be used to evaluate the actual value of physical power.

keywords : morphological evaluation, specific body surface area, long distance runner, power with consideration for the run speed

要 約

本研究の目的は、高校駅伝に出場予定の長距離選手の走スピードを加味したパワーの評価についてである。

対象とした選手は、男子第61回および女子第22回全国高校駅伝に出場予定の47都道府県の代表校で男子454名および女子345名である。各選手の身長、体重および男子では5,000m走の記録、女子では3,000m走の記録を資料とした。体表面積は、身長と体重から藤本の方法で求めた。比体表面積は、体重に対する体表面積の割合で求めた。

その結果、男子で

$$\text{power}/s = 22.3s^{-3.11},$$

女子で

$$\text{power}/s = 28.4s^{-2.76}$$

が得られた。

また、男子では、

$$\log(\text{power}) = -1.1428 \cdot \log S + 1.5372 \cdot \log W,$$

女子では、

$$\log(\text{power}) = -0.8285 \cdot \log S + 1.2434 \cdot \log W$$

が得られた。

高校長距離選手の理論式を用いて得られた走スピードを加味したパワーの理論値は、実測値のパワーを評価できることが示唆された。

キーワード：形態学的評価、比体表面積、長距離選手、走スピードを考慮したパワー

I. はじめに

1950年から始まった男子全国高校駅伝大会は、第3回大会から7区間42.195kmとなり、第3回の2時間18分42秒から第60回大会の2時間04分09秒と約10数分の短縮がみられる。また、女子においては1989年から5区間21.0975kmの距離を争い、第1回の1時間09分48秒、第21回の1時間08分27秒と1分程度の短縮がみられる。

Nariyama, Minoら(1999)は、1998年度日本高校チャンピオンとなった駅伝、野球、ラ

グビー、バスケットボールおよびサッカーにおける出場選手の比体表面積（：体表面積/体重）を比較検討し、駅伝選手の比体表面積が最も大きく、駅伝選手など長距離選手は、質量（∞体重）よりも体表面積が大きい、やせ型の形態が有利であることを報告している。

また、成山ら（2011）は、大学長距離選手の5,000m走および10,000m走の走時間をもとにパワーを形態学的に分析し、パワーだけでなく、走時間の推定が可能であることを明らかにしている。

今回は、47都道府県の代表として第61回（男子）および第22回（女子）に出場する高校長距離選手の走スピードを考慮したパワーについて形態学的に評価することを研究の目的とした。

Ⅱ. 方法

各選手の記録は、2010年度の駅伝大会に参加する選手で、男子第61回、女子第22回全国高校駅伝出場校名鑑（廣瀬，2011）から男子454名、女子345名の生年月日、身長、体重、および男子は5,000m走、女子は3,000m走の自己記録を収集した。

体表面積は身長と体重とから藤本ら（1968）の方法で算出し、比体表面積（ s ：体表面積（ cm^2 ）／体重（ g ））を求めた（三野・成山，2004）。

なお、パワーは、男子では5,000m、女子では3,000m走の自己記録から求めた走スピード（ m/sec. ）と体重（ kg ）との積（：power, kgm/sec. ）から求めた。

実測値と理論値の標準誤差の評価（SDE：Standard Deviation of Estimate）は、（理論値－実測値）÷標準偏差で求めた。

Ⅲ. 結果と考察

表1は、男子454名および女子345名の身長、体重、比体表面積、長距離走時間、走速度、およびパワーの平均値と標準偏差、ならびに変動係数である。

表1 高校長距離選手の身体的特徴と走時間、速度およびパワーについて

	male (5,000m run, n=454)			female (3,000m run, n=345)		
	mean	S.D.	C.V.	mean	S.D.	C.V.
Height (cm)	169.49	± 4.90	2.89	158.34	± 4.64	2.93
Weight (kg)	53.23	± 3.98	7.47	43.68	± 3.65	8.36
s	0.293	± 0.009	3.17	0.313	± 0.012	3.83
running time (sec.)	895.5	± 26.9	3.00	593.9	± 26.4	4.45
speed (m/sec.)	5.59	± 0.17	2.98	5.06	± 0.22	4.35
power (kgm/sec.)	297.5	± 23.5	7.90	220.9	± 19.3	8.74

