

陸上競技学会誌

Japan Journal of Studies in Athletics

● 研究

種々のボールを用いる投げトレーニング
がジャベリックスローの飛距離に及ぼす
影響 1

丹松由美子, 前田正登

Downhill running におけるラット後肢および
前肢伸筋の動員様式 9

豊田裕子, 辻本大祐, 安藤好郎,
木越清信, 三條俊彦, 松下裕輝,
吉村篤司

● 報告

インターネット通信を利用した栄養分析
による高校女子長距離選手へのサポート
..... 16

齋藤美夏, 石井好二郎, 遠山晴一

● 日本陸上競技学会第6回大会

～現場と科学の目から見た世界一流選手の特徴～
基調講演 22

小林寛道

シンポジウム I

：日本一流短距離選手の特徴 26

トム・テレッツ, 伊藤 章, 杉田正明

シンポジウム II

：走幅跳 30

阿江通良, 森長正樹, 青山清英

● 日本陸上競技学会会則

Vol.6,
2008

種々のボールを用いる投げトレーニングが ジャベリックスローの飛距離に及ぼす影響

丹松由美子¹⁾, 前田正登¹⁾

Effect of throwing training using various balls on throwing distance in javelic throw

Yumiko Tanmatsu¹⁾, Masato Maeda¹⁾

Abstract

The purpose of the present study was to investigate the effect of throwing training using various balls on throwing distance in javelic throw, which is a variation of javelin throw using the "turbo-jav" system. In order to investigate this effect, javelic throw was measured for 43 junior high school students. Subjects were then separated into 3 equal groups based on their throwing distance. Throwing training was then performed three times a week for each group, using various balls, including handballs, soccer balls, and touch footballs, for approximately 30 minutes. After four weeks, javelic throw was measured again. Subjects were videotaped using two video cameras during javelic throw. Each condition of release of the "turbo-jav" was measured using the 3-dimensional DLT method. The results revealed a significant positive correlation between initial velocity and throwing distance in javelic throw ($r=0.61$, $p<0.01$). Using a handball for training positively influenced initial velocity. Using a soccer ball for training had an influence on the throwing angle. Using a touch football for training influenced the angle of attack of the "turbo-jav". Although the influence of the different kinds of balls was different in regards to throwing movements, the training was considered to be effective for improvement of javelic throw, as throwing distance of the "turbo-jav" improved following training using each ball.

キーワード：ジャベリックスロー，ターボジャブ，種々のボール，投げトレーニング

1. 緒言

日本陸上競技連盟では、高校生以上の一般を対象としたやり投げに繋がる種目として、小学生や中学生を対象に、ヤリの代わりにターボジャブと呼ばれる用具を投げて飛距離を競う「ジャベリックスロー」を導入している。

ジャベリックスローに関する研究は数少ないが、太田ら（2002）はターボジャブ投げをやり投げの練習手段として捉え、ターボジャブ投げの技術を明らかにし、阿江ら（2001）は一流やり投げ選手にターボジャブ投げを行わせ、やり投げ動作と比較してターボジャブを正しく投げるための動作の検討を行っている。これらは、いずれもターボジャブを投げるのがやり投げのための練習手段として位置づけられており、ジャベリックスローもやり投げと同種の競技とみなした上での比較研究となって

いる。

ジャベリックスローが競技として導入されている小学生や中学生の段階は、やり投げの投げ技術を獲得するための導入期に相当するが、基礎的な投げの技術を獲得できていない未熟な段階でもある。したがって、この段階の選手たちにとって、投げのトレーニングは不可欠なトレーニングであり、投げ動作を反復練習し、投げを行う頻度を上げることが投げ動作を獲得するためには重要であると考えられる。

やり投げのトレーニングにおいてヤリを用いることが当然であるように、ジャベリックスローにおいてもターボジャブを用いて繰り返して投げるトレーニングはごく普通に行われていることである。しかし安全性の観点から、ターボジャブは一方方向のみに投げることになり、繰り返して投げる練習としては効率があまりよくない。そこで、投げの頻度を高め、繰り返して投げる練習を行うために、ターボジャブではなく、いわゆる「ボール」を用いたキャッチボール形式の投げトレーニングが考えられる。

宮口と前田（1991）は、やり投げのトレーニング法として種々のボールを用いるトレーニングの有用性を報告している。しかし、この研究はボールを用いてのトレーニング効果を検討したわけではなく、ヤリを投げた時と様々なボールを投げた時の投げ動作の比較からそれぞれのボールの有用性を述べているに過ぎなかった。

これらのことから、ジャベリックスローにおいてもボールを用いる投げトレーニングは、投げの動作を繰り返す行うことができ、投げる頻度を上げることによって投げ動作の獲得を容易にし、ターボジャブの飛距離増大が期待できると考えられる。

本研究では、ジャベリックスローにおける投げ技術の未獲得者が実際に競技に用いるターボジャブではなく、種々のボールを用いて行う投げのトレーニングがジャベリックスローの飛距離増大に有効であるかを検討する。

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
〒657-8501 神戸市灘区鶴甲3-11

2. 研究方法

1. 実験方法

(1) 被験者

被験者は健康な中学生男子、第3学年43名とした。被験者の身長は 166.4 ± 6.0 cm、体重は 54.1 ± 9.2 kgであった(表1)。なお、被験者は全員右利きであった。

(2) ボールを用いた投げのトレーニング

実験に用いるボールは、一般の中学校でも備品などとして身近にある既存のボールであること、ターボジャブの重量(300 g)より軽すぎないこと、さらに、握ることの可否(大きさ)と形状などを目安に、ハンドボール、サッカーボールおよびタッチフットボールの3種類とした(表2)。

投げのトレーニングを行うにあたり、事前に被験者全員にジャベリックスローを2回ずつ行わせ、投てき距離を測定した。投てき距離は一樣に助走路の円弧からターボジャブの落下点までとした。この事前に行ったジャベリックスローの投てき距離を基に、各群で投てき距離の平均値が同じとなるように3つの群に分けた。各群の被験者の身長と体重を表1に示す。トレーニングにハンドボールを用いた群を以下H群、サッカーボールを用いた群を以下S群、タッチフットボールを用いた群を以下T群と表す。なお、トレーニングには通常の保健体育の授業時間を充てる計画であったため、実際には授業の1クラスを1つの群とし、3つの群間でジャベリックスローの投てき距離に差がないことを確認した上でトレーニングに入った。

3つの群それぞれに異なるボールを1種類ずつ指定し、1ヵ月間にわたって指定されたボールを用いた投げのトレーニングを行わせた。2週間経過した後、徐々にターボジャブを投げるトレーニングも平行して行わせた。

各群のトレーニングは指定されたボールが異なることを除き、同じ内容のトレーニングとした。ボールを用いたトレーニングの内容は、キャッチボールを中心とした投げを繰り返し行う練習とし、ボールとターボジャブのいずれを用いた場合にも投げに関する指導は個別に行うことはせず、どの群にも同様に、全員に対して一斉に以下の2点について指導した。

①できるだけ身体を大きく使って投げること

②できるだけ遠くまで投げることを目指すこと

1回のトレーニング時間は30分程度であり、それを1週間当たり3回の保健体育の授業時間内に行った。2週間経過した後に導入したターボジャブ投げの割合は、導入時にはボール投げ20分に対して10分、トレーニング期間終盤にはボール投げ5分に対してターボジャブ投げが25分となるようにターボジャブを投げるトレーニングの時間を徐々に増加させていった(図1)。そして、ト

表1 被験者の身長および体重

	身長(cm)	体重(kg)
全体(n=43)	166.4 $\pm$ 6.0	54.1 $\pm$ 9.2
H群(n=11)	170.0 $\pm$ 5.5	57.6 $\pm$ 5.3
S群(n=18)	162.9 $\pm$ 5.6	48.7 $\pm$ 6.0
T群(n=14)	168.1 $\pm$ 4.3	58.4 $\pm$ 11.1

** : $p < 0.01$

表2 投げのトレーニングに用いたボール

	形状	直径 [cm]	質量 [g]
ハンドボール	球	18.0	560
サッカーボール	球	22.0	420
タッチフットボール	回転楕円体	27.0 [長径] 15.0 [短径]	280

レーニング期間終了後に再びジャベリックスローを2回ずつ行わせ、投てき距離を測定した。

(3) ジャベリックスローの撮影方法

ジャベリックスローの測定実験では、予め助走路を設定しておき、踏み切り線を越えないように投てきを行うことを全被験者に指示した。全被験者の投てきを完全に同期された2台のビデオカメラ(DXC-200 A, SONY)を用いて、被験者の右側方約12 mと右後方約18 mの位置から毎秒60コマで撮影を行った。なお、ビデオカメラのシャッタースピードは1/250秒であった。

また、本研究で用いた座標系は被験者の前後方向をx軸(被験者の前方方向、撮影画面の右方向を正)、左右方向をy軸(被験者の左方向を正)、鉛直方向をz軸(被験者の鉛直上向きを正)とした。

2. 分析方法

(1) 分析対象

トレーニング前後で各2回ずつ行った試技のうち、投てき記録が良かった試技を分析対象とした。本研究ではリリースした地点からターボジャブが落下した地点までの水平距離を飛距離とし、分析時にリリースポイントから助走路の円弧までの距離を算出し、投てき距離に加えたものを飛距離として用いた。

(2) 分析方法

三次元動作解析ソフトウェア(Frame-DIAS II, ディケイエイチ)を用いて分析を行った。コンピュータに取り込んだ映像をもとに、ターボジャブの先端、重心位置及び後端の3点をデジタイズした。なお、本測定による標準誤差はx軸方向に0.31 cm、y軸方向に0.53 cm、z軸方向に0.42 cmであった。

(3) 分析項目

デジタイズにより得られた座標から、ターボジャブから手が完全に離れた1つ前のコマをリリースのコマと設定し、リリース時のターボジャブの初速度、姿勢角、投射角および迎え角を算出した。

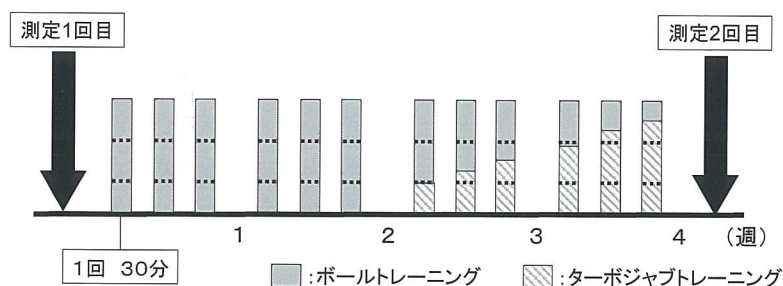


図1 実験プロトコル

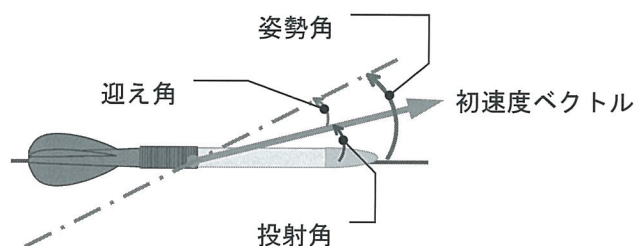


図2-1 各角度の定義 (矢状面)

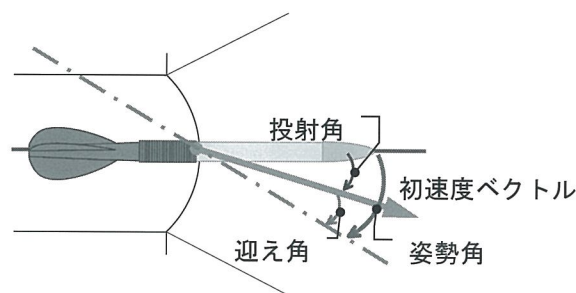


図2-2 各角度の定義 (水平面)

各角度の定義は図2-1、図2-2に示すように以下の通りとした。

姿勢角：ターボジャブの先端と中心を結んだ線と水平線のなす角度（水平線を基準に反時計回りを正）

投射角：ターボジャブの重心の初速度ベクトルと水平線のなす角度（水平線を基準に反時計回りを正）

迎え角：姿勢角から投射角を減じた角度（姿勢角＜投射角となった場合は負の値となる）

これらターボジャブ投射時に関する角度は、図2-1に示す矢状面においてだけでなく、水平面においても考えられ得る。本研究では、尾縣と関岡（1986）の定義を参考に図2-1の矢状面（x-z平面）における各角度を、姿勢角、投射角、迎え角とし、図2-2の水平面（x-y平面）における各角度をそれぞれ、水平面姿勢角、水平面投射角、水平面迎え角（水平面における各角度は助走路を基準に反時計回りを正とした）と区別して表記する。

また、トレーニング前後におけるターボジャブの初速度の増減に対する飛距離の増減を求めた。この時、トレーニング後のターボジャブの初速度および飛距離の変化が±5%に満たなかったものは、変化なしとみなすものとした。

(4) 統計処理

トレーニング前後の各群内における飛距離、初速度の増加または減少、各角度の増加または減少は、対応のあるt検定を用いて有意水準5%未満で検定した。ターボジャブの飛距離、初速度、各角度の3群間における差の

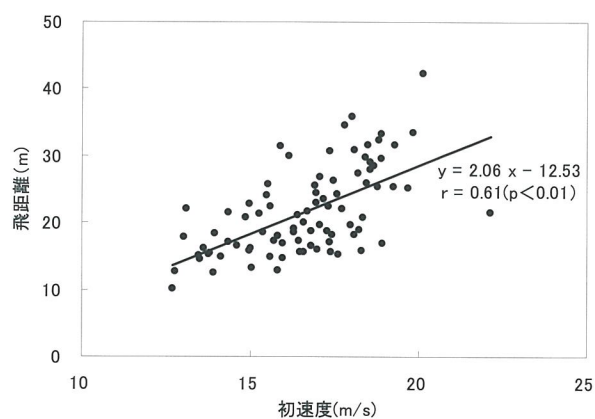


図3 ターボジャブの初速度と飛距離の関係

検定には一要因分散分析および多重比較検定（Bonferroni法）を用いて有意水準5%未満で検定した。

3. 結果

被験者の身長および体重を表1に示す。トレーニング前のターボジャブの投てき距離に差がないように3つの群を設定したが、S群は他の2群と比べて身長や体重が他の群より小さく体格がやや劣る群となっていた。

