

中学生陸上競技選手の指導に関する一考察 —無酸素パワーと脚筋力の分析から—

田路 秀樹、青木敦英¹、福田厚治

人間環境部門、環境人間学研究科¹

An analysis of maximal anaerobic power and leg strength in junior high school track and field athletes

Hideki TOJI, Atsuhide AOKI¹, Koji FUKUDA

School of Human Science and Environment,

University of Hyogo

1-1-12 Shinzaike-honcho, Himeji, Hyogo, 670-0092 Japan

Abstract

This study investigates the ways of effective training through the measurement of maximal anaerobic power and leg strength of junior high school track and field athlete (JHSA). The subjects were 12 girls and 11 boys from 12 to 14 years of age. They participated in muscle power tests including maximal bicycle pedaling, vertical jump and isokinetic maximal leg strength. Maximal anaerobic power and maximal anaerobic power/body weight ratio of the girls and boys in the JHSA were lower than high school elite track and field athletes (HSEA). In comparison with the isokinetic strength (60deg/s, 180deg/s, 300deg/s) of HSEA, respectively the extension of girls was 72.7%, 80.6%, 77.4%, and the flexion was 61.3%, 62.3%, 68.4%, the extension of boys was 69.4%, 74.4%, 72.5%, the flexion was 69.2%, 64.2%, 68.2%. The extensor/body weight of the girls was equivalent to that of HSEA, however the flexion was lower than HSEA, respectively 74.4%, 76.6%, 83.3%. On the other hand, the ratio of extension and flexion of boys was higher than that of HSEA. These results, suggest the problem of training in the junior high school track and field athletes.

Key words: muscle power, growth, H/Q ratio, sprinter, jumper, thrower

I. 諸言

陸上競技の短距離・跳躍・投てき選手における筋力および筋パワー発揮能力は、それぞれの競技成績を決定する上で重要な体力要素となる。山本ほか (1992) は、一流選手と二流選手を比較し、速い速度での等速性膝屈筋力に差がみられたとし、若山ほか (1993) は等速性膝筋力発揮特性の比較から、速度上昇に伴う筋出力の低下は、膝伸展力より屈曲力の方が小さかったと報告している。また、渡邊ほか (2003) は、大学陸上競技部のスプリンターの疾走速度は股関節伸展・屈曲、膝関節伸展と有意な相関があ

ったと報告している。こうした、成人の陸上選手を対象にした研究に対し、小林ほか (1988) は 15 歳・18 歳の男女一線級ジュニア陸上競技選手の等速性筋力を測定し、競技成績の高い選手は速い速度での膝伸展力・屈曲力が優れており、さらに小林 (1989) は男子一線級ジュニア陸上競技選手の膝伸展・屈曲筋力を一流選手と比較検討し、膝伸展筋力に対する膝屈曲筋力の割合が重要であると示唆している。また、松尾ほか (1985) は特別に陸上競技を行っていない一般の青少年 (7-18 歳) の疾走速度が等速性・等尺性膝伸展・屈曲力と正の相関があったと報告している。

さらに、筋パワーとして垂直跳び成績や自転車ペダリングによる無酸素パワー（以後、無酸素パワー）の発揮能力と競技成績を検討した報告もなされている。小林（1987）は垂直跳びが 1 回の瞬発力を示すのに対して、無酸素パワーは数秒間持続するパワーの大きさを示すもので、両方の能力に優れていることが短距離をはじめとするスプリント種目に大切であるとしている。加百ほか（1989）は大学陸上競技選手の 100m 走タイムと反復的パワーとして 90 秒間および 5 秒間全力ペダリング、単発的パワーとして脚伸展パワー（脚伸展パワー測定装置：竹井機器社製）との関係を調べ、無酸素パワーのみが競技成績と有意な相関関係にあることを示唆している。山本ほか（1992）の一流選手と二流選手との比較では、100m 走一流選手は無酸素パワーと、走り幅跳び選手は無酸素パワーと脚伸展パワーの両方に有意な相関がみられたとし、種目の特異性を示唆している。同様に、小林（1987）は、投てき選手は無酸素パワーの絶対値をもって評価することは妥当であるが、短距離・跳躍選手においては体重当たりの無酸素パワーでの比較が有効であり種目特性があることを示している。また、男子高校生の一流短距離選手の最大無酸素パワーは一般の高校生よりも著しく高値を示す報告（加藤ほか、1992）もなされており、いずれにしても無酸素パワーは、脚筋力と同様、短距離・跳躍・投てきの選手にとって競技成績に影響をもたらす体力要素であると言える。

しかしながら、先行研究において中学生を対象とした報告は数少ない。ジュニア一流選手を対象とした報告も 15 歳から 18 歳と成長・発育のピーク時期段階の高校生を対象としており、成長・発育の著しい中学生陸上競技選手における競技特性と筋力・筋パワーとの関係を明らかにすることは、タレント発掘において重要な要素と考えられる。そこで、本研究では姫路市の中学陸上競技選手で、近畿中学校陸上競技大会、全国中学校陸上競技大会に出場する短距離・跳躍・投てき選手の無酸素パワーと脚筋力の分析を行うことにより、種目別、個人別の問題点を明らかにし、競技力向上を図るための有効な指導のありかたを検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は姫路市の中学生陸上競技選手で 2011 年度近畿中学陸上競技大会、全国中学校陸上競技大会に出場した選手、女子 12 名（測定時の暦年齢：13 歳 8 ヶ月 ± 3 ヶ月）男子 11 名（同暦年齢：13 歳 6 ヶ月 ± 3 ヶ月）の計 23 名である。なお、測定は 2011 年 11 月に実施し、暦年齢は

測定日時点での暦年齢とした。

2. 測定項目

1) 形態

身長は三段伸縮式デジタル身長計（竹井機器社製）、体重、体脂肪率、除脂肪体重はボディープランナー DF830（YAMATO 社製）を用い測定した。また、体格指数として身長と体重から BMI（Body Mass Index）を算出した。