s : specific body surface area

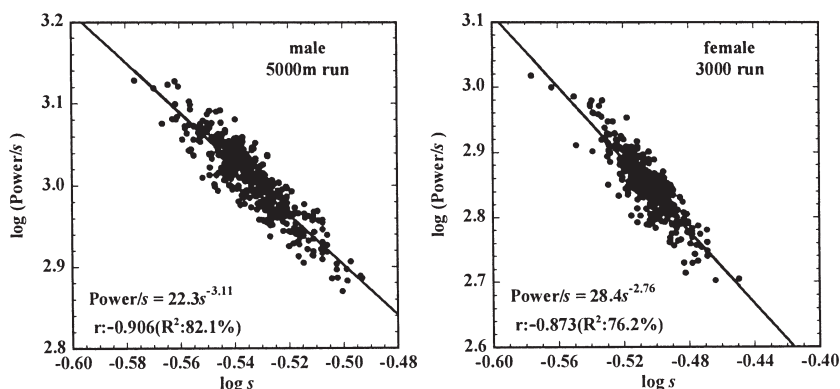


図1 log s と log (Power/s) との関係 (左図：男子，右図：女子)

形態的には、身長の変動係数が小さく、体重の変動係数が大きい傾向を示し、走能力では走時間の変動係数が小さく、パワーの変動係数が大きい傾向を示していた。

図1は男子(左図)および女子(右図)、それぞれの比体表面積と比体表面積当たりのパワーとの関係を示したもので、両対数で右下がりの直線関係がみられた。この時の相関係数は、男子で $r = -0.906$ 、女子で $r = -0.873$ といずれも高い相関がみられ、説明係数は男子で82.1%、女子で76.2%であった。また、この時の右下がりの直線式は、男子で $\text{Power}/s = 22.3s^{-3.11}$ 、女子で $\text{Power}/s = 28.4s^{-2.76}$ であった。

各選手のpowerを体表面積 (S, cm^2) と体重 (W, g) を用い、Funaki and Mino (1974, 1976a, 1976b) の式

$$\log(\text{Power}) = k_s \cdot \log S - k_w \cdot \log W, (k_s, k_w : \text{const.}) \cdots (1)$$

の定数を求めたところ、式(2)および式(3)が得られた。

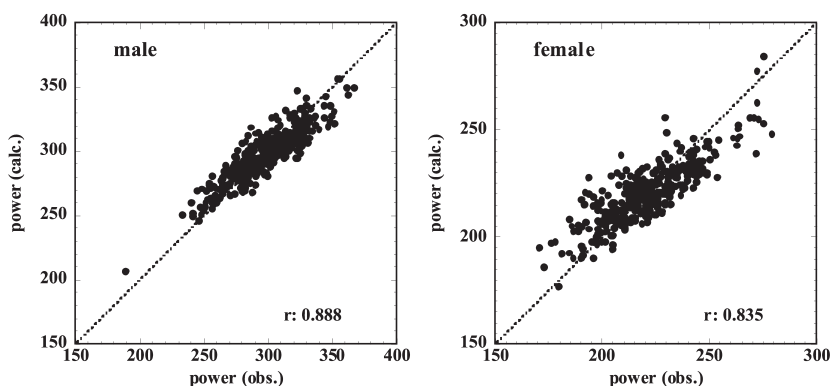


図2 パワーの実測値と理論値との関係(左図：男子，右図：女子)

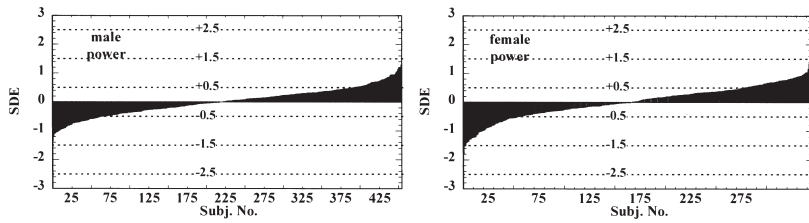


図3 パワーの標準誤差の分布（左図：男子，右図：女子）

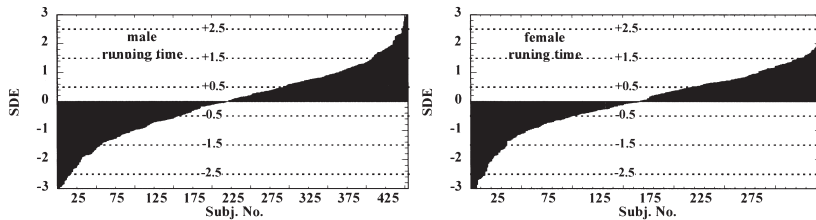


図4 長距離走時間の標準誤差の分布（左図：男子，右図：女子）

$$\text{男子：} \log(\text{Power}) = -1.1428 \cdot \log S + 1.5372 \cdot \log W \cdots (2)$$