被験者全員におけるターボジャブの初速度と飛距離の関係を図3に示す。両者は $r=0.61$ のやや高い有意な相関関係を示した。

トレーニング前後におけるターボジャブの飛距離の変化を図4に示す。全体としてはトレーニング前後でターボジャブの飛距離に有意な増加が認められた。また各群

表 3 初速度と飛距離の相関係数

	Before	After	増減
全体 (n=43)	0.59**	0.66**	+0.07
H 群 (n=11)	0.55	0.60	+0.05
S 群 (n=18)	0.75**	0.76**	+0.01
T 群 (n=14)	0.60*	0.76**	+0.16*

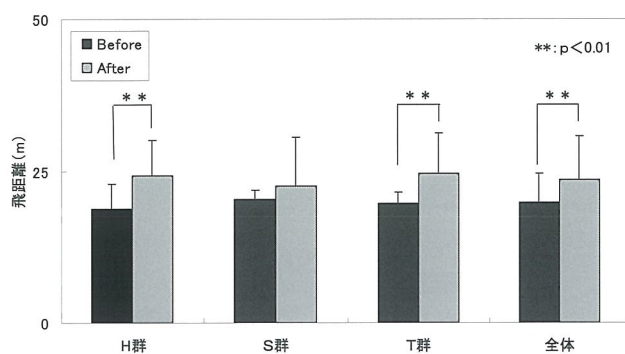
*: $p<0.05$, **: $p<0.01$ 

図 4 ボール投げトレーニング前後におけるターボジャブの飛距離

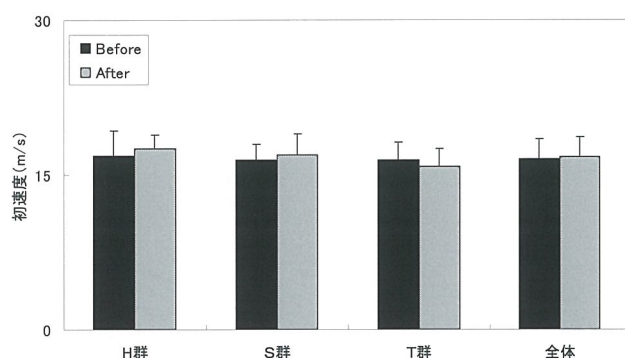


図 5 ボール投げトレーニング前後におけるターボジャブの初速度

では、H 群と T 群において、それぞれ有意な増加が認められた。

トレーニング前後におけるターボジャブの初速度の変化を図 5 に示す。図 4 で明らかなように全体としてはターボジャブの飛距離は有意に向上していたものの、初速度に関しては、全体および各群において有意な変化は認められなかった。

全被験者と各群における初速度と飛距離の関係を図 6-1～図 6-4 に示す。また、トレーニング前後における飛距離と初速度の相関係数の変化を表 3 に示す。S 群と T 群においては、トレーニング前後のいずれにおいても初速度と飛距離の間に有意な相関関係が認められた。それらの相関係数は、T 群においてのみトレーニング後に有意な増加が認められた。

表 4 は各群におけるターボジャブの初速度の変化の人数比を、図 7 は各群におけるボール投げトレーニング前後のターボジャブの初速度と飛距離の増減パターン的人数比を示したものである。H 群においては、初速度が増加した被験者の割合が 45.5% でどの群よりも多かった。

さらに、初速度が増加したものの飛距離は変化しなかった被験者が H 群のみでみられた。また S 群においては、初速度が変化せず飛距離も変化しなかった被験者はみられなかった。T 群においては、初速度が減少したにもかかわらず、飛距離が向上していた被験者が他の群よりも 35.7% と極めて多く見られた。いずれの群においても、初速度が向上したにもかかわらず飛距離が減少した被験者や、初速度が減少したにもかかわらず、飛距離が変化しなかった被験者は、みられなかった。

トレーニング前後におけるターボジャブの迎え角および水平面迎え角の変化をそれぞれ表 5 に示す。迎え角はどの群にもトレーニング前後で有意な差は認められなかった。一方、水平面迎え角は T 群においてトレーニング前後で有意な差が認められた。ターボジャブの迎え角と飛距離の関係を図 8-1、水平面迎え角と飛距離の関係を図 8-2 に示す。なお、図 8-2 の水平面における迎え角は、ターボジャブの投射方向に対して左の方向が正の値になるように座標が定義されている。トレーニング前後においてターボジャブの迎え角の分布に大きな変化はみられず、30 deg. を超える大きな迎え角で投げている者も多くみられた。一方、水平面迎え角はトレーニング前には 10～30 deg. の正の値に多く分布しており、27 名の被験者が正の値を示していた。また、このうちトレーニング後には水平面迎え角が負の値となっていた者は 18 名と数多くみられた。

トレーニング前後におけるターボジャブの姿勢角および水平面姿勢角の変化を表 6 に、投射角および水平面投射角の変化を表 7 にそれぞれ示す。ターボジャブの姿勢角は S 群において、水平面姿勢角は T 群においてそれぞれトレーニング後に有意な増加が認められた。また、ターボジャブの投射角は S 群においてのみ有意な増加がみられ、水平面投射角は S 群と T 群において有意な変化がみられた。

4. 考察

1. ターボジャブの飛距離に影響する要因

一般に、投射された物体が放物運動によって得られる水平到達距離は、空気の影響を考慮しない場合はリリース時の物体の初速度に比例する。やり投げにおいても、飛距離に最も大きく影響するパラメータはリリース時のヤリの初速度である (Ikegami et al., 1981; 前田ら, 1996; 村上と伊藤, 2003) と言われており、空気の影響が軽視できないものの、飛距離に最も影響するのはリリース時のヤリの初速度であろう。このことはやりと同様に細長い形状であるターボジャブを投げるジャベリックスローにおいても同様であると考えられる。

図 3 に示されたように、被験者全員におけるターボジャブの初速度と飛距離には $r=0.61$ ($p<0.01$) の有意で高い相関関係が認められており、ジャベリックスローに

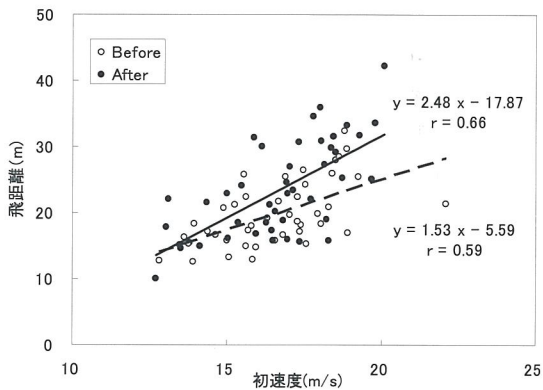


図 6-1 全被験者におけるターボジャブの初速度と飛距離の関係

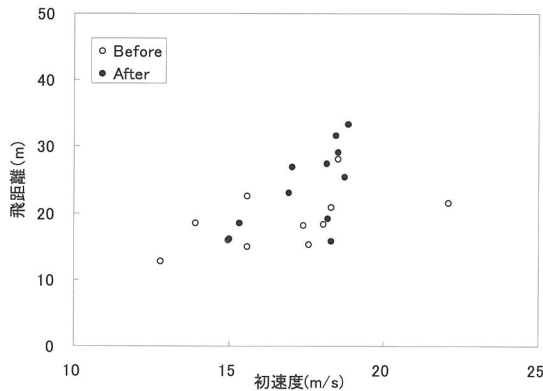


図 6-2 H 群におけるターボジャブの初速度と飛距離の関係

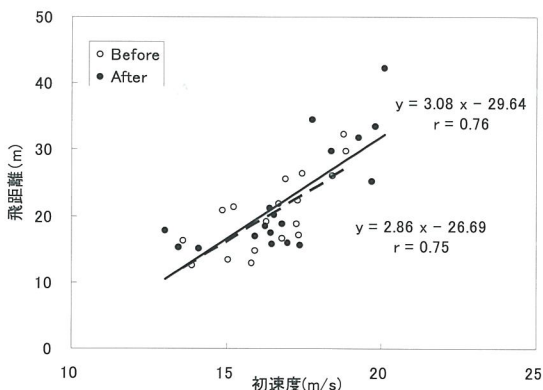


図 6-3 S 群におけるターボジャブの初速度と飛距離の関係

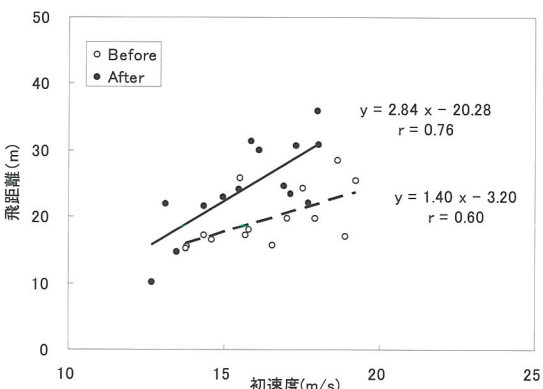


図 6-4 T 群におけるターボジャブの初速度と飛距離の関係

表 4 各群におけるターボジャブの初速度の変化の人数比

	増加 (%)	変化なし (%)	減少 (%)
全体 (n=43)	35.3	34.6	30.1
H 群 (n=11)	45.5	36.4	18.2
S 群 (n=18)	38.9	38.9	22.2
T 群 (n=14)	21.4	28.6	50.0

においてもターボジャブの初速度が高ければ飛距離も大きいことが示された。この両者の関係は、先行研究に見られるやり投げの場合 ($r=0.80$: 村上と伊藤, 2003; $r=0.99$: Ikegami et al., 1981) と比較すると相関係数はやや低い。これには本研究の被験者の競技レベルが低いことが原因しているものと考えられる。先行研究における対象はほとんどがやり投げ選手かやり投げの熟練者であり、他方、本研究の被験者は実験に参加するまでにターボジャブを使用した経験はほとんど無い。そのため、測定実験においては過大な迎え角でターボジャブを投射している場合も数多く見られた。このように投げ動作が未熟である被験者を対象としたために、やり投げの熟練者を対象とした先行研究と比較して、ターボジャブの初速度が飛距離に影響する度合いがやや低かったものと考えられる。

表5のトレーニング前後での水平面迎え角は、T群においてのみ有意な差が認められた。迎え角は姿勢角と投射角の差として算出される角度であり、やり投げにおいてはこの差をできる限り小さくする、つまりヤリの投射方向とヤリの向きを一致させることが望ましいとされている。前田ら (1996) の研究においても、迎え角が -0.6 deg. の時に投てき距離が最大であったと報告されている。本研究の被験者においては、トレーニング前にはターボジャブの水平面迎え角が正の値であった者が27名で、このうち18名がトレーニング後には負の値を示すようになっていた。ターボジャブのように「長さ」のある投てき物を投げる際には投射時に投てき物の先端の向きが重要になると言われている (前田, 1992)。本研究の定義によると、水平面迎え角が正の値であることはターボジャブの先端が投射方向の左、負の値は右を向いていることになる。本研究の被験者は全員が右投げであったので、通常、投げの構えで右を向いているターボジャブを上から見て反時計回りにその向きを変えながらリリースに至っていたことになる。つまり、リリース時のターボジャブの迎え角が正の値となっている試技は、ターボジャブの先端の向きを投射方向に合わせようとしていたとは考え難い。ターボジャブの迎え角が 0 deg. に近いことが望ましいことは疑いないが、水平面迎え角が正の値のままであるよりも負の値へと変化した被験者は、投げ動作が改善されつつある状況にあるものと推察される。

表1より被験者の身長と体重に有意な差が見られた。しかしながら、トレーニング前、トレーニング後のいず

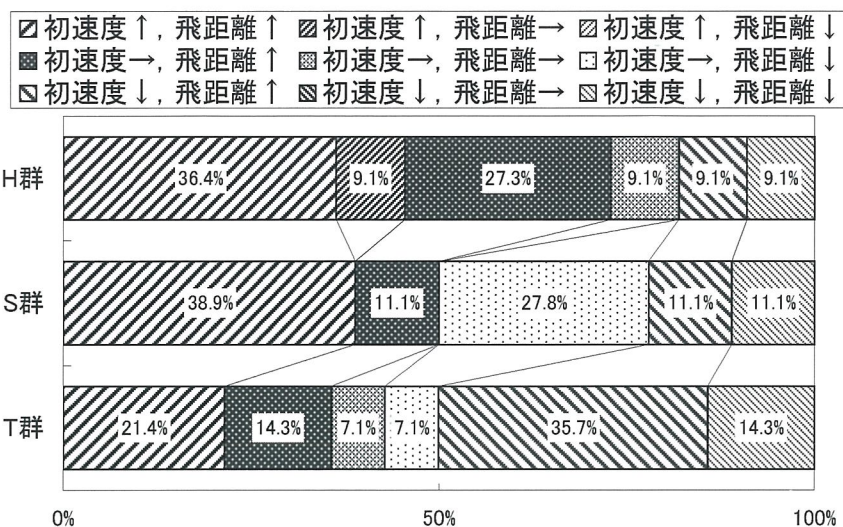


図7 ボール投げトレーニング前後におけるターボジャブの初速度と飛距離の増減パターン

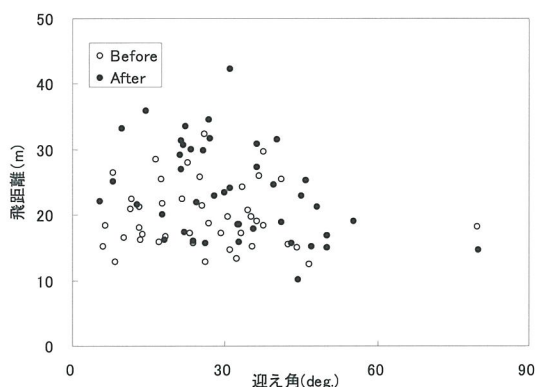


図8-1 ターボジャブの迎え角と飛距離の関係

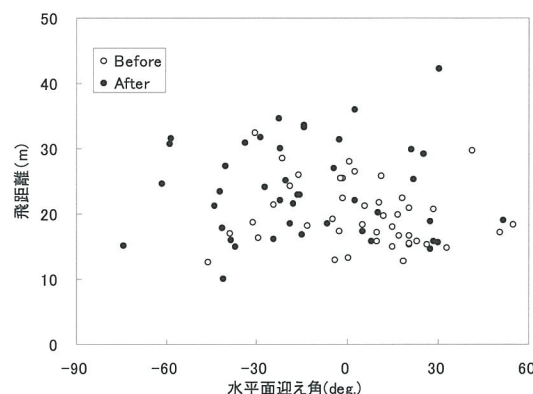


図8-2 ターボジャブの水平面迎え角と飛距離の関係

れにおいても、ターボジャブの飛距離、初速度はともに3群間で差が見られなかった。したがって、本研究においては体格の差がターボジャブの飛距離に及ぼす影響はほとんどなかったと考えられるが、ターボジャブには、「長さ」があるため、体格の要因がターボジャブの飛距離に影響しないと言い切ることはできない。体格がターボジャブの飛距離に及ぼす影響については、今後さらなる検討が必要である。