2) 機能

① 等速性膝伸展・屈曲力

Biodex System3（Biodex Medical Systems Inc.）を用い、3 種類の角速度（低速：60deg/s、中速：180deg/s、高速：300deg/s）において、最大努力で膝伸展、膝屈曲を行わせ、60deg/s は各 3 回、180deg/s と 300deg/s は各 5 回測定し、それぞれの最大トルク値を各角速度における等速性最大筋力とした。

② 無酸素パワー

自転車式パワー測定器（POWERMAX-VIII：COMBI 社製）を用い、10 秒間全力ペダリング、120 秒休息を 1 セットとし、それを 3 セット行い、最大無酸素パワーおよび体重当たり最大無酸素パワーを測定した。

③ 1 回瞬発力

反動を用いた垂直跳びをデジタル垂直跳び測定器（ジャンプ DF：竹井機器社製）を用い 3 回施行させ最高値をその測定値とした。

3. 統計処理

統計処理は IBM SPSS 22.0 STATISTICS BASE を用いて、男女別の値を平均値と標準偏差で示した。また、男女間の差の検定は F 検定を行ったうえで、等分散を仮定した 2 標本による検定もしくは分散が等しくないと仮定した 2 標本による t 検定を用いた。暦年齢と各測定項目、等速性膝伸展筋力と同屈曲筋力との関係はピアソンの積率相関係数を求め、有意な関係が認められた場合は回帰直線を求めた。なお、いずれも 5% 水準をもって有意とした。

III. 結果

1. 形態について

被験者の年齢、身長、体重、体脂肪率、除脂肪体重、BMI、専門種目を Table 1 に示した。

その結果、女子の平均値は身長が 159.6 ± 5.6 cm、体重は 47.4 ± 5.2 kg、体脂肪率は $17.8 \pm 4.7\%$ 、除脂肪体重は 38.8 ± 2.8 kg、BMI は 18.6 ± 1.6 、男子は 169.0 ± 4.9 cm、 61.2 ± 10.2 kg、 $10.8 \pm 5.4\%$ 、除脂肪体重は 54.0 ± 6.2 kg、BMI は 21.3 ± 3.0 であり、身長、体重、除脂肪体重（以上、1% 水準）、BMI（5% 水準）は男子が女子と比較して

Table 1 Physical characteristics of subjects.

女子	年齢 (歳ヶ月)	身長 (cm)	体重 (kg)	%FAT (%)	LBM (kg)	BMI	専門種目
A	14.5	153.7	43.5	18.5	35.5	18.4	短距離
B	14.5	165.9	45.2	12.2	39.7	16.4	短距離
C	14.4	155.5	51.2	23.5	39.2	21.2	短距離
D	13.0	169.2	48.2	17.2	39.9	16.8	短距離
E	14.4	155.5	47.9	21.3	37.7	19.8	短距離
F	14.9	158.3	47.9	21.3	37.7	19.1	短距離
G	14.5	158.5	46.3	15.3	39.2	18.4	短距離
H	13.7	158.3	46.4	16.9	38.6	18.5	中距離
I	13.1	153.9	46.1	18.2	37.7	19.5	跳躍
J	13.6	163.9	48.3	15.1	41.0	18.0	跳躍
K	13.0	154.9	37.8	8.8	34.5	15.8	跳躍
L	13.9	167.5	60.4	25.1	45.2	21.5	投てき
平均	13.8	159.6	47.4	17.8	38.8	18.6	
SD	3.0	5.6	5.2	4.7	1.8	1.8	
男子	年齢 (歳ヶ月)	身長 (cm)	体重 (kg)	%FAT (%)	LBM (kg)	BMI	専門種目
M	13.6	164.5	53.4	5.8	50.3	19.7	短距離
N	14.5	170.3	55.7	7.5	51.5	19.2	短距離
O	13.1	165.0	55.1	9.9	49.6	20.2	短距離
P	14.2	166.7	56.8	12.4	49.8	20.4	短距離
Q	14.4	171.5	62.1	11.4	55.0	21.1	跳躍
R	13.4	160.7	50.7	5.4	48.0	19.6	跳躍
S	14.0	167.9	47.7	5.2	45.2	16.9	跳躍
T	14.6	174.0	65.3	7.0	60.7	21.6	投てき
U	14.1	170.8	77.0	17.3	63.7	26.4	投てき
V	13.9	168.8	76.8	21.5	60.3	27.0	投てき
W	14.7	178.4	70.9	15.2	60.1	22.3	投てき
平均	13.6	169.0	61.0	10.8	54.0	21.3	
SD	3.0	4.9	10.2	5.4	6.2	3.0	

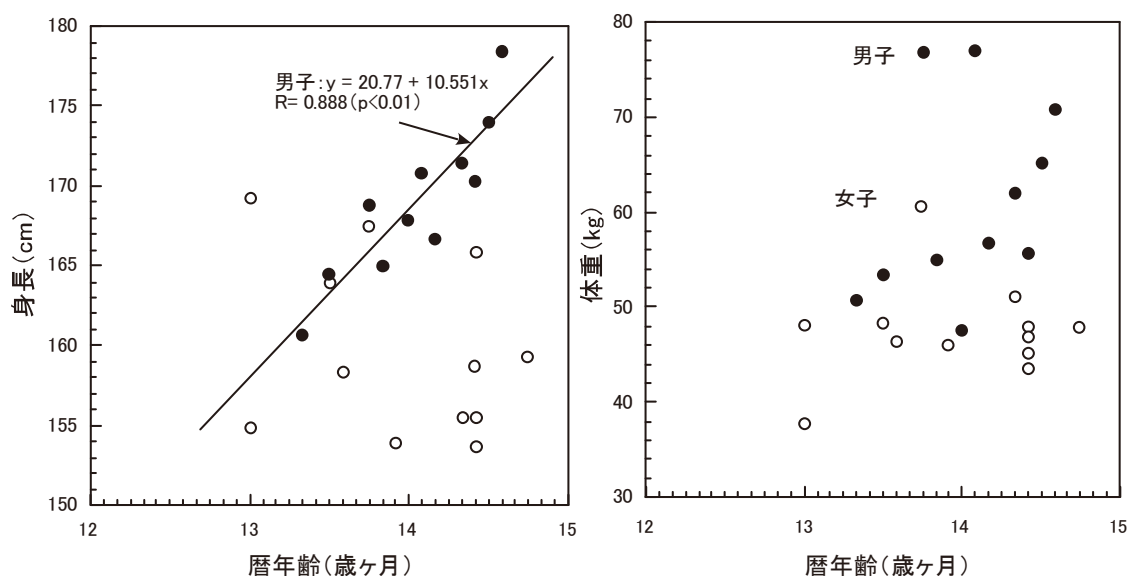


Fig. 1 Relationships between body height, body weight and chronological age.

