

「一流女子短距離選手の体力的特性と パフォーマンス」

○杉田正明・安部 孝*・八田秀雄・川上泰雄・小林寛道

東京大学教養学部

* 東京都立大学

Relationship between Physical and Functional Characteristics and Running Performance in Japanese Elite Female Sprinters

Masaaki Sugita, Takashi Abe*, Hideo Hatta,
Yasuo Kawakami and Kando Kobayashi

Dept. of Sports Sciences, College of arts and Sciences,

The University of Tokyo

* Tokyo Metropolitan University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship between physical and functional characteristics (body composition, isokinetic strength of the knee extensor, flexor and maximum anaerobic power) and athletic performance (100 m sprint record). Eleven Japanese elite female sprinters including a Japanese record holder were served as subjects.

The results were as follows :

- 1) There was no significant relationship between body fat content, %fat and 100m sprint record. A positive significant correlation was observed between lean body mass and 100 m sprint record ($r=-0.772$, $p<0.01$).
- 2) A positive significant was observed between maximum anaerobic power (absolute value) and 100 m sprint record ($r=-0.716$, $p<0.05$). There was no significant relationship between maximum anaerobic power (relative value :/body weight) and 100 m sprint record.
- 3) The close relationships were observed between isokinetic strength (absolute value) and 100 m sprint record (extensor : $r=-0.796\sim -0.952$, flexor : $r=-0.723\sim -0.869$, $p<0.05\sim 0.001$).

はじめに

我が国の陸上競技の水準は、マラソンや長距離種目では世界的な水準に位置し、短距離種目についてもバルセロナオリンピックで男子400m走8位、男子4×100mリレー5位入賞と近年でもっとも好成績を残し、着実なレベルアップの様子がうかがえる。しかし、女子の競技力については、長距離、走高跳以外の種目では世界記録に対し約70~90%と全体的に低水準である。特に投擲種目では71~76% (男子: 76~96%)、次いで短距離種目が約88% (男子: 99.5~99.7%) という数値が示すように、世界のレベルとは大きな差がみられ、今後のより一層のレベルアップが望まれる。

一方、短距離疾走能力の競技力向上に関する研究について、最近では競技力の高い選手(男子選手)では、膝関節屈曲筋力が優れていることが報告され^{5)・11)}、競技力向上のひとつのトレーニング手段として膝関節屈筋群の強化が指摘されている。我が国の男子短距離選手の記録短縮の背景には、こうした科学的データが基盤となって実を結んだものといえよう。

しかし、女子選手について、これらの視点から検討されたものはほとんどなく、男子選手を対象とした結果が世界のレベルから劣る女子選手にも一致するのかどうかといった点について検討する必要がある。また脚筋力以外の身体的特性が競技力にどのように関連しているのかについても我が国の一流女子短距離選手を対象として検討されたものはほとんど見受けられない。

本研究では、100m走日本記録保持者を含む女子一流短距離選手を対象に、脚筋力などの身体的特性を明らかにすること、および競技力との関係を検討することを目的とした。

方法

1) 対象

対象は、100m走11.5~12.3秒のベスト記録を有する女子短距離選手11名(平均20.2±標準偏差2.6才)とした(表1)。

2) 測定項目

・身体組成(水中体重法、超音波法)

水中体重秤量法により身体密度を測定し、Brožekら²⁾の式を用いて、体脂肪率を求め、体

脂肪量および除脂肪体重量(LBM)を求めた。残気量はRahnら⁸⁾の窒素希釈法を用いて求めた。

超音波診断装置(ALOKA社製ECHO CAMERA SSD-500)を用いて発振周波数5MHzにより、皮下脂肪厚および筋肉厚(筋厚)を測定した。測定部位(位置)は、前腕前部(前腕長の遠位30%)、上腕前部および後部(上腕長の遠位60%)、肩甲骨下部(肩甲骨下角の下5cm)、腹部(へその右横3cm)、大腿前部および後部(大腿長の50%)、下腿前部および後部(下腿長の遠位30%)の9ヶ所であった。各部位の断面画像から皮下脂肪厚および筋厚を1mm単位で計測した(表2)。

・最大無酸素パワー

コンビ社製パワーマックスVを用いて、10秒間の全力ペダリングを2分間の体息をはさんで異なる3つの負荷で行なわせた。得られた回転数と負荷から宮下ら⁶⁾の方法を用いて推定した値を最大無酸素パワーとした。