2. 投げトレーニングに用いたボールの違いによる影響

表6のように、トレーニング前後においてターボジャブの水平面姿勢角に変化が認められた。H群がトレーニング後も水平面姿勢角が正の値を示したのに対して、S群とT群ではトレーニング後の水平面姿勢角は負の値を示しており、T群に関してはその変化が有意であった。この変化の差が生じた要因にはトレーニングに使用していたボールの違いによる影響が考えられる。トレーニングに用いたボールは握ることの可否、形状の違いがあった。これらの違いがターボジャブを投げる際に異なる影響を及ぼしたと考えられる。

星川ら(1982)は、投てき物を握ることができるとバックスイングを容易にし、体の捻りによる力を利用してボールを加速する距離を長くできるのでより高い初速度が得やすいと報告している。本研究で用いた3種類のボールで握ることができるのは、唯一、ハンドボールだけである。表4および図7において、H群は初速度が向上した割合が他の群より多い傾向にあることから、ハンドボールを用いるトレーニングは初速度増大の影響が大きいものと考えられる。しかしながら、初速度が向上したにもかかわらず、飛距離があまり変化しなかった被験者はH群のみにみられたことから、必ずしも初速度の増大が飛距離の増加へ結びつかなかったようである。森田と宮口(1988)は、ボールを思う方向へ投げるには、ボールの中心(重心)を捉えて導くことが重要であり、ボールの中心から外れた位置を押すことになれば、飛距離増大は望めないと報告している。つまり、ハンドボールを用いることで初速度を増大させる効果は期待できるが、ボールには過度の回転が生じる可能性があるため、ハンドボールを用いたトレーニングでは「長さ」のある

表5 迎え角の変化

	矢状面			水平面		
	Before [deg.]	After [deg.]	有意差	Before [deg.]	After [deg.]	有意差
全体 (n=43)	26.1±13.8	31.5±14.2	n.s.	5.3±22.5	-13.2±28.9	**
H 群 (n=11)	27.4±20.5	31.1±12.6	n.s.	12.8±19.8	-3.3±31.1	n.s.
S 群 (n=18)	27.3±10.3	32.2±11.8	n.s.	1.6±25.7	-12.2±29.0	n.s.
T 群 (n=14)	23.7±10.5	30.8±17.7	n.s.	4.1±18.0	-22.3±23.8	**

**: p<0.01

表6 姿勢角の変化

	矢状面			水平面		
	Before [deg.]	After [deg.]	有意差	Before [deg.]	After [deg.]	有意差
全体 (n=43)	54.0±15.4	63.9±14.1	*	1.5±22.1	-10.0±30.0	*
H 群 (n=11)	51.8±21.6	61.5±10.5	n.s.	11.5±16.8	1.0±34.5	n.s.
S 群 (n=18)	54.9±13.8	64.1±12.7	*	-3.1±27.2	-10.5±29.2	n.s.
T 群 (n=14)	54.7±10.6	65.7±17.5	n.s.	-0.5±14.7	-17.8±23.9	*

*: p<0.05

表7 投射角の変化

	矢状面			水平面		
	Before [deg.]	After [deg.]	有意差	Before [deg.]	After [deg.]	有意差
全体 (n=43)	27.9±7.1	32.5±6.4	*	-3.8±10.0	3.3±5.9	**
H 群 (n=11)	24.4±7.9	30.4±7.2	n.s.	-1.2±11.5	4.3±6.5	n.s.
S 群 (n=18)	27.5±6.2	31.9±6.3	*	-4.7±10.7	1.8±4.5	*
T 群 (n=14)	31.1±6.2	34.9±5.0	n.s.	-4.6± 7.0	4.4±6.5	**

*: p<0.05, **: p<0.01

ものを投げる際に必要な、方向を定める技術を獲得することができず、初速度の増大が飛距離の増加に結びつかなかったのではないかと推察される。

表7のように、トレーニング前後においてターボジャブの投射角はS群が有意に変化しており、水平面投射角はS群とT群で有意に変化していた。本研究では、水平面投射角は助走路の方向と投射方向とのずれによって生じる角度であり、この角度が飛距離に影響するものではない。一方、投射角は、投てき競技において初速度や投射高とともに投てき物の飛距離に影響する要素と言われており、ターボジャブの投射角の変化が3群のうちS群のみでみられたことにより、サッカーボールを用いる投げのトレーニングは投射角に対して影響を及ぼすことが考えられる。

前田ら(1996)によると、初速度が最も高くなる最適投射角は、競技者によって値が異なると報告している。図4のトレーニング前後の飛距離をみてもS群で有意な変化は見られなかったが、トレーニング後において飛距離の標準偏差が8.1mと他の群よりも大きくなっていた。また図7のように、S群においては飛距離が変化しなかった被験者がみられなかった。これらのことから、サッカーボールを用いるトレーニングによってターボジ

ャブの投射角は改善され飛距離が増加することがあるものの、最適投射角はそれぞれの被験者において異なる値を持つため、サッカーボールを用いたトレーニングがどの被験者にとっても有効なものであるとは限らない可能性が考えられる。

表5、表6および表7のように、T群ではターボジャブの水平面投射角、水平面姿勢角および水平面迎え角のいずれにおいてもトレーニング前後で有意な差が認められた。また図7においてもT群は初速度が低下したにもかかわらず、飛距離の向上が認められた被験者の割合が、他の群よりも多い傾向にあった。これらのことから、T群の被験者においては投げの動作が改善され、ターボジャブにうまく力を伝えることができる、効率の良い投げ動作に変容した可能性が考えられる。

1ヵ月間の投げトレーニングでは、ボールを投げる際もターボジャブを投げる際も、どの群に対しても同じ指導を行った。それぞれのボールはターボジャブを投げるための練習用具であることも一様に伝えた。本研究で利用した3種類のボールの中で、タッチフットボールは、唯一、形状が球ではない回転楕円体で「長さ」を有するという点ではターボジャブに似ている。つまり、タッチフットボールには「長さ」があるため、ターボジャブと

同様にボールの長軸と投射方向を一致させなければ飛距離は期待できない。トレーニングで投げ動作を繰り返すうちに、T群の被験者たちはこのことに気づき、タッチフットボールの「長さ」の効果をジャベリックスローの際に反映させたのではないだろうか。

これらのことからタッチフットボールを用いるトレーニングは、ターボジャブの迎え角や姿勢角に対する影響が大きいことが示唆される。T群においては、初速度と飛距離との相関係数がトレーニング後には有意に高くなっていたが、これはタッチフットボールを用いた投げのトレーニングを行ったことにより、被験者がターボジャブの「長さ」を意識できるようになり、ターボジャブの長軸方向と投射方向が近づいた結果、ターボジャブにうまく力が伝わるようになったものと推察される。

5. 総括

本研究では、やり投げの導入種目であるジャベリックスローにおいて、実際に競技に用いるターボジャブではなく、ボールを用いるトレーニングを行うことにより投げ技術の改善に有効であるかを検討することを目的とした。

43名の男子中学3年生を対象に、まずジャベリックスローを行わせ、その記録に偏りがないように3つの群に分けた。各群に異なる3種類のボールを与え、同じ内容のトレーニングを1回につき30分を週3回、約1ヵ月間行わせた。2週間が経過した後、全員一様にターボジャブ投げを導入し、徐々にターボジャブ投げトレーニングの割合を増加させていった。そして、トレーニング期間終了後に再びジャベリックスローを行わせた。トレーニング前後のジャベリックスローの投げ動作を2台のビデオカメラで撮影し、3次元DLT法により分析した。その結果、次のことが明らかになった。

- ①ジャベリックスローにおいて、初速度と飛距離の間に有意な正の相関が認められた。ジャベリックスローもやり投げと同様にターボジャブの初速度が飛距離に大きく影響すると考えられた。
- ②3種類のいずれのボールを用いたトレーニングにおいても、ジャベリックスローの飛距離は向上した。
- ③H群においてターボジャブの初速度が増加した被験者が多かったことから、トレーニングにハンドボールを用いたことにより大きな初速度を得ることができ、飛距離が向上したと考えられた。
- ④サッカーボールを用いたトレーニングにより、投射角は変化した。しかしながら最適投射角はそれぞれの被験者において異なる値を持つため、サッカーボールを用いたトレーニングの影響は一様ではなく、被験者によっては適していない場合がある可能性が考えられた。
- ⑤トレーニングにタッチフットボールを用いると迎え角に対して大きな影響を及ぼすことが示された。タッチ

フットボールのような長さのあるボールを用いることでターボジャブの長さを意識できるようになったと考えられた。

ボールの種類により投げの動作に与える影響は異なるものの、いずれのボールを用いたトレーニングでもターボジャブの飛距離が向上したことから、ボールを用いる投げトレーニングはジャベリックスローの記録向上のためには有効であると考えられた。

文献

- 阿江通良・島田一志・榎本靖士・横澤俊治 (2001) ターボジャブ投とやり投における投動作の比較。陸上競技研究, 46 (3) : 16-24.
- 星川 保 (1982) 大きさと重さの異なるボールの投げ。Japanese Journal of Sports Sciences, 1 (2) : 104-109.
- Ikegami, Y., Miura, M., Matsui, H. and Hashimoto, I. (1981) Biomechanical analysis of the javelin throw. Biomechanics, VII - B : 271-276.
- 前田正登 (1992) 「投」におけるやり投の特異性ーヤリの長さと投動作ー。スポーツ方法学研究, 5 (1) : 31-39.
- 前田正登・野村治夫・柳田泰義・宮垣盛男 (1996) やり投げにおけるヤリの飛行挙動。Japanese Journal of Sports Sciences, 15 (3) : 207-213.
- 前田正登 (1996) 人間の動きを考慮に入れたヤリの最適投射条件。デサントスポーツ科学, 17 : 270-277.
- 宮口和義・前田正登 (1991) 種々のボールを用いるやり投トレーニング法の検討。スポーツ方法学研究, 4 (1) : 63-71.
- 森田茂男・宮口和義 (1988) 異なるボールを使用しての投動作の分析。金沢大学教育学部教科教育研究, 24 : 53-61.
- 尾縣 貢・関岡康雄 (1986) 水平面におけるヤリの迎え角がその飛距離に及ぼす影響。日本体育学会第37回大会号 A : 385.
- 太田幸治・阿江通良・横澤俊治 (2002) やり投の練習手段としてのターボジャブ投げの有効性。陸上競技研究, 50 (3) : 13-20.
- 村上雅俊・伊藤 章 (2003) やり投げのパフォーマンスと動作の関係。バイオメカニクス研究, 7 (2) : 92-100.

[研究]

Downhill running におけるラット後肢および前肢伸筋の動員様式

豊田裕子¹⁾, 辻本大祐¹⁾, 安藤好郎²⁾, 木越清信³⁾, 三條俊彦⁴⁾, 松下裕輝²⁾, 吉村篤司¹⁾

Recruitment patterns of foreleg and hind leg extensor muscles in rats during downhill running

Yuko Toyoda¹⁾, Daisuke Tsujimoto¹⁾, Yoshiro Ando²⁾, Kiyonobu Kigoshi³⁾, Toshihiko Sanjo⁴⁾, Hiroki Matsushita²⁾ and Atsushi Yoshimura¹⁾

Summary

Optical density of glycogen content of fiber types in extensor muscles during downhill running was estimated in PAS stained-sections, using histochemical procedure. Extensor digitorum longus (EDL) and extensor digitorum (ED) muscles were used as a hind leg and foreleg in this study, respectively. A rest control group (n=6) and two groups (6 rats each) for exercise (level running; 0 % decline, and downhill running; 16 % decline) were prepared. The rats in the exercise groups ran on a motor-driven belt with a speed of 40 m/min for four min. In regard to the rate of optical density of glycogen depletion to control values, the values of all fiber types in the both muscles after exercise showed significant depletion. As compared with glycogen depletion in fiber types between level and downhill running, the decreased rate of all fiber types in EDL muscles was larger in downhill running than that of level running. The value in ED muscles, however, was lower in downhill running. The decreased rate of optical density among the fiber types was largest in type IIA fiber, intermediate type in EDL muscles and in type IIB fiber, fast type in ED muscles. This is presumed to be because during downhill running ED muscles are exposed to greater neural activity than EDL muscles. These results will be useful for athletes to consider when training skeletal muscles for future courses.