$$\text{女子：} \log(\text{Power}) = -0.8285 \cdot \log S + 1.2434 \cdot \log W \cdots (3)$$

この導き出された式（2）および式（3）から求めたパワーの理論値（calc.）と実測値（obs.）との間には，図2に示したように高い有意な相関（男子： $r = 0.888$, $p < 0.001$; 女子： $r = 0.835$, $p < 0.001$ ）がみられ，男女ともF検定の結果（ $F_0 = 0.000$, $p < 0.001$ ），実測値と理論値の間に差は認められなかった。

図3は，体表面積と体重とから求めた男子高校長距離選手のパワーの理論値と実測値とのSDEの分布を示したもので，図4は，走時間の理論値と実測値との差のSDEについて示したものである。

表2 男女の理論値と実測値の標準誤差の分布の比較

Range	Power		running time	
	n	%	n	%
male				
1.5 ≧ SDE	0	0.0	45	9.9
0.5 ≧ SDE < 1.5	60	13.2	116	25.6
-0.5 ≧ SDE < 0.5	332	73.1	138	30.4
-1.5 ≧ SDE < -0.5	62	13.7	100	22.0
SDE < -1.5	0	0.0	55	12.1
	454	100.0	454	100.0
female				
1.5 ≧ SDE	2	0.6	19	5.5
0.5 ≧ SDE < 1.5	64	18.6	106	30.7
-0.5 ≧ SDE < 0.5	225	65.2	122	35.4
-1.5 ≧ SDE < -0.5	52	15.1	63	18.3
SDE < -1.5	2	0.6	35	10.1
	345	100.1	345	100.0

表2は、各SDEの分布範囲におけるパワーおよび走時間の出現頻度と率を示したものである。パワーでは、個人値の実測値と理論値の差が、 $-0.5 \leq SDE < 0.5$ の範囲にあり形態的な評価から得られた理論値が走時間の実測値に相応していたものは、男子で454名中332名(73.1%)、女子で345名中225名(65.2%)であった。 $0.5 \leq SDE$ 、すなわち理論値よりも実測値が優れていたものは、男子で60名(13.2%)、女子で66名(19.1%)、 $SDE < -0.5$ 、すなわち理論値よりも実測値が劣っていたものは、男子で62名(13.7%)、女子で54名(15.7%)であった。

走時間では、 $-0.5 \leq SDE < 0.5$ の範囲にあった選手は、男子で454名中138名(30.4%)、女子で345名中122名(35.4%)であった。 $0.5 \leq SDE$ 、すなわち理論値よりも実測値が優れていたのは、男子で161名(35.5%)、女子で125名(36.2%)、 $SDE < -0.5$ 、すなわち理論値よりも実測値が劣っていたのは、男子で155名(34.1%)、女子98名(28.4%)であった。