・等速性膝関節伸展・屈曲筋力

筋力測定装置(Dynamic Tension Meter, 酒井医療社製³⁾)を用い、伸張性、短縮性および静的条件下での右膝関節の伸展、屈曲動作中のピークトルクを測定した。角速度条件は、伸張性、短縮性ともに30, 90, 180deg/sec.とした。競技記録は、測定日に最も近い時期の記録を競技記録として採用した。タイムは電気計時と手動計時のものが混在しているため、電気計時のタイムから100分の24秒差し引いて手動計時の記録に換算した。

結果

表1に対象者11名の身長、体重、%fat、体脂肪量およびLBMを示した。短距離選手11名の%fatは $17.28 \pm 2.69\%$ であり、100m日本記録保持者の対象者Aは14.8%と低い値を示した。

表2は、身体各部位別の皮下脂肪厚および筋厚の11名における平均値と標準偏差を示したものである。皮下脂肪厚において対象者Aは、腹部の15mmを除くと、3~8mmといずれの部位においても他の選手よりも低い値を示した。筋厚では、対象者Aは前腕部24mm、上腕前面29mm、大腿前面62mmと他の選手よりも大きな値を示した。

表1 対象者の身体的特性

Subj.	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	%Fat (%)	LBM (kg)	Fat (kg)	100m sprint		
							MAP (Watt)	P.B. (sec.)	Record (sec.)
A	23	175.0	63.65	14.8	54.2	9.4	872	11.5	11.5
OK	27	173.1	64.00	16.7	53.3	10.7	735	12.1	12.1
TA	19	166.1	64.70	19.2	52.3	12.4	887	11.9	12.1
NA	20	157.2	45.10	11.0	40.1	5.0	498	12.3	12.3
OH	21	160.9	50.80	17.5	41.9	8.9	703	12.3	12.3
NK	18	158.9	60.00	18.6	48.8	11.2	740	12.0	12.3
GT	19	164.0	53.40	15.5	45.1	8.3	588	11.9	12.4
NG	18	157.9	53.15	18.4	43.4	9.8	670	12.3	12.4
YM	20	155.0	45.20	18.3	37.0	8.2	480	12.0	12.5
TM	18	157.2	56.20	21.9	43.9	12.3	682	12.0	12.5
WT	19	154.7	50.80	18.3	41.5	9.3	578	11.9	12.6
Mean	20.2	161.82	55.18	17.28	45.60	9.54	675.7	12.02	12.27
SD	2.6	6.67	6.82	2.69	5.50	0.18	127.5	0.22	0.29

MAP : Max Anaerobic Power

P.B. : Personal Best

表2 対象者11名の筋肉厚と脂肪厚の平均値

	筋肉厚 (単位: mm)						大腿前面	大腿後面	下腿前面	下腿後面	下半身総和	全身総和
	前腕部	上腕前面	上腕後面	腹部	肩甲骨下	上半身総和						
Mean	20.0	24.5	25.6	14.2	20.5	104.7	51.1	62.3	26.7	67.5	207.6	312.3
SD	2.2	2.6	3.5	1.6	2.6	8.5	5.2	3.9	2.0	5.5	11.5	18.5
Max	24	29	33	17	24	116	62	70	30	76	222	337
Min	17	21	19	12	14	85	45	58	22	59	187	272

	脂肪厚 (単位: mm)						大腿前面	大腿後面	下腿前面	下腿後面	下半身総和	全身総和
	前腕部	上腕前面	上腕後面	腹部	肩甲骨下	上半身総和						
Mean	5.8	4.7	10.3	15.7	10.1	46.6	8.8	10.2	5.5	6.9	31.4	78.0
SD	1.3	0.7	2.2	5.9	2.3	10.7	2.6	1.9	0.8	1.2	5.6	14.7
Max	9	6	13	28	15	68	14	14	7	9	43	104
Min	4	3	6	7	7	32	5	7	4	5	21	57

最大無酸素パワーの11名の平均値と標準偏差は、 675.7 ± 127.5 W、体重あたりでは 12.2 ± 1.1 W/kgであった。対象者Aは、872W、13.7W/kgと高い値を示した(表1)。