キーワード: Downhill running, ラット, 伸筋, 筋線維型, グリコーゲン

1. 緒言

ロードレース (マラソン, 駅伝, クロスカントリー) は, トラックレースと異なり, 起伏に富んだコースを走らなければならない. 従って, ロードレースの練習は, トラックレースの練習に加えてロードレースのコース条件に対応した練習を行うことが重要と考える. 例えば, uphill running では, 筋の種類によって筋グリコーゲン減少量が異なること (Armstrong et al., 1993), また, 伸筋では筋グリコーゲン減少が認められないことが指摘さ

れている (Yoshimura et al., 2005). 一方, downhill running においては, 屈筋の筋グリコーゲン減少量が uphill running より小さいことが報告されている (吉村ほか, 2005). これらの結果は, ロードレースのような起伏に富んだランニングコースでは, 筋の種類によって主導的に動員される筋グリコーゲン量や疲労状況が異なることを示唆するものと予想される. 実際のレースにおいては, コース条件に対応した適切な練習手段を考慮することが重要となる.

Downhill running は, エキセントリックな筋収縮様式を実験的に引き起こすモデルの 1 つとして考えられており, 通常のランニングより筋の損傷が大きくなることが指摘されている (Ogilvie et al., 1988). また, 接地中の減速期間 (negative work) が通常のランニング (level running) に比べてその割合が高くなること (Buczek and Cavanagh, 1990; Dick and Cavanagh, 1987), さらに, 活動する運動単位も大きくなることが示唆されている (Armstrong and Taylor, 1993; Kellis and Baltzopoulos, 1998). 従って, downhill running が含まれるロードレースでは, 筋全体や筋線維タイプの使われ方の相違や筋損傷の程度がトラックレースと異なることを示唆するものとする.

骨格筋線維のタイプは, 遅筋型である type I (SO), 中間型である type IIA (FOG), そして type IIB (FG) に大別されている (Brooke and Kaiser, 1970). これらの筋線維型の活動は, 組織化学的手法による筋グリコーゲン量の減少から調べられている. 例えば, 運動強度の違いによって主動的に動員される筋線維型が異なることが報告されている (Armstrong et al., 1974; Gollnick et al., 1973, Yoshimura et al., 1996). 現時点では, downhill

1) 名古屋工業大学 Department of Materials Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology

〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

2) 中京大学教養部 Faculty of Liberal art, Chukyo University

〒466-8666 愛知県名古屋市昭和区八事本町 101-2

3) 愛知教育大学 Department of Physical Education, Aichi University of Education

〒448-8542 愛知県刈谷市井ヶ谷町広沢 1

4) 信州大学 Faculty of Education, Shinshu University

〒380-8544 長野県長野市西長野 6 の口

running における筋線維型の使われ方や筋の種類による動員量の違いについては、まだ不明な点が多い。

そこで、本研究では、uphill running では有意なグリコーゲン減少が見られなかった伸筋に着目して、downhill running では伸筋でもグリコーゲン減少が起こるのか否か、また選択的な筋線維型のグリコーゲン減少が見られるのか否かについて、level running と比較し、その特徴を明らかにすることが目的である。本研究で得られた情報は、エキセントリックな筋収縮が多い downhill running において有益な情報を得ることができるとともに、ロードレーストレーニングを考慮するための重要な示唆を与えるものと考えられる。

2. 方法

2.1 実験動物

8週齢ウイスター系雄ラット18匹を、コントロール群(6匹)と2種類の運動群(level running group; downhill running group, 各6匹)に分けた。3群とも、12時間毎の明暗サイクルのある温度環境下(23℃)で飼育し、水および餌は自由に摂取させた。

2.2 運動と予備トレーニング

運動は、ラット用トレッドミルで行った。実験当日の downhill running の速度および時間は、uphill running (斜度約+7%)において長指伸筋のグリコーゲン減少が観察されなかった時と同様の速度(分速40m)と時間(4分)で実施し(Yoshimura et al., 2005), その斜度は一般に用いられている斜度-16%で実施した(Armstrong et al., 1983; 1993)。また、この条件は、ラットの遅筋型(type I or SO 線維)より中間型線維(type IIA or FOG 線維)のグリコーゲン減少が大きい比較的強度の高い速度である(Armstrong et al., 1974)。すべてのラットは、トレッドミルランニングに慣れさせることや実験当日の設定条件で走行できるように、次のような予備トレーニングを施した。第1週目は、斜度0%のlevel running を分速20-25mの速度で10分間×3セット実施した。第2週目は、25-30m/分の速度で3-4分間の運動を3-4セット、第3週目は、30-35m/分の速度で3-4分間の運動を3-5セット、第4週目は、35-40m/分の速度で4分間の運動を3セットおよび40-45m/分の運動を2セット実施した。各セットの間の休憩は、4分とした。また、downhill running 群のラットは、最後の3日間の予備トレーニングをdownhill running 条件下で走行させた。

運動群のラットは、予備トレーニング終了2日後に、設定された速度と時間のトレッドミル運動を負荷した。実験当日、3群のラットは、筋を取り出す2時間前に餌を与えることを中止した。

2.3 筋の摘出

動物処理は、名古屋工業大学動物実験の要項に従って

適切に実施した。コントロール群および運動群のラットとも、腹腔内にpentobarbital sodium (50 mg/kg body weight)を投与した麻酔下で筋(長指伸筋「後肢」, EDL: extensor digitorum longus, 総指伸筋「前肢」, ED: extensor digitorum)を摘出した。右脚は、凍結切片用に、左脚は生化学的測定用に使用した。摘出した筋は、液体窒素で冷却したイソペンタンに入れて急速凍結し、切片作成まで密閉した容器に入れてフリーザーで保存(-90℃)した。

2.4 線維型の同定と光学的グリコーゲン量の評価

筋線維を調べるための組織切片の作成は、クリオスタット(Bright 5030; Bright, Huntington)で行った。線維型を同定するためのmyosin ATPase 染色用切片は、10 μmの厚さで横断切片が作成された。myosin ATPase 染色は、酸性処理後(pH 4.6)のmyosin ATPase 活性の染色強度から、遅筋型(type I), 中間型(type IIA)および速筋型(type IIB)に分類した。また、グリコーゲン染色用切片は、厚さによるバラツキを防ぐために、できるだけ厚い18 μmで作成された(Yoshimura et al., 2005)。

各線維の光学的グリコーゲン量は、PAS (Periodic acid Schiff 試薬) 染色切片と隣接するATPase 染色切片をCCDカメラとコンピューター画像解析プログラム(Macscope; 三谷商事)を用いてモニター画面に取り込み、線維型と対応させながら測定された。グリコーゲン量の測定のために用いた部位は、筋腹に位置する切片で判定され、線維のグリコーゲン量は、線維の周囲をトレースし、そのトレース内の平均光学的濃淡から測定された。1つの線維のグリコーゲン量は、2枚の連続した切片上の同じ線維を測定し、その2つの値を平均して算出した。なお、分析できなかった線維数は、全筋線維数の5%以下であった(表1参照)。光学的グリコーゲン量を測定するための顕微鏡等の条件は、各測定時における顕微鏡を通過した光学的透過量を2点間(完全透過量と半透過量: 樹脂包埋したスライドガラスを通過した光量)で補正された(Yoshimura et al., 2005)。この補正は、顕微鏡の光量を一定にすることと、画像解析プログラムで調節した。

2.5 筋グリコーゲン量の生化学的評価

生化学的手法による筋グリコーゲン量は、光学的に測定した筋線維グリコーゲン量の信頼性を再確認するために測定した(Lo et al., 1970)。簡単には、運動直後ラットの左脚の筋を取り出し、液体窒素で凍結した後に筋重量を測定し、硫酸ナトリウムと30% KOHの溶液で30分間煮沸させた。その後95%エタノールを加え遠沈後、5%フェノール液と96-98%濃硫酸を加え、分光光度計を用いて測定した。

2.6 統計処理

3群間におけるグリコーゲン量の変化および各線維間

における相対的グリコーゲン量の比較は、一元配置の分散分析法を用い、有意差が認められた場合には多重比較 (Fisher テスト) を行い、 $P < 0.05$ で有意差を判定した。

3. 結果

3.1 分析した筋の線維数と線維型の割合

表1は、コントロール群、level running と downhill running 群における EDL と ED の分析した線維数とその線維型の割合を示している。分析した EDL の3群の総線維数は、level 群の 2632.0 ± 283.3 本からコントロール群の 2782.1 ± 235.0 本の範囲であった。その線維型の割合は、type I が 4.0% から 4.2%，type IIA が 15.3% から 15.7%，そして type IIB が 80.1% から 80.6% で、3群間における線維数や線維型の割合に有意な差は見られなかった。一方、ED 筋は、筋線維総数が EDL 筋の約半分であった。その線維型の割合は、type I が 5.8% から 6.1%，type IIA が 20.6% から 21.5%，また type IIB は 72.7% から 73.3% であった。この筋も EDL 同様、3群間における線維数や線維型の割合に有意な差は認められなかった。図4のAとBは、EDL と ED の myosin ATPase 染色写真の低倍像を示した。いずれの写真も右側が深層部側、左側が表層部側に相当する。

Table 1. Number and percentage of muscle fiber types in extensor digitorum longus (EDL) and extensor digitorum (ED) muscles. Values are mean $\pm$ SD. Control: a rest control group, Level: level running group, Downhill: downhill running group. Percentages show the rate of each fiber type to a total number.

Group	Total number	Type I	Type IIA	Type IIB
EDL				
Control	2782.1 $\pm$ 235.0	114.1 $\pm$ 4.0 4.1%	425.6 $\pm$ 7.7 15.3%	2242.0 $\pm$ 170.4 80.6%
Level	2632.0 $\pm$ 283.3	110.5 $\pm$ 4.2 4.2%	413.2 $\pm$ 8.1 15.7%	2108.2 $\pm$ 156.5 80.1%
Downhill	2677.5 $\pm$ 243.9	107.1 $\pm$ 3.4 4.0%	417.7 $\pm$ 6.7 15.6%	2153.0 $\pm$ 127.2 80.4%
ED				
Control	1328.3 $\pm$ 112.7	79.7 $\pm$ 5.7 6.0%	280.2 $\pm$ 7.8 21.1%	968.1 $\pm$ 79.3 72.9%
Level	1378.2 $\pm$ 115.2	84.1 $\pm$ 6.2 6.1%	283.9 $\pm$ 6.5 20.6%	1092.8 $\pm$ 82.4 73.3%
Downhill	1413.3 $\pm$ 131.9	82.0 $\pm$ 5.4 5.8%	303.8 $\pm$ 7.6 21.5%	1027.3 $\pm$ 69.8 72.7%

3.2 運動後における生化学的に測定した筋グリコーゲン量の変化

図1の左は、コントロール群における EDL および ED の筋グリコーゲン量を示し、右には運動後における両筋のグリコーゲン量をコントロール群の値に対して百分率で示している。Level running 後、EDL は、有意なグリコーゲン減少を示さなかった (コントロール群の 81%)。一方、ED は、level running 後にコントロール群の約 58% まで減少した。Downhill running においては、両筋とも有意なグリコーゲンの減少を示した。Level running と downhill running 間におけるグリコーゲン減少量を比

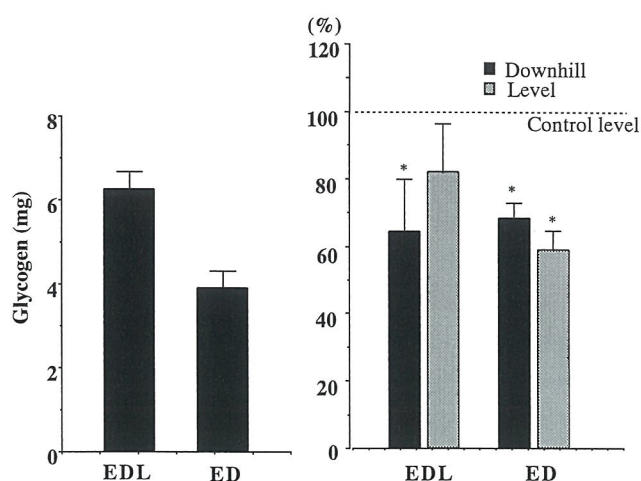


Fig. 1. Biochemical glycogen content of a rest control group (left) and rate of glycogen content to the rest control values after exercise (right). Asterisks show significant differences from the control values. Level: level running group, Downhill: downhill running group.

較すると、EDL 筋では downhill running で大きなグリコーゲン減少を示し、反対に ED 筋では level running で大きな減少が認められた。

3.3 運動後における筋線維型の光学的グリコーゲン量

図2には、コントロール群における各線維型の光学的グリコーゲン量とそれらに対応する運動群 (level と downhill) の線維型の光学的グリコーゲン量の変化を比較した。運動後の光学的グリコーゲン量は、対応するコントロール群の線維型に対する百分率で示した。EDL においては、downhill running 後にすべての線維型のグリコーゲン量が level running より有意に減少した。一方、ED では、逆にすべての線維型において level running の方が downhill running より有意なグリコーゲン量の減少を示した。

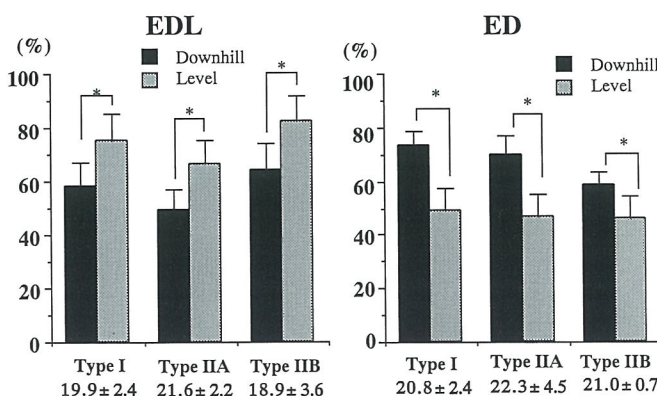


Fig. 2. Comparisons of optical density of glycogen content in EDL and ED muscle after exercise. The values of vertical axis show the rate of optical density to the control values (numbers at the bottom of the figure). Asterisks show significant differences between level and downhill running groups. The decrease of optical density in all fiber types showed significant differences from the control values.