有意に高い値を示し、体脂肪率のみ女子が男子よりも 1% 水準で有意に高かった。

Fig. 1 に暦年齢別にみた身長と体重の変化を示した。その結果、男子の身長には 1% 水準で有意な相関がみられたが、女子の身長、男女の体重には有意な相関関係は認められなかった。

2. 無酸素パワーについて

Table 2 に各選手の無酸素パワー、体重当り無酸素パワーおよび垂直跳びの値を示した。

無酸素パワーの平均は、女子が 471.8±77.6W、体重当り量が 10.0±1.1W/kg、垂直跳び高は 50.5±6.1cm、男子が 684.0±165.8W、体重当り量が 11.1±1.2W/kg、垂直跳び高は 59.5±4.4cm であった。男女差については、無酸素パワー、体重当り無酸素パワー、垂直跳び高いずれにおいても男子が女子よりも 1% 水準で有意に高い値を示した。

Fig. 2 に体重と最大無酸素パワーとの関係を男女別に示した。その結果、女子が R=0.708 (p<0.01)、男子が R=0.907 (p<0.01) と男女とも有意な相関が認められた。また、Fig. 3 には垂直跳びと体重当たりの最大無酸素パワーの関係を示したが、男女とも有意な相関関係は認められなかった。

3. 等速性筋力について

Table 3 に被験者の等速性膝伸展・屈曲力の絶対値と体重当り量を示した。

等速性膝伸展力および屈曲力の絶対値は男子が女子をすべての角速度で有意に上回る値を示したが、体重当り量については、伸展力にはいずれの角速度においても男女間に有意な差は認められなかった。しかし、屈曲力については低速・中速・高速のすべての角速度に有意な差がみられた。

Table 2 Maximal anaerobic power and vertical jump of subjects.

女子	無酸素パワー (W)	体重当り 無酸素パワー (W/kg)	垂直跳び (cm)	専門種目
A	439	10.0	59.0	短距離
B	373	8.3	54.0	短距離
C	655	12.8	47.0	短距離
D	427	8.9	51.0	短距離
E	483	10.1	50.0	短距離
F	487	10.1	46.0	短距離
G	488	10.6	64.0	短距離
H	454	9.9	44.0	中距離
I	467	10.2	51.0	跳躍
J	454	9.5	44.0	跳躍
K	371	9.8	50.0	跳躍
L	563	9.3	46.0	投てき
平均	471.8	10.0	50.5	
SD	77.6	1.1	6.1	
男子	無酸素パワー (W)	体重当り 無酸素パワー (W/kg)	垂直跳び (cm)	専門種目
M	526	9.9	57.0	短距離
N	608	10.9	66.0	短距離
O	608	11.1	57.0	短距離
P	499	8.8	58.0	短距離
Q	696	11.2	63.0	跳躍
R	573	11.2	65.0	跳躍
S	516	10.8	56.0	跳躍
T	867	13.3	63.0	投てき
U	987	12.8	54.0	投てき
V	817	10.6	54.0	投てき
W	827	11.5	62.0	投てき
平均	684.0	11.1	59.5	
SD	165.8	1.2	4.4	

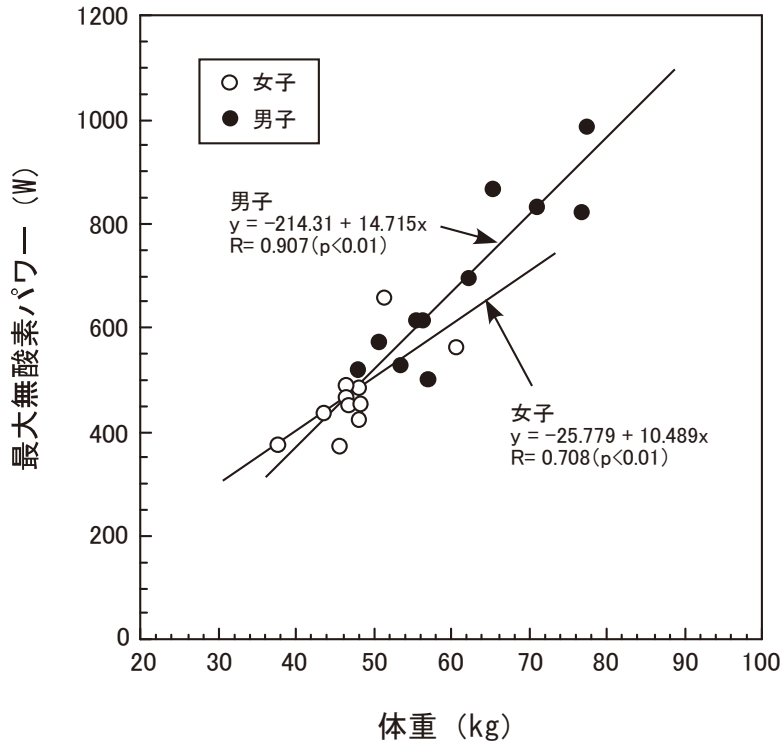


Fig. 2 Relationships between body weight and maximal anaerobic power.