図1に膝関節伸展筋力および屈曲筋力の速度-トルク曲線を全11名について示した。膝関節伸展および屈曲筋力ともに、どの筋収縮様式、どの速度域においても対象者Aは他選手よりも大きな値を示している。体重あたりの膝関節伸展および屈曲筋力についても若干その差は縮まるが同様の傾向がみられている。

次に、これらの身体的特性と競技記録との関連性についても検討した。競技記録と各測定値との相関関係を図2に示した。

形態、身体組成関連の測定項目の中では、LBMとの間に有意な負の相関関係が得られた。さらに、部位別にみると、前腕部、上腕前面および大腿前面、下腿前・後面の皮下脂肪厚との間に有意な正の相関関係が、筋厚では前腕部、上腕前面および大腿前面とに有意な負の相関関係が得られている。

最大無酸素パワーでは、絶対値との間に有意な負の相関関係が得られているが、相対値である体重あたりの値とは有意な相関関係はみられなかった(図3)。等速性脚筋力においても体重あたりの筋力よりも絶対値の方が競技記録との間に密接な関係を示し、絶対値の伸展筋力では $r = -0.796 \sim -0.952$ 、屈曲筋力では $r = -0.723 \sim -0.869$ と、ともに全ての速度条件と有意な相関関係を示した(図4A, B)。

考 察

女子は男子よりも脂肪の占める比率が高く、女子スポーツ選手の場合にはトレーニングの方向を考える上で身体組成への配慮が重要であるとされている。Withers (1987) ら¹⁰⁾は100-400mの南オーストラリア代表選手5名について報告している。それによれば、体脂肪率は14.5%、脂肪量7.99kgおよび除脂肪体重は46.30kgであった。本研究の11名の体脂肪率は17.28%、除脂肪体重は45.60kgであり、Withersの報告よりも体脂肪率はやや多いものの除脂肪体重はほぼ同値を示した。北川の研究⁴⁾によれば、我が国のインカレ入賞以

上オリンピック代表選手までの競技実績を有する女子短距離選手の体脂肪率は約16.5%(図から読み取った値)と本研究対象者の値に近いものであった。対象者Aの値は、体脂肪率14.80%、LBM54.23kgであり、低体脂肪率でLBMが大きいことが特徴的である。さらに、100m走記録と%fat、脂肪量およびLBMとの関係について検討すると、LBMとの間に -0.772 と有意な($p < 0.001$)相関関係が認められたが、%fat、脂肪量との間には有意な相関関係は認められなかった。以上のことから本研究の100m走ベスト記録12秒前後の記録を有する選手では、%fatや脂肪量よりもむしろLBMの量が競技力に与える影響が大きいことを示している。

超音波法診断装置より求めた部位別の皮下脂肪厚および筋肉厚と100m走記録との関係についても検討してみた。前腕部、上腕前面および大腿前面、下腿前・後面の皮下脂肪厚との間に有意な正の相関関係が、筋厚では前腕部、上腕前面および大腿前面とに有意な負の相関関係が認められている。つまり、競技成績が良い者ほど前、上腕部と脚部の脂肪厚が薄く、腕の屈筋と脚の伸展筋の筋肉厚が厚いことを示している。腕の屈筋の筋肉厚が100m走タイムと関係を有するという結果は興味深い点である。小木曾ら⁷⁾は全力疾走中の上肢における機械的エネルギーの流れについて検討した結果、腕振りの速度を上げることが疾走速度増大につながり、これには肘関節屈筋群の関与が重要であることを指摘している。本研究の結果は、このことを間接的に支持するものと考えられる。

等速性の脚筋力と100m走タイムとの関係については、脚筋力の絶対値(Nm)においては伸展、屈曲の両方に速度や収縮様式(短縮性、伸張性、および等尺性)に関係なく、全ての脚筋力値と100m走タイムとの間に有意な高い負の相関関係が認められている。しかし、体重あたり脚筋力との間には伸展筋力の4条件と屈曲筋力の1条件に有意な相関関係($r = -0.607 \sim -0.749$)がみられているだけである。すなわち、脚筋力の値は体重あたりの相対値ではなく、絶対値の方が競技力をよく反映していることを示していることができる。最大無酸素パワーについても同様の傾向がみられ、絶対値との間にのみ100m走と