3.4 線維型間におけるグリコーゲン減少量の比較

図3は、EDLおよびEDにおける線維型間の光学的グリコーゲン減少量を比較した。その減少量は、対応するコントロール群の線維型グリコーゲン量（図2参照）から差し引いた値で示した。EDLでは、downhill runningおよびlevel runningとも、type IIAがtype Iやtype IIBより大きな減少量を示した。一方、EDでは、level runningにおいては3タイプの線維型間に有意なグリコーゲンの減少量が認められなかった。しかし、downhill runningではtype IIBがtype Iやtype IIAより大きなグリコーゲン減少量を示した。（図4のE、F）。

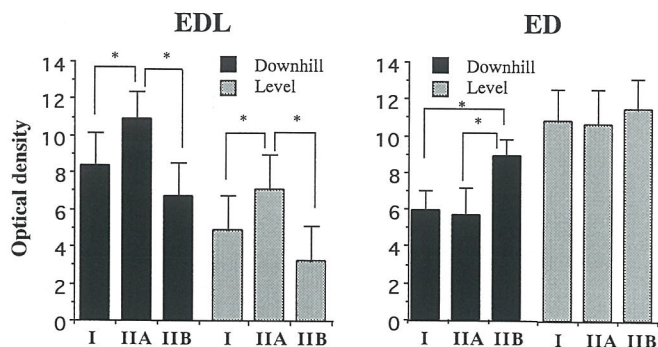


Fig. 3. Comparisons of optical density of glycogen content of fiber types in EDL and ED muscles between level and downhill running. The value of optical density was subtracted from the control values. Asterisks show significant differences among the fiber types in the level or downhill running. Values are mean $\pm$ SD.

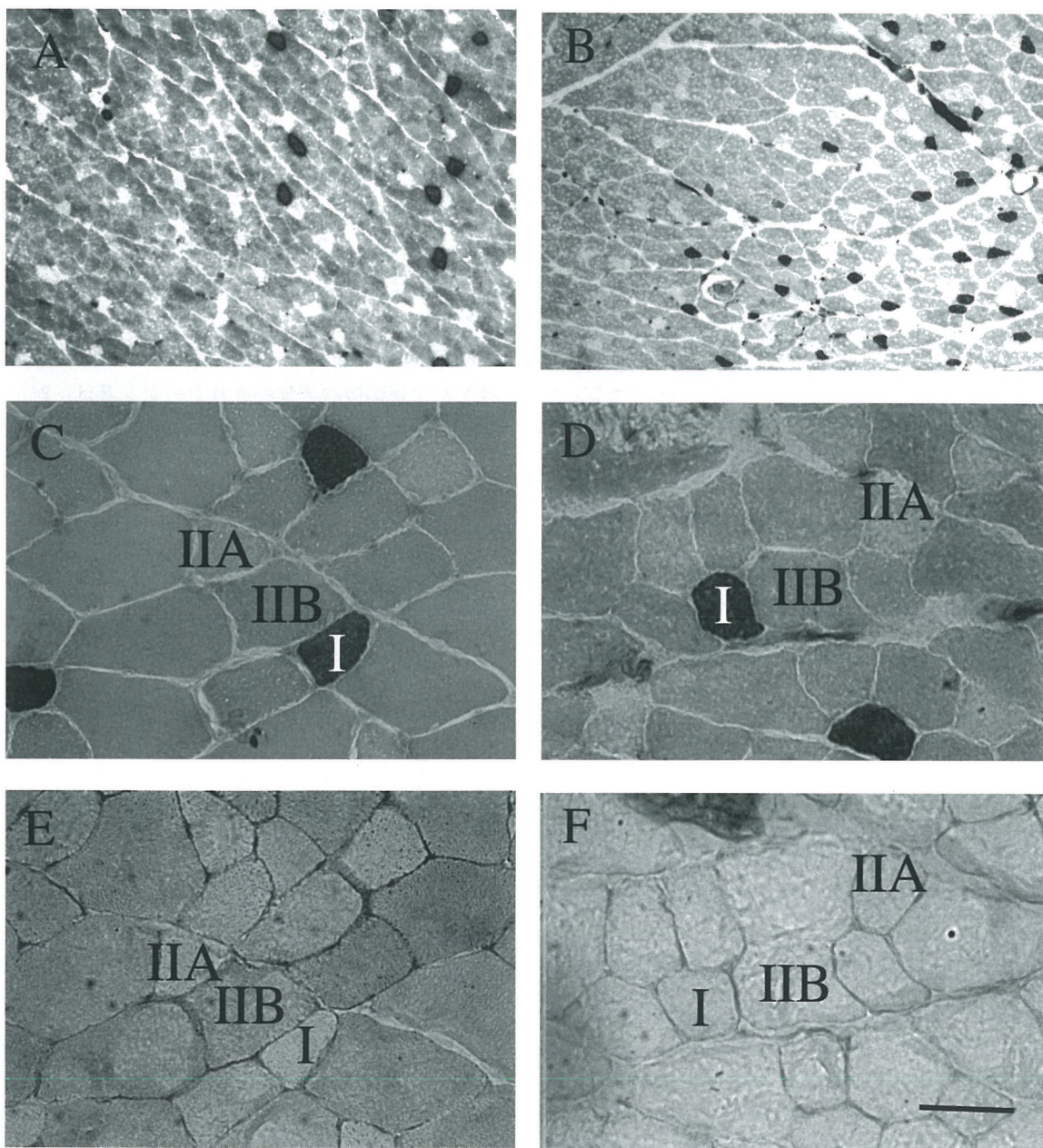


Fig. 4. EDL and ED muscles stained for myosin ATPase activity and muscle glycogen. A and B: myosin ATPase stained—photographs of EDL muscle (left) and ED muscle (right) at low magnitude. C and D: myosin ATPase stained—photographs of ED muscle. E (rest control) and F (exercise): PAS staining for muscle glycogen corresponding to C and D, respectively. I: type I fiber, IIA: type IIA fiber, IIB: type IIB fiber. The scale bar is 50 μ m in C to F.

4. 考察

本研究の目的は、downhill runningにおける後肢伸筋と前肢伸筋における線維型の動員様式についてグリコーゲン減少量から検討し、level runningと比較しながらその特徴を明らかにすることであった。その結果、同じ伸筋でも筋全体のグリコーゲン減少に相違が見られ、また、光学的グリコーゲン量の変化からみた線維型の使われ方にも相違が認められた。この結果から、駅伝やマラソン等のロードレースにおける起伏などが、筋の使われ方に異なった影響を及ぼすと考えられ、参加するレースコースに類似した条件下でのトレーニング準備が重要であることが想定される。

4.1 グリコーゲン変化量からみた downhill running (エキセントリック運動) の特徴

これまでに報告された downhill running におけるグリコーゲン変化量は、一般的に用いられているコンセントリックな運動より少ないことがラットの屈筋であるヒラメ筋や伸筋である上腕三頭筋で報告されている (Armstrong and Taylor, 1993; Yoshimura et al., 2005)。運動強度を示す代表的な指標である酸素摂取量から調べた研究でも、downhill running では少ない酸素量で走行できることが人やラットで報告されている (Bonde-Petersen et al., 1972; Armstrong et al., 1983 a)。本研究で用いた伸筋である ED の筋グリコーゲンや光学的グリコーゲン量は、level running に比べて downhill running で少ないことが示され、前述したラットの骨格筋と同様の結果であった。従って、前肢の ED におけるグリコーゲン変化は、酸素摂取量と類似した変化を示すと考えられ、グリコーゲンの変化量から運動強度をある程度推察できるものと考えられる。しかし、EDL は逆に、level running より downhill running で大きなグリコーゲン減少を示した。この結果は、同じ伸筋でも後肢と前肢では使われ方が異なることを示すとともに、EDL は酸素摂取量から判定できる運動強度とグリコーゲン変化量は、一致しないことが推察できる。この点から考えると、後肢伸筋である EDL は、同じ伸筋である ED や屈筋であるヒラメ筋に比べて downhill running においてより大きな負荷が加わることが推察された。

4.2 線維型の動員様式と運動強度

本研究で用いた downhill running では、EDL と ED の両筋において遅筋型 (type I) より速筋型 (type IIA や type IIB) のグリコーゲン減少が大であった。一般に、疾走速度が遅い運動や強度の低い運動では、最初に遅筋型である type I のグリコーゲン量が有意に減少し、続いて中間型や速筋型のグリコーゲンが有意に減少することがラットやヒトで報告されている (Armstrong et al., 1974; Thomson et al., 1979; Vollestad and Blom, 1985; Yoshimura et al., 1996)。一方、疾走速度が速くな

ると、遅筋型 (type I; slow-oxidative fiber) と同様、運動の初期にも速筋型 (type IIB; fast-glycolytic fiber) のグリコーゲン減少が起こることが報告されている (Gollnick, et al., 1973; Yoshimura et al., 2005)。また、ヒトの最大酸素摂取量の発現した速度、またはそれより高い速度の運動では、速筋型のグリコーゲン減少量が遅筋型より大きくなることが指摘されている (Thomson et al., 1979; Vollestad et al., 1992)。本研究で用いた運動後の筋線維型のグリコーゲン変化から推察すると、遅筋型より速筋型のグリコーゲン減少が大きいことから、筋に対しては強度の高い負荷が課せられたものと考えられる。

Downhill running やエキセントリックな運動の他の特徴として、アルファー運動神経の活動が通常の level running より大きくなり、より強い刺激が筋に作用した時に顕著になることが指摘されている (Kellis and Baltzopoulos, 1998; Nardone et al., 1989)。本研究の前肢伸筋である ED 筋は、type IIB のグリコーゲン量が他の線維より有意に減少していた。前述したように、速筋型のグリコーゲン減少が大きいことから、この筋に高い負荷が加わったことが考えられる (Armstrong et al., 1974, Gollnick, et al., 1973; Yoshimura et al., 2005)。

4.3 Downhill running における筋損傷と筋線維型の使われ方

Downhill running は、level running に比べて減速期間が大きく筋の損傷が大きいことが報告されている (Armstrong et al., 1983 b; Ogilvie et al., 1988; Clarkson et al., 1992)。そして、その損傷する線維型は、速筋型で大きいことが指摘されている (Friden, 1984; Homonko and Theriault, 2000; Vijayan et al., 2001, Takeura et al., 2001)。これまで downhill running で指摘されてきた遅筋型が損傷し易い理由として、遅筋型が優先的に使われる強度の低い運動であったことを指摘し、負荷が高くなると SO (本研究の type I に相当) より FOG (本研究の type IIA に相当) の方が損傷し易いことを報告している (Vijayan et al., 2001)。本研究における downhill running の結果では、EDL における type IIA のグリコーゲン減少が3タイプの中で最も大きく、type IIA が優先的に使われたことを示す。一方、ED では type IIB が最も大で、type IIB が優先的に使われたことになる。この結果から推察すると、後肢伸筋では、中間型の線維が損傷され易く、前肢伸筋では速筋型が損傷し易い可能性が高いと予想される。また、前述したように、downhill では level running に比べて神経活動が高まることが指摘されていることから、前肢伸筋である ED は、後肢伸筋である EDL 筋より着地の衝撃が大であったと考えられる。

4.4 トレーニングに対する配慮

本研究結果から、同じ伸筋でも downhill と level running におけるグリコーゲンの減少量が異なることや主導的に使われる線維型が異なることが示唆された。従

って、起伏に富んだランニングコースでは、そのコースに対応するための優先的な筋刺激や選択的な線維型への刺激が重要となると考えられる。

また、エキセントリックな運動や downhill running では、筋肉痛、筋の腫れ、クレアチンキナーゼ (CK) などのトレーニングによる軽減 (Newham et al., 1987; Clarkson et al., 1992) や構造的な筋損傷の軽減 (Friden, 1984) が期待できると推察される。また、エキセントリックな運動トレーニングによって、効率の良い筋力発揮 (Lastayo et al., 1999) を獲得することが可能であると考えられる。一方、uphill running では、伸筋より屈筋の方が主導的に使われることが報告されている (Yoshimura et al., 2005)。これらの結果から、いろいろな筋群に適切な刺激を加えるためには、将来参加しようとするランニングコースを想定したトレーニング手段を考慮することが重要と考えられる。

5. 結論

本研究では、downhill running におけるラット前肢および後肢伸筋内の線維型の動員様式の特徴について、level running と比較しながら組織化学的手法によるグリコーゲン量の変化から検討した。その結果、後肢伸筋ではすべての線維型で downhill running の方が大きいグリコーゲン減少を示し、反対に前肢伸筋ではすべての線維型で downhill running の方が少ないグリコーゲン減少が示された。また、線維型間の比較によるグリコーゲン変化から、後肢伸筋では認められなかった type IIB の大きなグリコーゲン減少が前肢伸筋で観察された。これらの結果から、downhill running においては、動員される筋の種類や線維型に差が見られることが明らかになった。この結果は、ロードレースのコース状況に対応したトレーニング手段の作成に有益であることが示唆された。