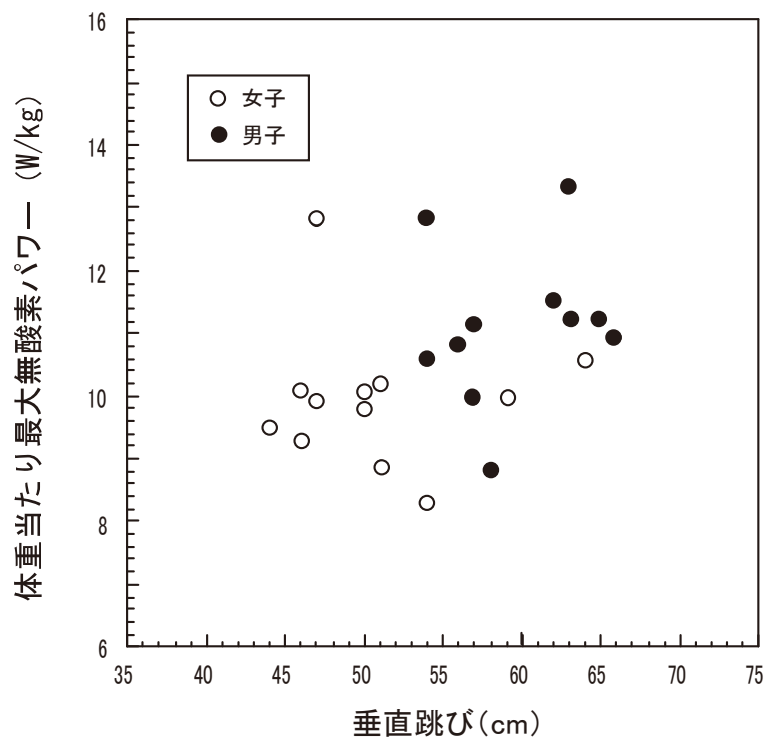


Fig. 3 Relationships between vertical jump and maximal anaerobic power/body weight.

Table 3 Isokinetic maximal strength (60deg/s・180deg/s・300deg/s) of subject.

女子	等速性膝伸筋力						等速性膝屈筋力						専門種目
	60deg/s		180deg/s		300deg/s		60deg/s		180deg/s		300deg/s		
	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	
A	137.6	3.2	100.2	2.3	78.0	1.8	63.0	1.4	48.5	1.1	45.0	1.0	短距離
B	108.9	2.4	76.2	1.7	42.9	0.9	46.9	1.0	34.6	0.8	19.5	0.4	短距離
C	120.5	2.4	85.2	1.7	49.2	1.0	65.5	1.3	57.6	1.1	46.8	0.9	短距離
D	98.7	2.0	71.0	1.5	51.6	1.1	51.5	1.1	43.5	0.9	38.5	0.8	短距離
E	116.5	2.4	81.9	1.7	64.0	1.3	58.5	1.2	46.8	1.0	39.9	0.8	短距離
F	129.0	2.7	75.3	1.6	53.9	1.1	77.1	1.6	48.1	1.0	31.4	0.7	短距離
G	127.4	2.8	99.8	2.2	75.2	1.6	68.5	1.5	49.7	1.1	39.9	0.9	短距離
H	103.9	2.2	86.1	1.9	62.0	1.3	66.0	1.4	49.8	1.1	36.4	0.8	中距離
I	105.1	2.3	73.1	1.6	58.1	1.3	60.4	1.3	45.0	1.0	39.3	0.9	跳躍
J	121.2	2.5	75.7	1.6	62.4	1.3	62.0	1.3	43.7	0.9	36.0	0.7	跳躍
K	93.2	2.5	71.2	1.9	54.9	1.5	46.5	1.2	38.9	1.0	35.9	0.9	跳躍
L	122.8	2.0	76.3	1.3	52.3	0.9	61.5	1.0	47.2	0.8	43.6	0.7	投てき
平均	115.4	2.4	81.0	1.7	58.7	1.3	60.6	1.3	46.1	1.0	37.7	0.8	
SD	13.4	0.3	10.1	0.3	10.3	0.3	8.9	0.2	5.8	0.1	7.2	0.2	

男子	等速性膝伸筋力						等速性膝屈筋力						専門種目
	60deg/s		180deg/s		300deg/s		60deg/s		180deg/s		300deg/s		
	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	絶対値 (Nm)	体重当り (Nm/kg)	
M	154.5	2.9	102.0	1.9	70.7	1.3	86.1	1.6	73.4	1.4	60.1	1.1	短距離
N	163.4	2.9	123.7	2.2	85.9	1.5	146.5	2.6	61.4	1.1	55.5	1.0	短距離
O	180.8	2.9	114.8	1.9	91.8	1.5	104.6	1.7	106.0	1.7	65.5	1.1	短距離
P	185.4	2.8	135.9	2.1	101.2	1.6	107.6	1.7	87.4	1.3	73.4	1.1	短距離
Q	185.5	2.4	134.0	1.7	110.0	1.4	121.6	1.6	104.2	1.4	91.0	1.2	跳躍
R	108.4	2.0	58.0	1.1	24.1	0.4	57.0	1.0	40.4	0.7	24.3	0.4	跳躍
S	169.8	2.2	123.8	1.6	93.7	1.2	119.2	1.6	84.9	1.1	66.5	0.9	跳躍
T	224.8	3.2	178.8	2.5	130.5	1.8	142.5	2.0	105.6	1.5	88.7	1.3	投てき
U	111.4	2.2	75.8	1.5	60.9	1.2	78.3	1.5	71.5	1.4	61.8	1.2	投てき
V	149.1	2.6	102.4	1.8	72.6	1.3	126.1	2.2	53.6	0.9	45.6	0.8	投てき
W	135.0	2.8	98.0	2.1	72.8	1.5	86.5	1.8	64.1	1.3	57.9	1.2	投てき
平均	160.7	2.6	113.4	1.8	83.1	1.3	106.9	1.8	77.5	1.3	62.8	1.0	
SD	34.4	0.4	32.2	0.4	28.0	0.4	27.8	0.4	22.2	0.3	18.6	0.2	

次に、脚伸展力と脚屈曲力の関係について低速 (60deg/s) を Fig. 4 に、中速 (180deg/s) を Fig. 5 に、高速 (300deg/s) を Fig. 6 にそれぞれ屈伸比と併せて男女別に示した。その結果、低速では、女子に $R=0.969$ と 1%水準で高い相関がみられるとともに、男子もまた $R=0.783$ と 1%水準の有意な相関がみられた。中速では、男子が $R=0.750$ 、高速でも男子は $R=0.917$ とともに 1%水準で有意な相関が認められたが、女子については中速および高速いずれの角速度においても有意な相関はみられなかった。