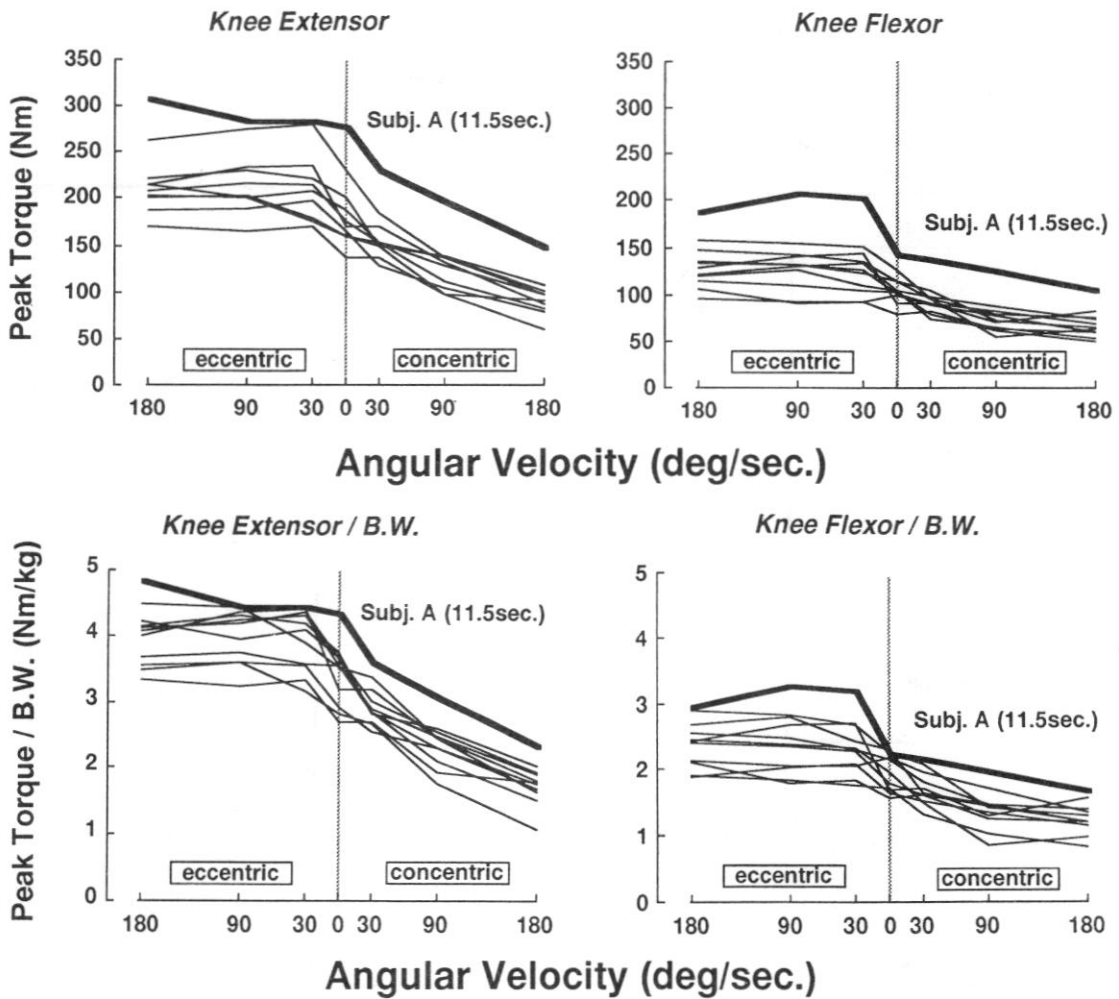


図1 対象者11名における膝関節伸展・屈曲筋力の角速度-トルク関係

有意な相関関係がみられている。その理由としては、競技種目が100m走であるということから、比較的短時間で終了する競技であることから体重の影響を受けにくいのかかもしれないということ、本研究対象者は、ベストタイムが11.5~12.3秒と国内ではかなりレベルの高い集団であり、脂肪付着の影響が少ない集団であることが関係しているものと考えられる。

競技力の高い男子陸上短距離選手(男子選手)^{5, 11)}では膝関節屈曲筋力が優れていることが報告され、競技記録には脚屈曲筋力の影響が大きいとされている。しかしながら女子スプリンターについて報告されているのはAlexander¹⁾のわずかに1例の