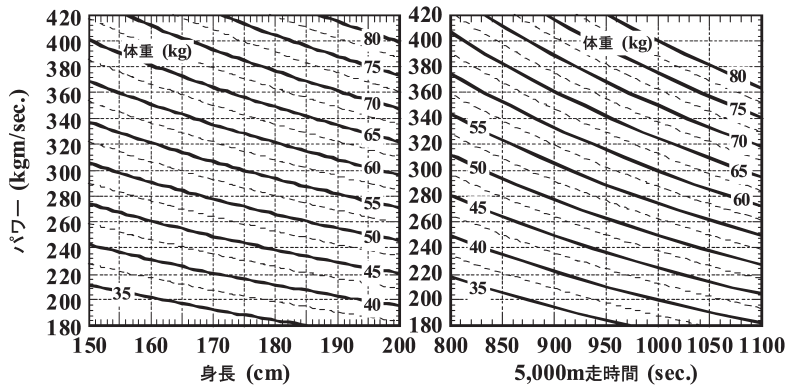


図5 男子長距離選手の身長と体重とからパワー、5,000m走時間を推定する簡易図

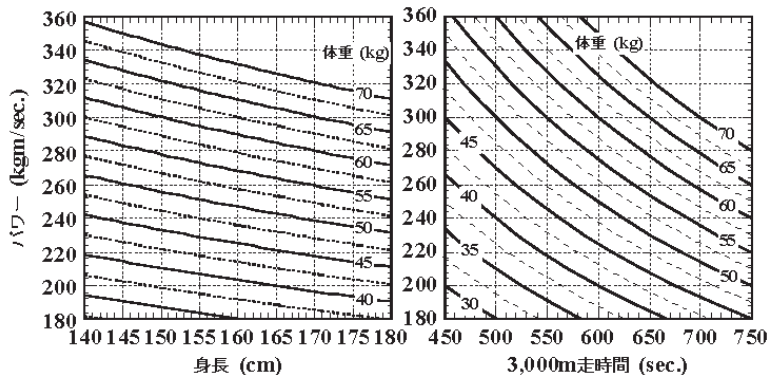


図6 女子長距離選手の身長と体重とからパワー、3,000m走時間を推定する簡易図

図5（男子）および図6（女子）は、身長と体重とからパワーを推定するための簡易図で、右図は左図で求められたパワーと体重とから走時間を推定する簡易図である。

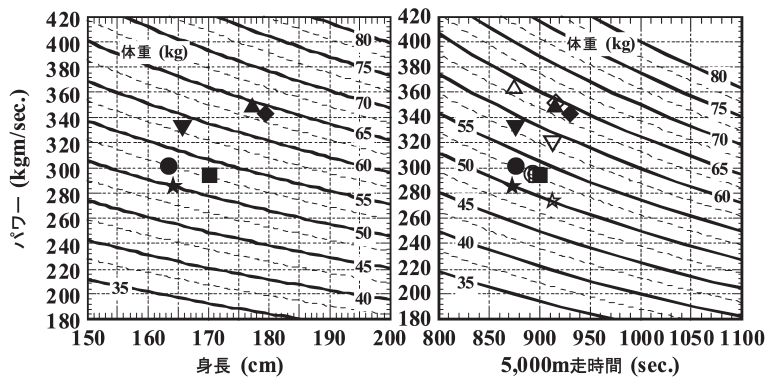
図7は、宮本（2001）が報告している全国男子高校駅伝大会に出場した某高校の出場選手6名（上図）および不出場選手5名（下図）、それぞれの身長と体重、ならびに5,000m走時間を用いて走スピードを加味したパワーおよび体表面積を求め、式（2）に当てはめて得られたパワーおよび走時間の理論値（上下の右図の黒塗りのシンボル）と実測値（白抜きのシンボル）を比較したものである。

出場選手（上図）の方が不出場選手（下図）よりも明らかに理論値が実測値に近似していることが認められた。

すなわち、出場選手は形態に相応した能力を発揮していることが見受けられた。

宮本（2001）の報告では、高校駅伝選手における有酸素能力と5,000mの記録との関係

身長と体重からパワー，5,000m走時間を推定する簡易図（男子高校生）



身長と体重からパワー，5,000m走時間を推定する簡易図（男子高校生）

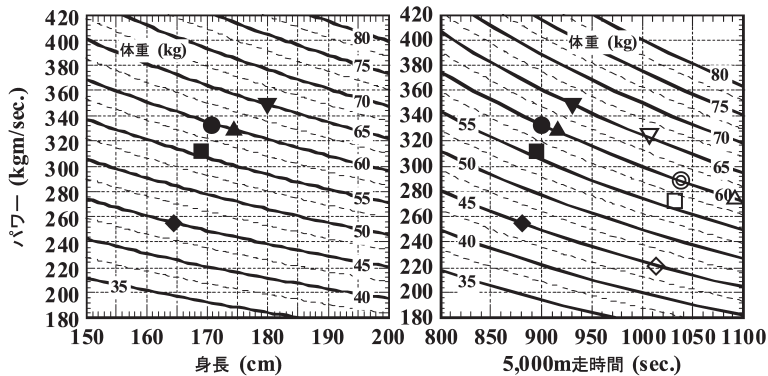


図7 男子長距離選手の身長と体重とからパワー，5,000m走時間の評価について（上図：出場選手；下図：不出場選手）

について調べ、全国高校駅伝出場選手の方が不出場選手よりも最大酸素摂取量が大いものの体重あたりの最大酸素摂取量には差がみられなかったことから競技力の高低には、ランニング技術だけでなくランニング中の酸素利用率や無酸素的エネルギー発生過程の依存性、あるいは心理的要因などが複雑に関与していると考えられることを報告している。