IV. 考察

本研究は、中学校陸上競技短距離・跳躍・投てき選手の無酸素パワーと脚筋力を分析し、効果的な指導を検討することを目的とした。

1. 形態について

本被験者の身長と体重を 2011 年度 14 歳の全国平均 (文部科学省, 2012) と比較してみると、女子の身長 $159.6 \pm 5.6\text{cm}$ 、体重 $47.4 \pm 5.2\text{kg}$ に対し全国平均は $156.8 \pm 5.0\text{cm}$ 、 $49.8 \pm 6.5\text{kg}$ 、男子は身長 $169.0 \pm 4.9\text{cm}$ 、体重 $61.2 \pm 10.2\text{kg}$ に対し全国平均は $165.6 \pm 6.5\text{cm}$ 、 $53.8 \pm 8.3\text{kg}$ となり、男子の体重のみ本被験者が全国平均より有

意 (1%水準) に重かった。また、本被験者の BMI は女子が 18.6 ± 1.6 、男子が 21.3 ± 3.0 であり、全国平均の身長と体重の各平均値から算出した BMI は、女子が 20.3、男子が 19.6 となった。日本肥満学会の肥満基準では 18.5 未満が低体重と判断され、中学生においてはこの判定は適応しにくい、全国平均と比較しても本被験者の女子は身長に対して低体重の選手が多いと考えられる。Table 1 と Fig. 1 に示した女子の暦年齢と形態の関係から個人の値をみても、被験者 L の投てき選手は 167.5cm 、 60.4kg 、BMI 21.5 とバランスが取れれば成人に近い体格といえる。加賀谷 (1995) は身長と体重の関係から形態の発育過程を検討し、女子の場合身長 155.0cm 、体重 50.0kg を超えると増加がみられなくなり、男女差が著しくなることを報告している。このことを考えると被験者 C は発育がほぼピークに達していると考えられるが、他の 10 名については、体重が 50.0kg に達しておらず今後、身長、体重が増加すれば LBM (筋量) の増加がもたらされ、記録の向上が期待できる。女子の場合は、脂肪量も重要な要素となり、生理機能を維持していくには %FAT が 17-20% 必要となる (越野・中井, 1994)。被験者の中には達していない選手もいることから、練習量と食事量のバランスをとり、

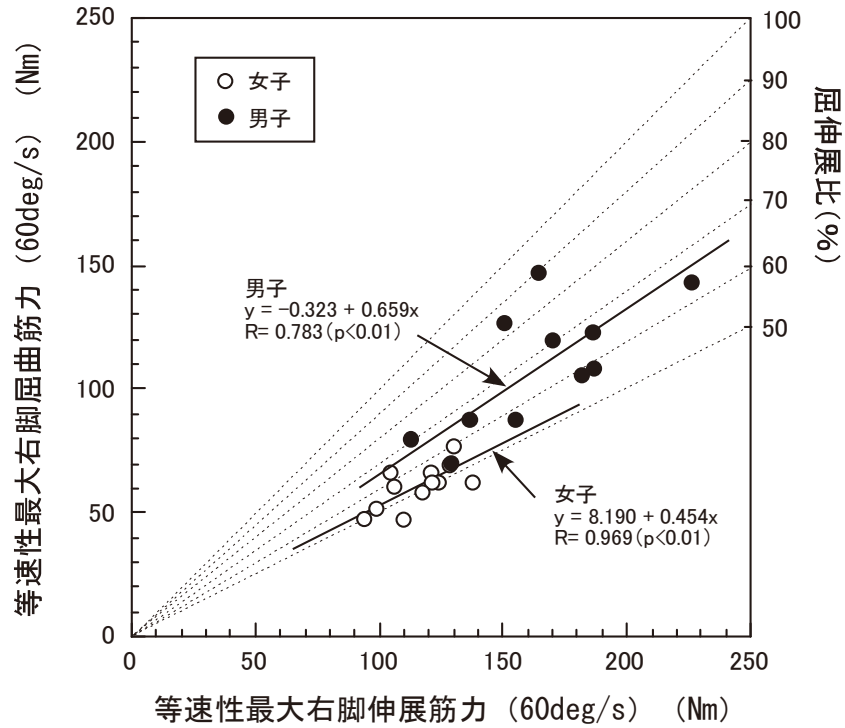


Fig. 4 Relationships between knee extension and knee flexion at 60deg /s.

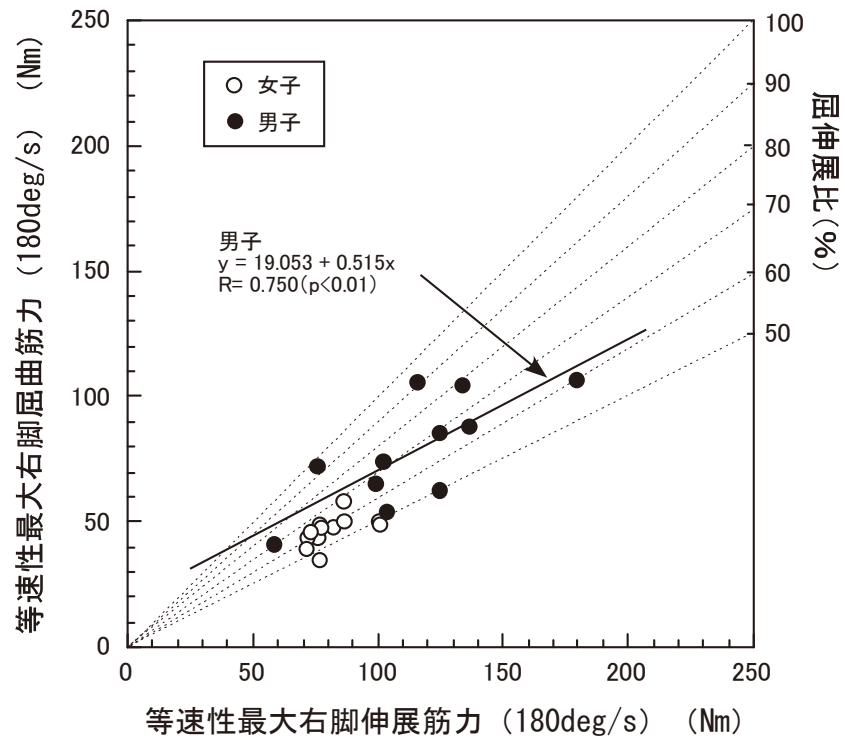


Fig. 5 Relationships between knee extension and knee flexion at 180deg /s.