6. 文献

- Armstrong, R.B., Saubert, IV. C. W., Sembrowich, W. L., Shepherd, R. E., and Gollnick, P. D. (1974) Glycogen depletion in rat skeletal muscle fibers at different intensities and durations of exercise. *Pflugers Arch*, 352 : 243–256.
- Armstrong, R. B., Laughlin, M. H., Rome, L., and Taylor, C. R. (1983 a) Metabolism of rats running up and down an incline. *J Appl Physiol (Respirat. Environ Exercise Physiol)*, 55 : 518–521.
- Armstrong, R. B., Ogilvie, R. W., and Schwane, J. A. (1983 b) Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *J Appl Physiol (Respirat Environ Exercise Physiol)*, 54 : 80–93.
- Armstrong, R. B., and Taylor, C. R. (1993) Glycogen loss in rat muscles during locomotion on different inclines. *J Exp Biol*, 176 : 135–144.
- Bonde-Petersen, F., Knuttgen, H.G., and Henriksson, J. (1972) Muscle metabolism during exercise with concentric and eccentric contractions. *J Appl Physiol*, 33 : 792–795.
- Brooke, M. H., and Kaiser, K. K. (1970) Muscle fiber types : how many and what kind ?. *Arch Neurol*, 23 : 369–379.
- Buczek, F. L., and Cavanagh, P. R. (1990) Stance phase knee and ankle kinematics and kinetics during level and downhill running. *Med Sci Sports Exerc*, 22 : 669–677.
- Clarkson, P.M., Nosaka, K., and Braun, B. (1992) Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc*, 24 : 512–520.
- Dick, R. W., and Cavanagh, P. R. (1987) A comparison of ground reaction forces (GRF) during level and downhill running at similar speeds (Abstract). *Med Sci Sports Exerc*, 19 : S 12.
- Friden, J. (1984) Changes in human skeletal muscle induced by long-term eccentric exercise. *Cell Tissue Res*, 236 : 365–372.
- Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Sembrowich, W. L., Shepherd, R. E., and Saltin, B. (1973) Glycogen depletion pattern in human skeletal muscle fibers after heavy exercise. *J Appl Physiol*, 34 : 615–618.
- Homonko, D. A., and Theriault, E. (2000) Downhill running preferentially increases CGRP in fast glycolytic muscle fibers. *J Appl Physiol*, 89 : 1928–1936.
- Kellis, E., and Baltzopoulos, V. (1998) Muscle activation differences between eccentric and concentric isokinetic exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 30 : 1616–1623.
- Lastayo, P. C., Reich, T. E., Urquhart, M., Hoppeler, H., and Lindstedt, S. L. (1999) Chronic eccentric exercise : improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol (Regulatory Integrative Comp Physiol)*, 276 : R 611–615.
- Lo, S., Russell J. C., and Taylor, A. W. (1970) Determination of glycogen in small tissue samples. *J Appl Physiol*, 28 : 234–236.
- Nardone, A., Romano, C., and Schieppati, M. (1989) Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening active muscles. *J Physiol*, 409 : 451–471.
- Newham, D. J., Jones, D. A., and Clarkson, P. M. (1987)

- Repeated high-force eccentric exercise : effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol*, 63 : 1381–1386.
- Ogilvie, R. W., Armstrong, R. B., Baird, K. E., and Bottoms, C. L. (1988) Lesions in the rat soleus muscle following eccentrically biased exercise. *The Am J Anat*, 182 : 335–346.
- Takekura, H., Fujinami, N., Nishizawa, T., Ogasawara, H., and Kasuga, N. (2001) Eccentric exercise-induced morphological changes in the membrane systems involved in excitation-contraction coupling in rat skeletal muscle. *J Physiol*, 533 : 571–583.
- Thomson, J. A., Green, H. J., and Houston, M. E. (1979) Muscle glycogen depletion patterns in fast twitch fibre subgroups of man during submaximal and supramaximal exercise. *Pflugers Arch*, 379 : 105–108.
- Vijayan, K., Thompson, J. L., Norenberg, K. M., Fitts, R. H., and Riley, D. A. (2001) Fiber type susceptibility to eccentric contraction-induced damage of hindlimb unloaded rat AL muscles. *J Appl Physiol*, 90 : 770–776.
- Vollestad, N. K., and Blom, P. C. S. (1985) Effect of varying exercise intensity on glycogen depletion in human muscle fibers. *Acta Physiol Scand*, 125 : 395–405.
- Vollestad, N. K., Tabata, I., and Medbo, J. I. (1992) Glycogen breakdown in different human muscle fibre types during exhaustive exercise of short duration. *Acta Physiol Scand*, 144 : 135–141.
- Yoshimura, A., Fujitsuka, C., Kawakami, K., Ozawa, N., Ojala, H., and Fujitsuka, N. (1992) Novel myosin isoform in nuclear chain fiber of rat muscle spindle produced in response to endurance swimming. *J Appl Physiol*, 73 : 1925–1931.
- Yoshimura, A., Shimomura, Y., Murakami, T., Ichikawa, M., Nakai, N., Fujitsuka, C., Kanematsu, M., and Fujitsuka, N. (1996) Glycogen depletion of the intrafusal fibers in a mouse muscle spindle during prolonged swimming. *Am J Physiol*, 271 : 398–408.
- Yoshimura, A., Toyoda, Y., Murakami, T., Yoshizato, H., Ando, Y., and Fujitsuka, N. (2005) Glycogen depletion in intrafusal fibres in rats during short-duration high-intensity treadmill running. *Acta Physiol Scand*, 185 : 41–50.
- 吉村篤司・森 悟・豊田裕子・安藤好郎・木越清信・市川真澄・藤墳規明 (2005). 高速 downhill running におけるラットヒラメ筋錘内筋線維型の動員様式. *日本運動生理学雑誌*, 12 : 23–31.

[報告]

インターネット通信を利用した栄養分析による高校女子長距離選手へのサポート

齋藤美夏¹⁾, 石井好二郎^{1,2)}, 遠山晴一³⁾

Support for high school female long-distance runners by providing analyses on nutrition via the Internet

Minatsu Saito¹⁾, Kojiro Ishii^{1,2)}, Harukazu Tohyama³⁾

Abstract

In this study, analyses on nutrition were provided continuously via the Internet to 10 high school female long-distance runners and measurements of blood properties and body composition were carried out over a period of 9 months to assess physical condition. The results showed improvements in carbohydrate deficiency and excessive intake of lipids and supplements that were noted before the start of the support program. There was also a significant decrease in body fat percentage from $19.2 \pm 2.5\%$ before the start of the support program to $17.8 \pm 2.0\%$ with maintenance of lean body mass. Providing advice on use of supplements and durations of training and rest also resulted in improvements in subjects who had been taking small meals or who frequently had symptoms of anemia.

キーワード：高校女子，長距離種目，栄養摂取状態

1. 目的

長距離走など軽量である方が有利な種目では，食事制限をする選手が少なくない．過度の食事制限は，栄養摂取量の減少とバランスの崩壊をもたらし，貧血の他にも体調不良や筋力低下の要因となる（Krotkiewski et al., 1990；Lemon and Mullin, 1980）．特に女性アスリートでは，食事制限を繰り返すと，女性アスリートの3徴候（female athlete triad：FAT）として認識されている摂食障害，月経障害，骨粗鬆症を発症する可能性が高い（Gabel KA, 2006）．さらに Jeanne et al. (2006) は，高校生においても FAT がみられると報告しており，将来相当数の選手が3徴候全てを満たす可能性があるとして警告している．したがって，これらの問題を未然に防ぎ，良好なコンディションを維持するためには，適切な栄養摂取が重要となる．

しかし，多くの学生選手は食生活が個人に委ねられており，不適切な栄養摂取状態である（河合，2002）．その背景には，指導者や選手は栄養サポートの必要性を認識しているものの，栄養指導を行えるスタッフが身近に

ない等の理由から実施できないという現状がある．したがって，学生選手には，自ら食事を管理できるよう，正しい知識を習得する栄養サポートが必要と考えられる．

近年，栄養摂取における問題の解決策として，インターネットを通じて食事調査・栄養指導を受けられるシステムが注目されている（小清水，2003）．デジタルカメラを用いて食事を撮影し，インターネットにより管理栄養士に画像を送信するシステムであるため，対象者の負担も軽く，食事調査方法としても十分に実用的であると報告されている（鈴木，2002）．このシステムの利用により，専門スタッフのいない選手に対しても栄養指導を実施することが可能となる．

そこで本研究は，以下2つの研究を行った．研究1では，高校女子長距離選手を対象に，インターネット通信を利用した栄養指導を継続的に実施し，同時に，コンディションの評価として血液性状および身体特性を測定した．そして，得られたデータをもとに，良好なコンディションの維持を目的としたサポートを行った．また，研究2では，研究1を進める中で，特に問題のみられた対象者への個別サポート内容を症例として報告する．

2. 方法

<研究1>

2-1 対象およびサポート期間

対象者は，某高等学校陸上競技部に在籍する女子長距離ランナー10名（1年生：5名，2年生：2名，3年生：3名）であった．同校は，2005年全国高校女子駅伝出場を果たしており，数名の選手は全国インターハイ出場経験がある．サポート期間は2006年4～12月末までとした．

本研究は北海道大学大学院教育学研究科研究倫理委員会の承認を得ており，対象者とその保護者，指導者に調査の目的と内容を説明し同意を得た．

-
- 1) 北海道大学大学院応用力学 Laboratory of Human Performance and Fitness, Graduate School of Education, Hokkaido University
〒060-0811 北海道札幌市北区北11条西7丁目
 - 2) 同志社大学スポーツ健康科学部 Faculty of Health & Sports Science, Doshisha University
〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷1-3
 - 3) 北海道大学病院 リハビリテーション部 Hokkaido University Hospital Rehabilitation
〒060-8648 北海道札幌市北区北14条西5丁目

2-2 調査項目

A. 栄養摂取状態

対象者の栄養摂取状態や変化を把握するために、食事調査を行った。調査には、デジタルカメラによる栄養分析ナビゲーションシステム（旭化成社製、げんき！食卓SPORTS）を用いた。選手の各栄養素摂取目標量は、日本体育協会スポーツ医・科学研究班の報告に基づいたガイドライン（2006）を参考に、体重および1日の運動時間によって設定した。また、各栄養素の摂取目標量を100%とし、充足率を算出した。栄養素ごとに設定された適正範囲充足率（日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会、2006）に従い、適正範囲以上を「過剰」、適正範囲以下を「不足」と判断した（表1）。食事調査は、4・5・7・9・11月に行った。調査は試合、試験期間など食事形式が大きく異なる日を避け、日常的な生活の日に行うよう、対象者に指示した。食事内容については、対象者にデジタルカメラを貸与し、非連続した3日間の食事をカメラで撮影した。その際、調味料などの詳細については別紙に記入させた。撮影後メモリーカードを回収し、インターネットを通じて食事写真・内容を管理栄養士に送信した。送信されたデータより、各栄養素摂取量を算出した。

B. 身体特性

身体特性の変化を調査するため、身長、体重、体脂肪率および除脂肪体重を4・7・10月に測定した。また、身長、体重をもとにBMI (kg/m^2) を算出した。なお、体脂肪率および除脂肪体重は、二重エネルギーX線吸収法（dual-energy X-ray absorptiometry: DXA, Hologic社製QDR-1000）にて測定した。

C. 血液検査

採血は毎月1回、早朝空腹時に肘静脈より行った。測定項目は、貧血関連項目の赤血球・ヘモグロビン濃度・血清鉄・血清フェリチン・網状赤血球及び栄養状態の指標である総ケトン体とした。

なお、体内の鉄栄養状態は、大きく3段階に分けられる（日本学校保健会編、1983）。第1段階は貯蔵鉄が減少した状態（前潜在性鉄欠乏）、第2段階は貯蔵鉄および血清中の鉄が減少した状態（潜在性鉄欠乏）、第3段階は貯蔵鉄、血清中の鉄および血色素鉄が減少した状態（鉄欠乏性貧血）である。本研究では、体内鉄栄養状態の指標として、血清フェリチン（貯蔵鉄）、血清鉄（血清中の鉄）、ヘモグロビン濃度（血色素鉄）をとりあげた。評価基準値として、血清フェリチン $12 \text{ ng}/\text{mL}$ （溝口、2001；唐津、2006）、血清鉄 $48 \text{ } \mu\text{g}/\text{dL}$ 、ヘモグロビン濃度 $11.3 \text{ g}/\text{dL}$ を用いた。

D. コンディショニングノート

国立スポーツ科学センター（JISS）が作成したコンディショニングノート（JISS心理学研究室編、2004）を参考に、我々が作成したノート（図1）を対象者に配布

表1 各栄養素における充足率の適正範囲

	適正充足率 (%)	100%の適正量 (45kgの場合)
エネルギー	90 — 110	2000 kcal
蛋白質	85 — 125	80 g
脂質	75 — 110	50 g
炭水化物	85 — 125	308 g
カルシウム	50 — 200	900 mg
鉄	50 — 200	15 mg
レチノール	50 — 200	1300 μg
ビタミンB1	50 —	1.1 mg
ビタミンB2	50 —	1.5 mg
ビタミンC	50 —	200 mg

（日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会、2006）

図1 コンディショニングノート

し、毎日記入させた。内容は、起床時の身体的・心理的コンディション、就寝時の疲労感、練習内容とした。なお、初回配布時に、「自分自身の心と体の状態を把握し、心身共に望ましいコンディション獲得を目指す」というノート記入の目的（JISSスポーツ科学研究部心理学研究室編、2005）を対象者に説明した。ノートは毎月回収し、血液検査結果、食事調査結果とともに、サポート内容の決定や面接を行う際の資料として活用した。