さらに、北村と吉澤（2000）は、最大酸素摂取量と競技力の観点から長距離走における指導者の指導力について検討し、上位に入賞した高校男子選手の方が下位の選手よりも $\dot{V}O_2\max/W$ と5,000m走時間との間の回帰直線の平均直線よりも上方に位置していることから $\dot{V}O_2\max/W$ の指標は指導者にとって重要な資料になるものとしている。

ところで、長距離走の評価として内的環境や外的環境が関連している。前述したように最大酸素摂取量や無酸素性作業域値などの生理学的評価（Costillら, 1973.; Daniels, 1985）である内的環境、走動作など技術的な評価であるバイオメカニクスの評価（Cavanagh and Kram, 1985）、ペースや疲労を考慮した効率に関わる評価（Daniels, 1985）などの外的環境が運動成果（記録）に影響を及ぼしている。

本研究は、式（2）および（3）を用いて体表面積と体重とからパワーを推定したものである。

よって、質量とみなした体重には活性組織だけでなく脂肪という不活性組織も含まれていることを考慮して解釈する必要がある。

また、走運動には、体力だけでなく走技術も重要な要因である。

中・長距離選手の体力では、とくに身体組成や身体資源としての最大酸素摂取量に関してこれまでに報告がみられる。

身体組成の報告として横内（1994）は、陸上競技女子中・長距離選手の3,000m走の競技成績から記録を伸ばす課題として、減量が必要であると報告している。さらに満園（2004）は、長距離ランナーの身体組成について文献研究の結果、高校生ランナーよりも大学生ランナー、実業団ランナーの方が体脂肪率が小さく、走パフォーマンス（走時間）が良くなっていた。

走技術では、松村・秋田ら（2008）は、大学長距離走選手を対象として走動作改善の練習法の研究のために秋田式ドリルを用いて走動作を分析した結果、優れた選手はピッチを一定にしてストライドを大きくしているのに対して、大学長距離選手はピッチを増大させるとともにストライドをも大きくしていることがみられたことから走速度を増大させている要因としてピッチを一定にしてストライドを大きくするなどの走運動の問題や修正・改善点が推測できそうであると結論している。さらに榎本（2007）は、日本人長距離選手の強化方策を探るためにケニア人長距離選手の生理学的・バイオメカニクスの特徴について

調べた結果、ケニア人選手の方が日本人選手よりも走技術が優れていることが確認された結果から日本人選手のトレーニングとして高い走速度や大きな走動作で走る機会を増やし、ストライドを大きくするランニングを積極的に行う必要があることを報告している。

本研究の結果から長距離走の評価は、選手個々の走パワーあるいは走時間の理論値と実測値から個別評価をしようとするもので、理論値と実測値との関係から指導者が選手のパフォーマンスを向上させるための個別に指導できるようにするために評価図（図5、6）を作成したものである。

例えば、評価が理論値 \equiv 実測値の場合には、形態的な要因と走技術の要因が相応していたと解釈できるものの、指導的には走速度を向上させるためにパワーおよびあるいは走の技術を向上させるのかの判断が必要である。

一方、評価が理論値 $<$ 実測値の場合には、形態的な要因と走技術の要因に対して走技術が優れている傾向にあり、走速度を向上させるためにパワーの向上、すなわち体組成や体力の改善が必要である。

逆に、評価が理論値 $>$ 実測値の場合には、不活性組織や未熟な走の技術、心理的要因が大きく影響していると考えられ、トレーニングによるパワーの増大や走の技術の向上、心理的要因の向上を図る必要がある。

IV. まとめ

研究の目的は、男子および女子の高校長距離選手について、形態的な面からパワーを評価するために男子454名および女子345名の長距離走（男子：5,000m走、女子：3,000m走）の記録からパワー（kgm/sec.：体重（kg） \times 走スピード（m/sec.））を求め、体表面積と体重とからパワーの評価を検討したものである。