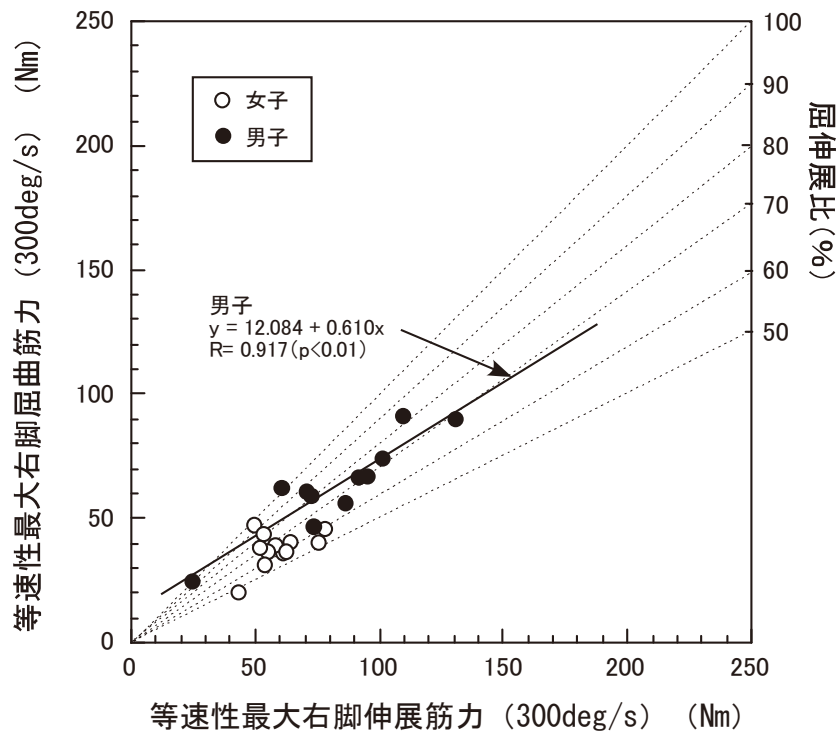


Fig. 6 Relationships between knee extension and knee flexion at 300deg /s.

必須脂肪量を考慮しながら体重を増加させることが必要となる。男子の体重が全国平均よりも有意に高かった結果は、4名の投てき選手が身長 170.0cm、体重 60.0kg をほぼ超えていることによるものと思われる。加賀谷 (1995) が男子の成長は身長 170.0cm、体重 60.0kg をボーダーラインとしていることを考えると投てき選手は形態的に成人に達している可能性がある。ちなみに、投てき W 選手は、測定翌年の 3 年時には日本ジュニアオリンピック円盤種目において大会新記録で優勝している。投てき選手以外の選手については、まだ発育途上にあると思われることから、女子と同様今後の成長により記録の向上が期待できると考えられる。

2. 無酸素パワーについて

本研究においては、無酸素的エネルギー発揮能力をあらゆる無酸素パワーを 10 秒間全力ペダリングにより測定した。小林 (1987) は体重と無酸素パワーには高い相関関係がみられたとし、特に投てき選手は体重も無酸素パワーも大きく、ランニングのように自分の体重を移動させることがないため体重に関わらず、最大無酸素パワーの絶対値が高いと指摘している。本研究でも男女とも体重と無酸素パワーにはともに 1%水準で有意な相関関係を示した。また、特に男子の投てき選手は他の種目の選手と比較して著しく無酸素パワーの絶対値が高く、先行研究を支持する結

果となった。小林ほか (1988) の報告では、高校ジュニアトップクラスの男子投てき選手の無酸素パワーの平均値は 1394W、女子投てき選手が 829W であったとしている。本被験者が中学 2・3 年生であり、男子投てき選手の最高値が被験者 U の 987W、女子の投てき L 選手が 563W といずれも高校生と比較するとかなり低い値となっている。しかし、征矢・富樫 (1993) は男子中学生短距離・跳躍・投てき種目を専門とする 7 名の無酸素パワーの平均値が 944W であったと報告している。投てき選手だけの平均値ではないが、中学生レベルでは男子 U 選手は先行研究を上回る値を示しており今後が期待できるとともに、全体的には投てき選手にとって無酸素パワーの絶対値をいかに高めるかが重要な課題といえる。一方、短距離選手や跳躍選手については体重移動を伴う競技であることから、無酸素パワーの絶対値よりも体重当り無酸素パワー値で比較することが必要と考えられる (小林, 1987)。三本木・黒須 (2011) は 30m の疾走速度が無酸素パワーの絶対値とは相関がみられないが、体重当り無酸素パワーとは 1%水準の高い相関がみられたと同様の報告がなされている。小林ほか (1988) の高校生短距離、跳躍の選手の体重当り無酸素パワーの平均値は、女子短距離選手が 11.7W/kg、跳躍選手が 12.3W/kg、男子短距離選手が 15.4W/kg、跳躍選手が 15.2W/kg であったと報告してい

る。本被験者の女子短距離選手の平均は 10.1 W/kg、跳躍選手は 9.8 W/kg、男子短距離選手は 10.2 W/kg、跳躍選手は 11.1 W/kg と低値を示しており、発育による体重の増加以上に無酸素パワーの絶対値を増加させ、体重当り無酸素パワーの向上を図ることが記録向上に重要な課題であると考えられる。その中で、女子短距離 C 選手は 655W、体重当たり量も 12.8W/kg と高校生の平均を上回っていることから、今後の記録の向上が期待される。