みで、男子選手と同傾向にあるのがどうかについては資料不足の状態である。本研究の結果では脚の伸展、屈曲の両方に速度や収縮様式に関係なく、全ての脚筋力値(絶対値)と100m走タイムとの間に有意な高い負の相関関係が認められており、これまで報告されている男子選手の傾向とやや異なる結果が得られている。膝、股および足の3関節の筋力と疾走能力を検討したAlexanderによれば、11.70~12.42秒のベストタイムを有する女子選手9名では足背屈の筋力との間にのみ有意な相関関係がみられ、膝および股関節の筋力とは有意な相関関係を認めていない。その理由として、女子選手は疾走中かかとかから着地するためではない

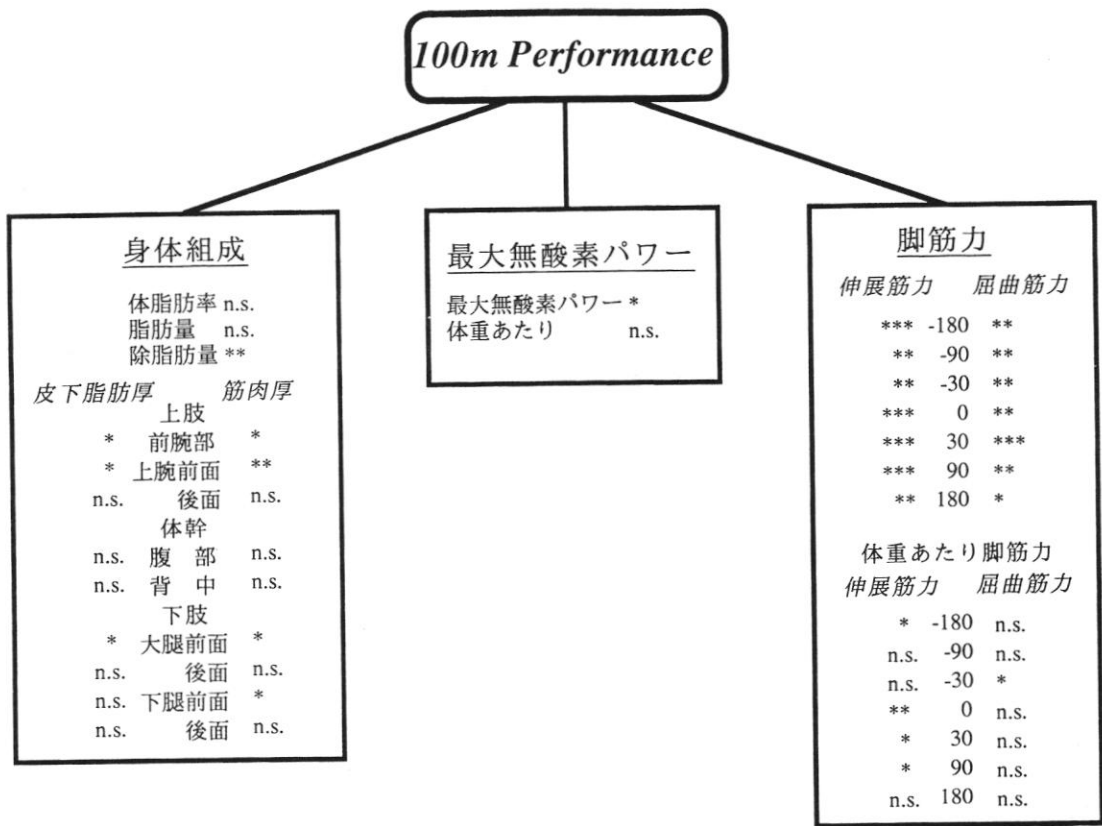


図2 100m走記録と各測定値との相関関係

(* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001)