その結果、次のことが明らかにされた。

1. 比体表面積（ s ）とパワーについて、 $\log s$ と $\log (\text{Power}/s)$ との間に右下がりの直線関係が認められ、男子では $\text{Power}/s = 22.3s^{-3.11}$ 、女子では $\text{Power}/s = 28.4s^{-2.76}$ が得られた。
2. パワー（Power：kgm/sec.）は、体表面積（ S ： cm^2 ）と体重（ W ：g）との間に
男子では、

$$\log (\text{Power}) = -1.1428 \cdot \log S + 1.5372 \cdot \log W$$

女子では、

$$\log (\text{Power}) = -0.8285 \cdot \log S + 1.2434 \cdot \log W$$

が得られ、パワーの理論値と実測値との間に差はなかった。

3. 身長と体重とからパワーおよび走時間を推定し、実測値とから評価可能な簡易図を作成した。

V. 文 献

Cavanagh, P. R., Kram, R., [1985], "The efficiency of human movement—a statement of the problem", *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 17, pp.304-308.

Costill, D. L., Thonason, H., Robert, E., [1973], "Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running", *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 5, pp.248-252.

Daniels, J. T. [1985], "A physiologist's view of running economy", *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 17, pp.332-338.

榎本靖士, [2007], 「ケニア人長距離選手の生理学的・バイオメカニクス的特徴の究明～日本人長距離選手の強化方策を探る～」, 『第5回(2007年度)スポーツ研究助成事業報告書』, 財団法人上月スポーツ財団, pp.1-22.

藤本薫喜・渡辺 孟・坂本 淳・湯川幸一・森本和枝, [1968], 「日本人の体表面積に関する研究 第18篇 - 3期にまとめた算出式-」, 『日衛誌』, 第23巻, pp.443-450.

Funaki, H. and Mino, T., [1974], 「Maximum oxygen intake and specific body surface area」, 『京府医大誌』, 第83巻, pp.779-783.

Funaki, H. and Mino, T., [1976a], 「Specific (Body) surface area and motor ability (Preliminary Report)」, 『京府医大誌』, 第85巻, pp.73-77.

Funaki, H. and Mino, T., [1976b], 「Metabolic rate and specific surface area」, 『京府医大誌』, 第85巻, pp.749-756.

廣瀬 真, [2011], 『月刊陸上競技 2011年1月号別冊第2付録 第61回全国高校駅伝出場校名鑑』, 第45巻, 第1号, 講談社.

北村潔和・吉澤茂弘, [2000], 「長距離走における指導者の指導力に関する研究—最大酸素摂取量と競技力の観点から—」, 『富山大学教育学部研究論集』, 第3号, pp.21-24.

Nariyama, K., Mino, T., and Miyamoto, Y., [1999], "Body surface area/body mass of member of championship teams at various competitions and high schools throughout Japan", *Youth Sports in the 21st Century: Organized Sport in the Lives of Children and Adolescents, Celebrating 20 Years of the Institute for the Study of Youth Sports at Michigan State University*, Michigan State University, p.66.

- 成山公一・中西増代・三野 耕, [2011], 「男子大学生の長距離選手におけるパワーに関する形態学的評価」, 『大阪産業大学人間環境論集』, 第10巻, pp.93-100.
- 松村 勲・秋田真介・金高宏文・瓜田吉久, [2008], 「走動作改善の練習法に関する研究（1）－大学長距離走選手を対象として－」, 『スポーツトレーニング科学』, 第9巻, pp.37-40.
- 三野 耕・成山公一, [2004], 「学齢期の比体表面積基準チャートの作成とその利用について」, 『学校保健研究』, 第46巻, pp.29-43.
- 満園良一, [2004], 「長距離ランナーの身体組成」, 『久留米大学健康・スポーツ科学センター研究紀要』, 第11巻, 第1号, pp.1-11.
- 宮本 孝, [2001], 「高校駅伝選手における有酸素能力と5000mの記録との関係」, 『彦根論叢』電子版, 第329号, pp.183-194.
- 横内靖典, [1994], 「陸上競技女子中・長距離選手の事例的研究（第1報）－競技成績, 特に3000mの推移について－」, 『城西大学研究年報』, 第18巻, pp.29-36.