無酸素パワーが数秒間持続するパワーの大きさを示すのに対し、垂直跳びは 1 回の瞬発力を示すもので、小林 (1987) はジュニア陸上競技強化選手 (中学・高校選手) の垂直跳びと体重当り無酸素パワーとは相関関係があり、短距離選手にとっては両方の能力に優れていることが重要であると示唆している。しかし、本被験者では男女とも有意な相関は認められなかった (Fig. 3)。その理由は定かではないが、おそらく持続パワーと瞬発パワーの発揮の方法にアンバランスがあると思われることから、こうした動作を練習に取り入れバランスよく出力発揮ができるようになることが必要であると思われる。

3. 等速性膝伸展・屈曲筋力について

これまでの等速性膝伸展・屈曲筋力と競技力とは密接な関係があることが報告されている (松尾ほか, 1985 ; 小林ほか, 1988 ; Alexander, 1989 ; 山本ほか, 1992)。また、山本ほか (1992) や若山ほか (1993) による膝屈曲力の重要性を示唆する報告、渡邊ほか (2003) は膝伸展筋力が重要であるとする報告もなされている。さらに、小林 (1989) は膝伸展筋力に対する膝屈曲筋力の割合が重要であると示唆している。いずれにしても等速性膝伸展・屈曲筋力は短距離・跳躍・投てき選手にとって無酸素パワーと同様重要な体力要素であると考えられる。

本被験者の等速性筋力は、女子が低速 (60deg/s) 伸展 115.4Nm、屈曲 60.6Nm、中速 (180deg/s) 伸展 81.0Nm、屈曲 46.1Nm、高速 (300deg/s) 伸展 58.7Nm、屈曲 37.7Nm、男子は低速 (60deg/s) 伸展 160.7Nm、屈曲 106.9Nm、中速 (180deg/s) 伸展 113.4Nm、屈曲 77.5Nm、高速 (300deg/s) 伸展 83.1Nm、屈曲 62.8Nm であった。小林ほか (1988) の高校ジュニアトップクラスの短距離・跳躍・投てき選手の平均値を 100% とすると、本被験者の女子の伸展は、低速・中速・高速それぞれ 72.7%・80.6%・77.4%、屈曲は 61.3%・62.3%・68.4%、男子は伸展が 69.4%・74.4%・72.5%、屈曲が 69.2%・64.2%・68.2% となり絶対値においては 6-7 割程度であった。一方、体重当りの伸展・屈曲力をみてみると、本被験者の女子が低速 (60deg/s) 伸展 2.4Nm/kg、屈曲 1.3Nm/kg、中速 (180deg/s) 伸展 1.7Nm/kg、屈曲 1.0Nm/kg、高速

(300deg/s) 伸展 1.3Nm/kg、屈曲 0.8Nm/kg、男子は低速 (60deg/s) 伸展 2.6Nm/kg、屈曲 1.8Nm/kg、中速 (180deg/s) 伸展 1.8Nm/kg、屈曲 1.3Nm/kg、高速 (300deg/s) 伸展 1.3Nm/kg、屈曲 1.0Nm/kg となり、小林ほか (1998) と比較すると、女子の伸展は、低速・中速・高速それぞれ 88.8%・99.4%・95.5%、屈曲は 74.4%・76.6%・83.3%、男子は伸展が 84.1%・86.9%・87.1%、屈曲が 83.8%・76.8%・82.4% となった。このことから、本被験者の女子については体重当り伸展筋力は高校生トップ選手に近い値を示すが、屈曲力が弱いということが示唆される。男子については、体重当り量でも伸展・屈曲とも約 8 割程度であり、これは本被験者の男子がまだ筋力が発達途上であることによるものと推察されるが、女子のように屈曲が伸展よりも低値を示していないことは男子の伸展・屈曲における筋力のバランスの良さを示唆するものとして評価できる。個々の記録をみてみると、女子の A・G 選手は伸展における体重当り量がいずれの角速度においても高く、高校生の平均値より高い値を示しているが、伸展と比べると屈曲が低いことが弱点と考えられ、屈曲の筋力を高めることができれば、好記録が望めると思われる。男子は T 選手が絶対値、体重当り量ともに最も高い値を示し、高校生に引けを取らない値を示しており、将来有望な選手である。課題としては同じ投てき U 選手と比較して、無酸素パワーが低い点であり、逆に U 選手は T 選手よりも筋力が低いことが弱点と考えられる。なお、測定の翌年ジュニアオリンピックの円盤投げで U 選手が優勝、T 選手は 3 位と活躍している。

脚屈曲筋力の脚伸展筋力に対する割合 (%) について検討した。Fig. 4、5、6 に示したように、女子は低速 (60deg/s) にのみ伸展と屈曲に有意な相関がみられたが、男子は低速 (60deg/s)、中速 (180deg/s)、高速 (300deg/s) いずれの角速度においても有意な相関が認められ、女子の屈曲/伸展比は低速 (60deg/s) 52.6%、中速 (180deg/s) 57.3%、高速 (300deg/s) 65.0%、男子は低速 (60deg/s) 66.5%、中速 (180deg/s) 69.6%、高速 (300deg/s) 78.2% であった。小林 (1987) によるジュニア (中学・高校生) の平均は、女子が低速 (60deg/s) 61.2%、中速 (180deg/s) 64.2%、高速 (300deg/s) 62.9%、男子は低速 (60deg/s) 57.5%、中速 (180deg/s) 66.1%、高速 (300deg/s) 68.0% であったと報告している。本被験者の結果は、小林 (1987) の結果と比較すると女子は低速・中速では下回るが、短距離選手において重要な高速では、先行研究よりも高い値を示した。男子についてはすべての角速度で本被験者の方が高い比率を示したことから、筋のバランスについては優れていると言える。しかしながら、小林 (1989) はソウル

オリンピック代表の短距離選手の屈曲/伸展比の平均が 97.2%であった報告しており、本被験者の選手はまだまだ脚伸展筋群に対して脚屈曲筋群が相対的に弱いことを意味しており、こうした傾向の強い選手は、屈曲筋群をより強化していくトレーニングの工夫が必要と考えられる。