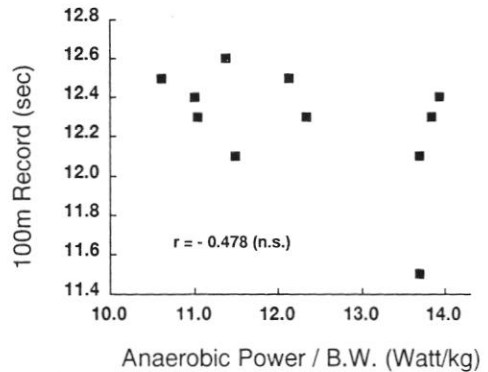
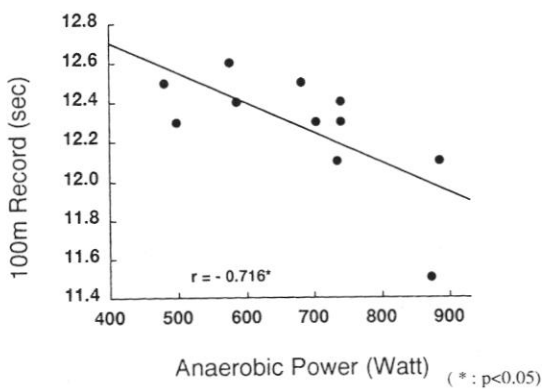
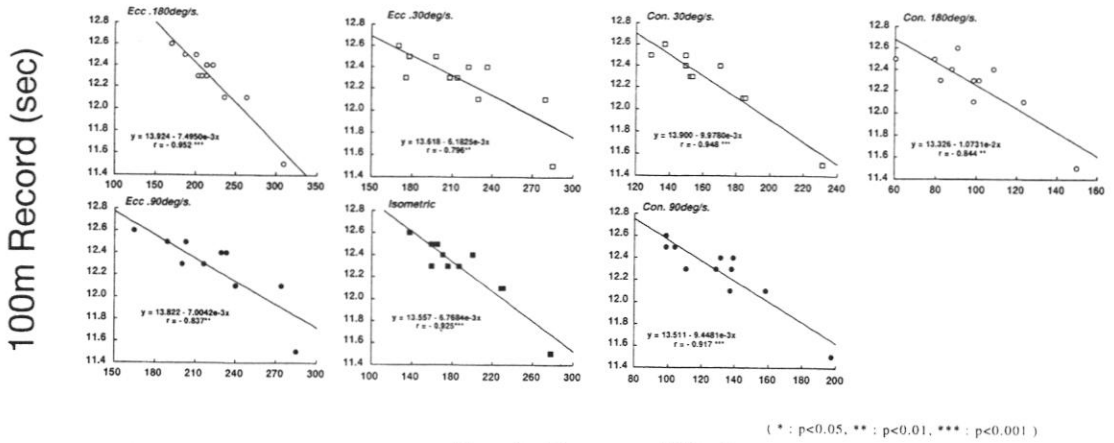


図3 100m走記録と最大無酸素パワーとの関係

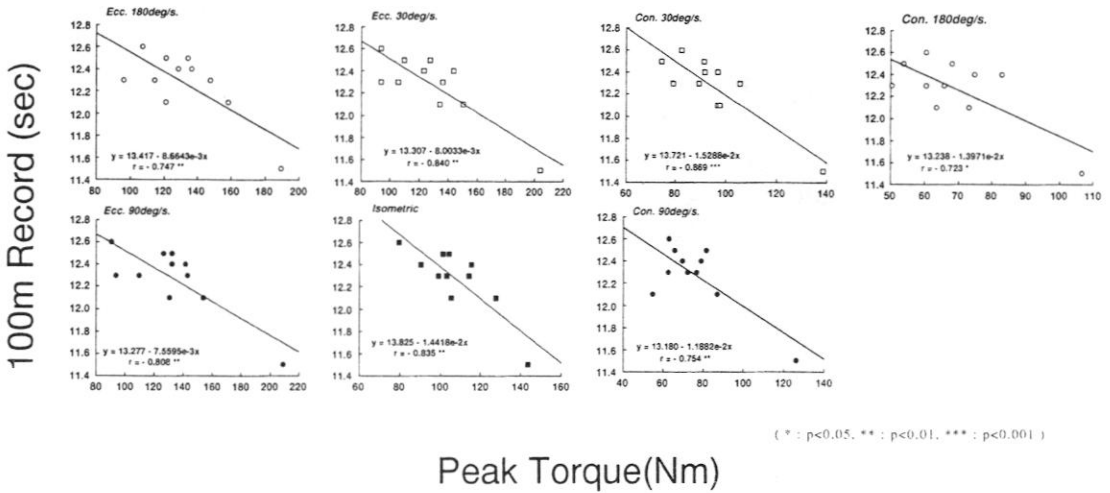
Knee Extensor



Peak Torque(Nm)

図4 A 100m走記録と膝関節伸展筋力との関係

Knee Flexor



Peak Torque(Nm)