3. サポート内容

すべての測定結果は、対象者および指導者に返却した。なお、対象者に返却する血液検査および体重・体脂肪率

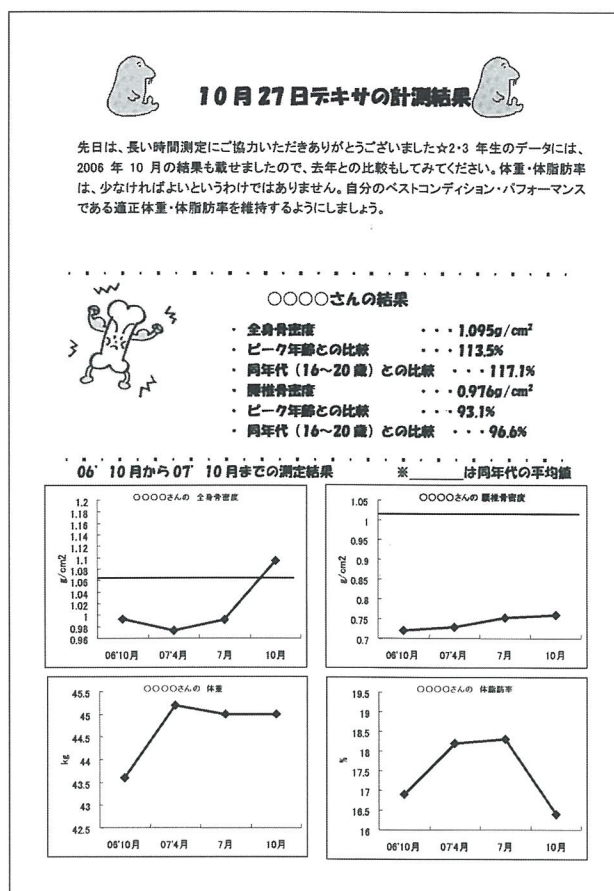


図2 返却プリントの一例

測定の結果は、それぞれ簡潔にまとめたプリント(図2)を作成して返却した。また、栄養指導内容、血液検査結果およびコンディショニングノートを利用し、月に1度面接を実施した。不足栄養素があった場合には、その栄養素の重要性について説明し、含有量の多い食材や調理方法の情報を提供した。その際、対象者の生活サイクルや環境を考慮してアドバイスをを行った。具体的内容として、食が細く、食事量の少ない対象者に対しては栄養補助食品の利用を、昼食を自ら購入している対象者については、食品選択時の組み合わせ方法等を指導した。

前潜在性鉄欠乏状態または潜在性鉄欠乏状態の対象者に対しては、食事調査結果をもとに、不足栄養素の改善策やヘモグロビン合成に必要なたんぱく質、鉄およびビタミンCを積極的に摂取するなどの助言を行った。潜在性鉄欠乏状態の場合は、鉄サプリメントの服用も指示した。また、貧血症状がみられた場合は、指導者に対してトレーニング量の調節などを進言した。

一方、食事やコンディション維持に興味・関心を持つ動機付けとして、ニュースレター(図3)を2ヶ月に1度配布した。内容は、栄養バランスのよい食事や各栄養素の役割についてなどとした。

<研究2>

研究1における対象者の中で、体内鉄栄養状態に問題が頻発し、特別な介入が必要と判断された対象者が2名

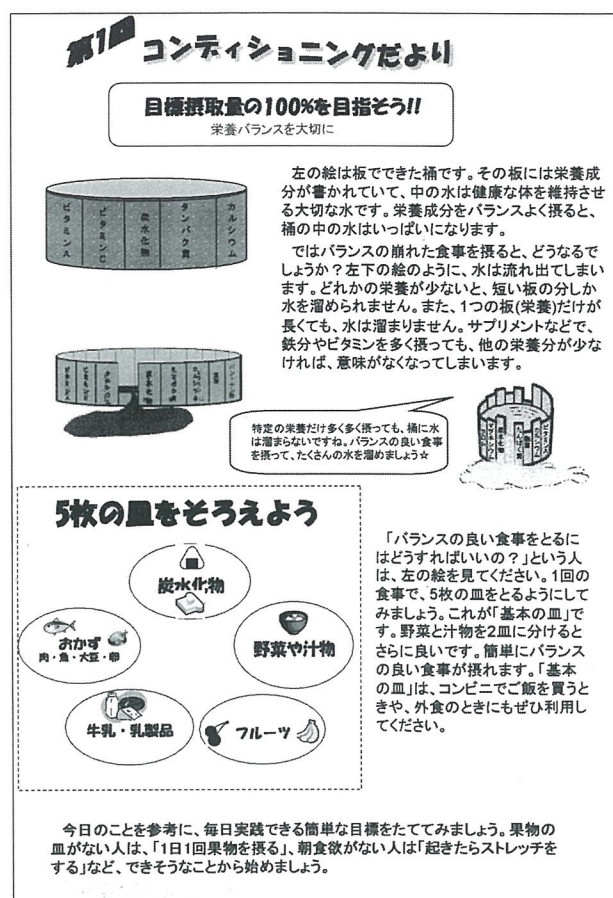


図3 ニュースレターの一例

存在した。研究2では、各対象者に実施したサポート内容およびその効果を、症例として報告する。

4. 統計処理

全ての測定データは平均値±標準偏差で示した。4月を「サポート前」とし、栄養摂取状態および身体特性については、Tukey法による多重比較を行った。なお、統計的有意水準は、いずれの分析においても5%未満とした。

5. 結果

<研究1>

5-1-1 栄養摂取状態

主な栄養素における摂取量を表2に示した。サポート前は、全体的に脂質が適正充足率(75-110%)以上であることが多く、過剰傾向であった。また、炭水化物においても、適正充足率(85-125%)に対し不足している選手が6名存在した。さらに、鉄については5月に食事のみで適正充足率(50-200%)を満たしているにも関わらず、サプリメントを服用している選手が2名認められた。その他の栄養素に関しても、1名の対象者がたんぱく質において、サプリメント摂取による過剰摂取がみられた。

各対象者に応じたサポートを続けた結果、炭水化物に

表2 栄養摂取状態の変化 (n=10)

	サポート前	5月	7月	9月	11月
エネルギー (%)	96.8 ± 18.3	100.8 ± 32.0	92.2 ± 18.3	95.9 ± 15.2	102.5 ± 27.0
(kcal)	1901.2 ± 359.6	1924.3 ± 578.3	1776.8 ± 311.8	1858.5 ± 303.6	1963.0 ± 416.4
たんぱく質 (%)	98.7 ± 20.7	106.5 ± 41.9	92.6 ± 24.0	98.4 ± 16.1	107.1 ± 27.3
(g)	86.9 ± 20.3	89.9 ± 35.2	79.2 ± 18.0	84.1 ± 15.1	90.7 ± 18.5
脂質 (%)	125.9 ± 35.6	128.3 ± 55.4	112.7 ± 29.0	121.3 ± 31.8	128.7 ± 32.0
(g)	62.2 ± 16.9	62.2 ± 23.5	54.4 ± 10.6	59.0 ± 12.8	61.9 ± 11.5
炭水化物 (%)	89.3 ± 26.0	88.7 ± 25.2	84.5 ± 17.9	83.6 ± 13.2	90.7 ± 28.8
(g)	259.2 ± 73.0	250.2 ± 68.2	242.1 ± 47.8	241.8 ± 42.6	258.4 ± 70.0
ビタミンA (%)	63.6 ± 23.1	222.4 ± 235.7	155.1 ± 136.0	122.4 ± 98.7	127.8 ± 77.1
(μg)	831.0 ± 300.6	2890.8 ± 3064.4	2016.8 ± 1767.9	1624.8 ± 1314.2	1511.1 ± 1003.8
ビタミンB1 (%)	185.9 ± 144.2	439.1 ± 553.5	270.6 ± 335.6	256.7 ± 294.3	185.4 ± 147.3
(mg)	2.1 ± 1.6	5.0 ± 6.4	2.6 ± 3.6	2.9 ± 3.2	1.7 ± 1.0
ビタミンB2 (%)	127.1 ± 69.9	374.9 ± 491.0	203.2 ± 273.3	203.6 ± 251.1	172.6 ± 114.5
(mg)	2.1 ± 1.0	5.8 ± 7.3	3.2 ± 4.0	3.3 ± 3.8	2.3 ± 1.0
ビタミンC (%)	128.8 ± 89.1	466.1 ± 615.0	191.1 ± 335.6	191.1 ± 309.6	126.2 ± 123.9
(mg)	256.5 ± 179.4	901.3 ± 1243.7	382.2 ± 671.1	412.1 ± 628.0	177.0 ± 109.2
カルシウム (%)	82.6 ± 39.4	88.3 ± 50.7	85.2 ± 32.5	94 ± 28.8	87.6 ± 30.0
(mg)	719.6 ± 364.1	701.0 ± 352.4	716.4 ± 265.3	731.7 ± 155.3	729.5 ± 197.3
鉄 (%)	194.2 ± 80.7	147.3 ± 112.8	91.3 ± 33.7	80.6 ± 19.8	129.4 ± 120.6
(mg)	15.0 ± 11.5	18.9 ± 15.0	12.8 ± 4.8	11.4 ± 3.2	17.3 ± 14.0

mean±SD

おいては11月に3名の選手が適正範囲内となり、残り3名は4月と比べ摂取量が増加した。一方、脂質では摂取量に変化が認められなかったが、充足率に大きなばらつきのあったサポート前 (88.3–204.7%) と比較すると、11月では全体的に適正範囲に近づき、ばらつきは小さくなった (72.3–175.6%)。さらに、サプリメントの過剰摂取がみられた対象者については、サプリメント摂取量が改善され、適正範囲内となった。

5-1-2 身体特性

身体特性の結果を表3に示す。サポート前、対象者は平均で身長158.5±4.1 cm、体重47.6±4.1 kg、BMI 19.0±1.8 kg/m²、体脂肪率19.2±2.5%であった。サポートを行った結果、体重・BMI・除脂肪体重に有意な変化はなかったが、体脂肪率は4月と比べ、7・10月で有意に減少した。

5-1-3 コンディショニングノートおよび面接

コンディショニングノートに記載されている自己の主観的分析を用いて、対象者における心身の状態を把握した。コンディショニングの把握とともに、体調に関するコメントを資料として、面接で詳細を聞き、具体的アドバイスを行った。

面接を行っていく中で、「すぐに痩せる方法はないか」や「多く食べても太らない食品はないか」などの相談があった。また、体重増加を認識することに抵抗があり、体重・体脂肪率を測定・記入しない対象者がみられた。したがって、対象者の多くは体重の増減を気にしていることがうかがえた。そこで、調理方法や食材選択でカロリーを抑える方法などの情報を、ニューズレターで提示した。また、計画を立てて減量を行うことや、体重・体

表3 身体特性の変化 (n=10)

	サポート前	7月	10月
身長(cm)	158.5 ± 4.1	—	—
体重(kg)	47.6 ± 4.1	46.8 ± 4.1	46.8 ± 4.2
BMI(kg/m ²)	19.0 ± 1.8	18.6 ± 1.7	18.6 ± 1.7
体脂肪率(%)	19.2 ± 2.5	17.9 ± 2.1*	17.8 ± 2.0*
除脂肪体重(kg)	38.4 ± 2.9	38.4 ± 2.7	38.4 ± 2.7

* p<0.05 v.s. サポート前

mean±SD

脂肪率測定の必要性について、面接時に指導した。その結果、適切な体重コントロールを行うようになり、体重・体脂肪率の記入もされるようになった。

<研究2>

5-2-1 食事量の少ない対象者へのサポートについて

(対象者A)

対象者Aは、以前から食が細いために1日の食事摂取量が少なかった。サポート前の食事調査ではエネルギー (1450 kcal) および炭水化物 (202.9 g) が不足しており、7月にはエネルギー、たんぱく質、炭水化物、カルシウム、鉄が充足率を満たしていなかった (エネルギー 1230 kcal, たんぱく質 43.9 g, 脂質 37.5 g, 炭水化物 176.5 g, ビタミンA 691.7 μg, ビタミンB 11.8 mg, ビタミンB 21.9 mg, ビタミンC 257.7 mg, カルシウム 373.6 mg, 鉄 5.1 mg)。また、血液検査でも7月に鉄欠乏性貧血と判断された (血清フェリチン 7.7 ng/mL, 血清鉄 25 μg/dL, ヘモグロビン濃度 11.2 g/dL)。食事量の増加が困難であったことから、9月下旬より栄養補助食品 (大塚製薬社製: カロリーメイトゼリー 1本/日, カロリーメイトドリンク 2本/日) を食事に追加させた。その結果、11月には血液性状に改善がみられた (血清フェリチン 30.3 ng/mL, 血清鉄 73 μg/dL, ヘモグロビン濃度 11.2

g/dL).