最後に、女子の H 選手であるが今回測定した唯一中距離選手で、他の種目と比較すると瞬発力の重要性は低くなるが、他の短距離、投てきの女子選手と比較して無酸素パワー、膝伸展・屈曲力の絶対値および体重当り量いずれも同等の値を示している。また、小林ほか (1988) によるジュニア中・長距離選手 (16-19 歳) の報告と比較してみると、垂直跳び 44.2cm に対し H 選手 44.0cm、無酸素パワー 506W に対し 454W、体重当り量 10.1W/kg に対し 9.9W/kg、脚伸展筋力は低速 124.4Nm に対し 103.9Nm、中速 75.4Nm に対し 86.1Nm、高速 51.6Nm に対し 62.0Nm、脚屈曲力が高速 72.0Nm に対し 66.0Nm、中速 48.0Nm に対し 49.8Nm、高速 36.2Nm に対し 36.4Nm と高校生に引けを取らない値を示すとともに、特に脚筋力の中速、高速では上回る値を示している。H 選手は中学 2 年生で 800m の全国中学校陸上競技大会で優勝、さらに測定の翌年は、全国中学校陸上競技大会 800m、1500m の両種目優勝し中学新記録も出している。中距離選手のため筋持久力の測定も重要であり、筋力、筋パワーの測定だけで判断することは難しいが、いずれにしても筋力が高いことから、今後も高い筋力、無酸素パワー能力を生かして中距離選手としてその素質を伸ばすことが重要ではないかと考える。

V. まとめ

本研究は、中学生陸上競技短距離・跳躍・投てき選手の競技力向上を図るための有効な指導のありかたを検討するため、無酸素パワーと脚筋力の分析を行い、次の結果を得た。

1. 本被験者の身長と体重は、男子の体重のみ全国平均値より有意に重く、特に投てき選手は成人の平均値に達していた。女子選手は全体的に全校平均より低く、特に BMI の平均値が 18.6 と低値を示した。
2. 男子投てき選手の無酸素パワーの絶対値、男女短距離、跳躍選手の体重当り無酸素パワーが高校ジュニアトップクラスと比較して著しく低値を示した。
3. 等速性筋力については高校ジュニアトップクラスの低速・中速・高速と比較すると、女子の伸展がそれぞれ 72.7%・80.6%・77.4%、屈曲は 61.3%・62.3%・68.4%、男子は伸展が 69.4%・74.4%・72.5%、屈曲が 69.2%・64.2%・68.2%であった。

4. 体重当り等速性筋力については、女子の伸展が高校生のトップクラスに近い値 (88.8-99.4%) を示したが、屈曲は低かった (74.4-83.3%)。

5. 男子の体重当り等速性筋力は、伸展が 84.1-87.1%、屈曲が 76.8-83.8%と高校ジュニアトップクラスの選手より低かった。

6. 屈曲筋力の伸展筋力に対する関係は、女子が低速にのみ、男子が低速、中速、高速いずれの角速度においても有意な相関がみられた。

7. 屈曲/伸展比は、女子が高速 65.0%、男子が低速 57.5%、中速 66.1%、高速 68.0%とジュニアトップクラスの選手を上回る値を示し、屈伸筋のバランスが優れていた。

以上の結果から、中学生陸上競技選手の無酸素パワーと脚筋力の問題点を明らかにし、今後の指導の方向性を示唆した。

謝辞

本研究を実施するに当たり、姫路市陸上競技協会理事長竹原昇先生、姫路市立中学校陸上競技部顧問の先生方に多大なご協力を頂いた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- Alexander M. J. I. (1989) The relationship between muscle strength and sprint kinematics in elite sprinters. *Can. J. Sports Sci.* 14: 148-157.
- 加百俊郎・山本正嘉・金久博昭 (1989) 各種パワーテストの成績と 100m 走タイムとの関係。トレーニング科学研究会編、競技力向上のスポーツ科学 I。朝倉書店、東京、pp.224-229.
- 加賀谷順子 (1995) 女性の成長。宮下充正監修、女性のライフステージからみた身体運動と健康。杏林書院：東京、pp.44-55.
- 小林寛道 (1987) ジュニア陸上競技選手の体力的特性。J. J. SPORTS SCI. 6 : 725-733.
- 小林寛道 (1989) ソウル五輪代表スプリンターおよびジュニア優秀スプリンターの脚力の特徴。トレーニング科学研究会編、競技力向上のスポーツ科学 I。朝倉書店、東京、pp.19-37.
- 小林寛道・桜井伸二・蛭田秀一・石田浩司・金尾洋治 (1988) ジュニア選手の専門種目選択の指標としての体力測定について。日本体育協会スポーツ科学委員会編、昭和 62 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集。NO. II 競技種目別競技力向上に関する研究、pp.205-221.
- 越野立夫・中井章人 (1994) 女子スポーツ選手の月経障害。武藤芳照編、スポーツ医学からみた年代別・性別ス

- ポーツ指導. 文光堂：東京, pp.116-119.
- 松尾彰文・福永哲夫・浅見俊雄・金久博昭（1985）発育期青少年の疾走速度、地面反力と脚筋力の関係について. 体育学紀要 19：21-30.
- 三本木温・黒須慎矢（2011）陸上競技選手における30m走の疾走能力と無酸素性パワーおよび柔軟性との関係. 八戸大学紀要 42：57-64.
- 文部科学省（2012）平成23年度体力・運動能力調査報告書, 文部科学省：東京, pp.9-29.
- 征矢英昭・富樫健二（1993）三雲中学校陸上競技部員の競技力と無酸素パワーの関係について. スポーツ医・科学 MIE 2：19-22.
- 若山章信・深代千之・小林規・柳等・小嶋俊久（1993）陸上競技の短・中・長距離一流選手における脚筋力発揮特性の比較. スポーツ医・科学 7：7-13.
- 渡邊信晃・榎本靖士・大山卞圭悟・宮下憲・尾縣貢・勝田茂（2003）スプリント走時の疾走動作および関節トルクと等速性最大筋力との関係. 体育学研究 48：405-419.
- 山本利春・山本正嘉・金久博昭（1992）陸上競技における一流および二流選手の下肢筋出力の比較. J. J. SPORTS SCI. 11：72-76.

（平成26年9月11日受付）