図4 B 100m走記録と膝関節屈曲筋力との関係

かと推測している。女子と男子との間で疾走フォームが異なると得られる結果も異なることが予想されるが、本研究では、疾走フォームの分析、検討は行なっていないため疾走フォームとの関連性については詳しく言及できない。しかし、杉田⁹⁾らの陸上トレーニング未経験者の一般男子学生を対象とした疾走能力と等速性脚筋力との関係についての研究によれば、等速性の膝関節伸展・屈曲筋力ともに100m疾走中の最高速度と有意な相関関係 ($p < 0.001$) を示し、これは脚筋力をいかした走り方ができていないため伸展と屈曲筋力双方に同程度に有意な相関関係がみられたのではないかとしている。最近では全天候型走路では地面を掃くようにキックすることが有効な走法とされ、このためには股関節伸展筋群(膝関節屈曲筋群)の働きの重要であると指摘されており⁵⁾、そういった点からこれまで短距離の競技成績には膝関節の屈曲筋力との関係が強調されてきた。しかし、本研究結果は、一般男子学生を対象とした研究結果に近い傾向が観察され、このことは脚筋力をいかした走り方ができていないととらえることができる。個人別の速度と筋力のトルク関係をみると、伸展、屈曲筋力ともに対象者Aは他の者よりも格段に大きい値を示しており、パフォーマンスが筋力に依存している傾向を裏付ける様子を示している。したがってわが国の女子一流スプリンターについての課題としては絶対的な脚筋力をつけること、さらにそれらの脚筋力を生かした疾走動作を身につけることがさらなる競技力向上を目指す上で必要ではないかと考えられる。

まとめ

本研究では、対象を100m走11.5~12.3秒のベスト記録を有する女子短距離選手11名として、種々の測定を行いパフォーマンスとの関連について検討した結果、以下の知見が得られた。

1. %fatや脂肪量よりもむしろLBMの多さの方が競技力に与える影響が大きかった。
2. 最大無酸素パワーおよび脚筋力の値は体重1kgあたりの相対値よりも絶対値で評価する方が競技力をよく反映していた。
3. 速度や収縮様式(短縮性、伸張性、および等尺性)に関係なく、膝関節の伸展、屈曲の全て

の筋力値(絶対値)と100m走タイムとの間に有意な高い負の相関関係が認められた。

参考文献

- 1) Alexander, M. J. L. : 「The Relationship between Muscle Strength and Sprint Kinematics in Elite Sprinters」 Can. J. Spt. Sci. 14(3):148-157, 1989.
- 2) Brozěk, J., Grande, F., Anderson, J. Tand A. Keys : 「Densitometric analysis of body composition:review of some quantitative assumptions」 ann. N. Y. Acad. Sci. 110:113-140, 1963.
- 3) 福永哲夫:「筋収縮様式と筋力」体育の科学38(6):426-430, 1988.
- 4) 北川 薫:「身体組成とウエイトコントロール〜子どもからアスリートまで〜」杏林書院, p.122, 1991.
- 5) 小林寛道:「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〜伸展・屈曲のバランスと持久力〜」競技力向上のスポーツ科学I(トレーニング科学研究会編), 朝倉書店, p.19-37, 1989.
- 6) 宮下充正編著:「一般人・スポーツ選手のための体力診断システム」ソニー企業, p.67-76, 1986.
- 7) 小木曾一之, 阿江通良:「全力疾走中の上肢における機械的エネルギーの流れ」日本バイオメカニクス学会第11回大会論集, 230-234, 1992.
- 8) Rahn, H., Fenn, W. O. and A. B. Otis : 「Daily variations of vital capacity residual air,expiratory reserve including a study of the residual air method」 J. Appl. Physiol. 1:725-736, 1949.
- 9) 杉田正明, 八木規夫, 並木洋子, 脇田裕久:「一般男子学生の動的脚筋力と100m疾走」東海保健体育科学13:1-8,1991.
- 10) Withers R. T., N. O. Whittingham, Norton K. I., Forgia J. LA, Ellis M. W., and Crockett A. :「Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes」 Eur. J. Appl. Physiol 56: 191-200, 1987.
- 11) 山本利春, 山本正嘉, 金久博昭:「陸上競技選手における一流および二流選手の下肢筋出力の比較-100m走・走幅跳・三段跳選手を対象として-」 Jpn. J. Sports Sci., 1:72 - 76, 1992.