5-2-2 貧血症状のみられる対象者へのサポートについて (対象者 B)

対象者 B は毎年夏期に貧血に悩まされており、6 月頃、疲れがとれないという症状があった。不足栄養素はみられなかったが、体内の鉄栄養状態においては、潜在性鉄欠乏状態へと悪化していた(血清フェリチン 11.9 ng/mL, 血清鉄 41 µg/dL, ヘモグロビン濃度 11.9 g/dL)。また、翌月の総ケトン体も 455 µmol/L と正常値 (130 µmol/L 以下) を大きく上回っていた。そこで、1 週間の完全休養をとり、その後軽いジョギングなどを 1 週間行なった。また、食事面に関しては、ヘム鉄を多く含む食品や、鉄吸収を促進するビタミン C 摂取を積極的に摂るよう助言した。その結果、疲労感もなくなり、8 月には体内鉄栄養状態および総ケトン体に改善が認められた(血清フェリチン 25.0 ng/mL, 血清鉄 70 µg/dL, ヘモグロビン濃度 11.9 g/dL, 総ケトン体 41 µmol/L)。なお、8 月に行われた大会では、3000 m の自己記録を更新した。

6. 考察

サポート前に実施した食事調査では、炭水化物の摂取不足がみられた。摂取量が少ない要因として、誤った体重コントロールが考えられる。陸上競技の長距離走は、自分の体重を長い時間移動させる種目であり、男性に比べて体脂肪の多い女性ランナーにとっては、余分な体重・体脂肪量がマイナス要因となる (Pollock et al., 1977; Wells et al., 1981)。そのため、女性ランナーは体重コントロールに強い関心があり、本研究の対象者も、コンディショニングノート内容や面接において、体重の増加を気にかける傾向があった。摂取した炭水化物は主にグリコーゲンとして体内で筋肉や肝臓に貯蔵される。グリコーゲン 1 g に対し、約 3 倍の水分が一緒に蓄えられるため (テイラー, 1980), 炭水化物摂取量を制限すると、短期的に体重は減少する。したがって、対象者は体重を減少させるために、炭水化物摂取を控えた結果、摂取量が不足したものと思われる。しかし、骨格筋のグリコーゲン量に応じて持久力が高まることが証明されており、持久運動における炭水化物の重要性が明らかとなっている (Bergstrom et al., 1967)。また、炭水化物の不足は糖新生を引き起こし、筋たんぱく質を分解してエネルギーをつくりだす (Iwao et al., 1995)。糖新生により筋量が減少するため、体力低下に陥るばかりか、基礎代謝や造血機能を低下させる (Krotkiewski et al., 1990; 鳥居, 2005)。すなわち、炭水化物の重要性を理解せずに、体重の増減に重点を置いた結果、不適切な食事制限を導いたのであろう。体重コントロールや、栄養摂取量に関する問題を解決するために、各対象者の環境条件に合わせてアドバイスをを行った。昼食を自ら購入している対象者には、食

品選択時の組み合わせ方を、通学に時間のかかる対象者には間食の利用などを、具体的に助言した。その結果、適正充足率範囲に近づく変化を示した。

一方、脂質については、サポート前に過剰摂取が認められた。食事調査結果に記載されている食品群の摂取バランスで、肉類のエネルギー過剰摂取がみられた。したがって、肉類を主とした主菜の摂りすぎにより、脂質が過剰摂取になったと考えられる。脂質過剰摂取を解決するためのサポートとして、面接時に調理方法の工夫や、食品購入時の留意点などを助言した。その結果、充足率が適正範囲を大きく外れていた者が適正範囲に近づいたことにより、対象者間のばらつきが少なくなった。また、食生活の改善により、身体特性においても、骨格筋を含む除脂肪体重は維持しながら、体脂肪率のみを減少させることができた。適切な減量とは、除脂肪量を維持しながら、体脂肪量を減少させることである。すなわち、誤った食事観の修正と、実行できる方法を指導することで食習慣が改善され、適切な体重コントロールができたものと思われる。一方、炭水化物・脂質の栄養素については、今後も継続したサポートにより、更なる対象者の意識・食事改善が課題としてあげられる。

また、鉄およびたんぱく質において、サプリメントによって過剰摂取となった対象者が認められた。手軽にサプリメントを購入することができるようになった現在、栄養素の過剰摂取が問題となっている。井本 (2000) は、マラソンランナーにおいて、鉄の過剰摂取が認められたと報告している。さらに、栄養補助食品などの利用による栄養素の過剰摂取も検討する必要があるとされ、第六次改定日本人の栄養所要量では新たに許容上限摂取量が設定された。鉄の過剰摂取は、内臓に負担をかけたり、鉄の吸収率を低下させ、体内を酸化されやすい状態にしたりする (鳥居, 2005)。たんぱく質の過剰摂取においては、体脂肪の増大や、腎臓・肝臓への負担につながる (Ann, 1999)。本研究の対象者は、食事からの栄養摂取量や、栄養素の過剰摂取による健康障害を把握せずに使用していたと考えられる。サプリメントに関する問題を解決するため、サプリメントの役割を理解させ、摂取量を調整するよう指導した。サポートの結果、対象者はサプリメント服用の中止や量の調整を行い、摂取量が改善された。良好なコンディションの維持には、食生活がベースであることを理解させ、食生活の改善に取り組むことが大切である。その一方で、対象者 A のように、食事が必要栄養量を満たせない選手に対して、適切にサプリメントを用いることの有用性が示された。したがって、サプリメントは「食事を補助するもの」であることを再確認し、適切な食事選択ができる能力の獲得が重要と示唆される。

また、対象者 B においては、貧血症状の早期発見・対処により、コンディションを維持することができた。

貧血症状がみられた場合、適切な栄養摂取に加え、休養またはトレーニング量の調整が必要となる。したがって、各対象者の栄養摂取状態、トレーニング状況を考慮して早期にサポートを行うことが、体内鉄栄養状態の改善に有用と考えられる。

7. 結語

良好なコンディションの維持には、適切な栄養摂取が重要である。近年では、栄養摂取を重視する実業団チームが増加しており、専任管理栄養士による献立の作成や栄養指導を行っている。しかし、学生選手は専任管理栄養士を持つことが難しいため、自分自身が毎日の食事が大切であることを意識し、実践する自己管理能力を高めることが必要である。特にジュニア選手は発育発達期のため、トレーニング、食事、休養をバランスよく取り入れた生活が重要となる。本研究では、食事提供は行わず、自分自身および保護者として栄養バランスのよい食事が実践できるようサポートを行った結果、良好なコンディションを維持した。したがって、自己管理能力を育成する一助になったといえよう。栄養摂取やコンディションを調整する能力の獲得は、競技パフォーマンス向上のみならず、将来の健康で豊かな生活につながると考えられる。今後、ジュニア選手の健康管理および自己管理能力育成のために、継続的な栄養・健康状態の評価およびサポートの普及が望まれる。

文献

- Ann, C. Snyder (1999) エクササイズと食事の最新知識。有限会社ナップ：東京, 27.
- Bergstrom, J., Hermansen, L., Hultman, E. and Saltin, B (1967) Diet muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand*, 71 : 140-150.
- Gabel, K.A. (2006) Special nutritional concerns for the female athlete. *Curr.Sports.Med.Rep*, 5 (4) : 187-91.
- Gardner, G.W., Edgerton, V.R., Senewiratne, B., Barnard, R.J. and Chira, Y. (1977) Physical work capacity and metabolic stress in subjects with iron deficiency anemia. *Am.J.Clin.Nutr*, 30 (6) : 910-917.
- 井本岳秋 (2000) 陸上競技のサイエンス マラソン. 月刊陸上競技 34 (3) : 134-138.
- 石崎朔子 (1998) スポーツ栄養の実際. 臨床スポーツ医学, 13 : 327-332.
- Iwao S., Fujii T., Nagai M., Mori K. and Sato Y. (1995) Effects of rapid weight reduction on protein metabolism in boxers. *J J Phys.Fitness Sports Med*, 44 : 513-518.
- Jeane, F. N., Mitchell, J.R., Mandra, J.L., Ming, J. and Hava, S.B. (2006) Prevalence of the female athlete triad syndrome among high school athletes. *Arch. Pediatr.Adolesc.Med*, 160 : 137-142.
- 唐津美佳, 鶴江 学, 竹並 健, 菊池みゆき, 若林寿雄, 鈴木由紀子, 渡辺正一 (2006) 「ルミパルスプレスト II」を用いた「ルミパルスプレストフェリチン」測定試薬の基本性能および基準値の検討. 機器・試薬, 29 (5) : 493-497.
- 河合美香 (2002) 栄養サポートの実際. 日本栄養・食糧学会誌, 55 (6) : 361-365.
- 河野一郎 (1989) 女子スポーツ選手の貧血の状況. 臨床スポーツ医学, 6 (5) : 489-492.
- 小林修平 (1989) 栄養摂取状況からみたスポーツ選手の貧血. 臨床スポーツ医学, 6 (5) : 483-492.
- 国立スポーツ科学センター心理学研究室編 (2004) コンディショニングノート 第二版.
- 国立スポーツ科学センタースポーツ科学研究部心理学研究室編 (2005) アスリートのためのメンタルトレーニングガイド.
- 小清水孝子 (2003) 貧血と運動 栄養面からのアプローチ. *Sportsmedicine*, 53 : 16-21.
- Krotkiewski, M., Grimby, G., Holm, G. and Szczepanik, J. (1990) Increased muscle dynamic endurance associated with weight reduction on a very-low-calorie diet. *Am. J. Clin.Nutr*, 51 : 321-330.
- Lemon, P.W.R. and Mullin, J.P (1980) Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J.Appl.Physiol*, 48 : 624-629.
- 溝口秀昭 (2001) 必携血液内科診療ハンドブック. 南江堂：東京, pp.246-251.
- 日本学校保健会編 (1983) 健康障害児の運動指導. 第一法規出版：東京.
- 日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会 (2006) アスリートのための栄養食事ガイド.
- Pollock, M.L., Gettman, L.R., Jackson, A., Linnerud, A.C. and Ward, A. (1977) Body composition of elite class distance runner. *Ann.NY.Acad.Sci*, 301 : 361-370.
- 鈴木亜矢子, 宮内 愛, 服部イク, 江上いすず, 若井建志, 玉腰暁子, 安藤昌彦, 中山登志子, 大野良之, 川村 孝 (2002) 写真法による食事調査の観察者間の一致性および妥当性の検討. 日本公衆衛生雑誌, 49 : 749-758.
- テイラー, T.G. (1980) 人間の栄養学. 朝倉書店：東京, 12-20.
- 鳥居 俊 (2005) フィーメールアスリートバイブル. 有限会社ナップ：東京, 111-142.
- Wells, C.L., Hecht, L.H. and Krahenbuhl, G. (1981) Physical characteristics and oxygen utilization of male and female marathon runners. *Res.Q.Exerc.Sport*, 52 : 281-285.

【陸上―流選手を育てる科学サポート】

小林 寛道（東京大学名誉教授）

東京で世界陸上競技選手権大会が開催された1991年当時、日本陸上競技連盟では1988年ソウルオリンピックの成績不振からの再生のため、強化と直接結びつけた科学研究をしようと強化本部の中に科学部を置き、その後、科学委員会を組織しました。この世界選手権を契機にマラソンだけでなくトラック&フィールドでも世界に通用する選手を育てたいと、総勢79名の動作解析チームを組み、世界のトップ選手の分析をし、その成果をビデオ10巻と報告書にまとめ日本の陸上競技会に大きなインパクトを与えました。しかし、大会時にデータに一番に興味を示したのは外国の記者で、日本記者の興味は薄くこれが日本におけるスポーツに対する社会的認識であることを感じました。

そこで、今回は「陸上―流選手を育てる科学的サポート」というテーマですが、科学的サポートに限らず、これからの時代に非常に重要な役割を担うスポーツの考え方についても提言したいと思います。

1980年代までは「スポーツ科学は競技力向上に役に立たない」というのが定説でした。当時のスポーツ科学は運動生理学が中心で、研究室で行われる実験研究的な研究がほとんどで、実際のフィールドでの研究をするといった考え方はなかったため、現場と密接になったスポーツ科学ではなかった。JOCの中でも「スポーツ科学はあまり役立たないから、セクションをきろう、予算を縮小しよう」という時代でした。そこに、1991年の世界陸上東京大会でバイオメカニクスチームが一流競技者の分析をし、成果として出したことで、「スポーツ科学は競技力向上に有効だ」というコンセンサスが得られました。これが国立スポーツ科学センターを設立する上でも非常に原動力にもなりました。さらに世間が、あるいはテレビ局、雑誌などがバックアップしてくれるようになりました。

そのスポーツ科学の構成要素である環境生理学、運動生理学といった主に体力のトレーニングの分野、それからスポーツ栄養学、スポーツ心理学、スポーツ医科学といった分野はこの10年から15年の間に飛躍的に発展しました。これらの研究は、トレーニング法の工夫の発展に集約されます。アウトプットを中心に考えていたこれまでのトレーニングだけではなく、インプット、すなわちエネルギーを取り入れてそれをアウトプットすることを考えたり、コンディショニングについても考える必要があります。今回の大阪世界陸上での日本選手は、コン

ディショニングに失敗していると感じましたが、これはスポーツのサポート体制の中でコンディショニングに関する知識や工夫が足りなかったためではないでしょうか。スポーツでは、バイオメカニクスだけ、心理学だけ、栄養学だけではなく、それらの総合力を反映したものが影響するので、失敗したのは、総合力のどこかの部分が足りなかったためと捉えることができます。ところが、スポーツ科学では、概して自分の専門分野に偏りがちになるため、幅広い視野を持って総括的にものを考え、総合的な視点を持つことも必要で、これがスポーツの世界では非常に重要な意味を持ちます。

ここで、主にトレーニングのターゲットになる筋肉の変遷について示すと、1960年代から1970年代は、速く走るためには、もも上げに必要な大腿直筋と、地面をけるのに必要な腓腹筋を鍛えることが必要と考えられていました。その後の1988年から1998年の10年間は、全天候トラックで走るには屈曲系のキックの動きよりも、上手に脚を回転させて走ることが有利で、ハムストリングスが大事だと考えられました。その次に、シドニーオリンピックあたりから、膝の屈曲・伸展よりも股関節、脚全体を速く動かすことが必要だとわかり、もっと体の深いところの筋肉を鍛えることが大事だと指摘されるようになり、ここで日本の陸上界が脱皮しました。究極的には体の深いところの筋肉、体幹部、胴体部の筋肉を鍛えなくてはいけないということで、すでにコンセンサスが得られていますが、さらに、2010年代になり、これからまだまだ日進月歩でいろいろな工夫がなされるでしょう。

そうすると、次の時代はもっとトレーニングの方法に対して工夫が必要になります。簡単に言うと、神経系と協調したボディー・インナーマッスル・トレーニングが近未来のトレーニングの形態になるはずですが、今までは筋肉をトレーニングすることが中心でしたが、そこに、神経系・脳神経系と協調したボディー・インナーマッスル・トレーニングという考え方を入れていく必要があります。インナーマッスルは、整形外科の人は肩の後ろの筋肉のことを言いますが、ボディー・インナーマッスルは、造語です。例えば、大腰筋・腸骨筋といった骨盤の上の腰椎と脚を結ぶ骨盤の中にある非常に太い筋肉がすごく有効だという認識が、MRI写真などが出てきたことで、急速に高まりました。さらに、大腰筋や腸骨筋以外にも、脊柱起立筋、その他骨盤の中には50くらいあ

る筋肉の一つひとつの役割というのが非常に重要な意味を持っています。実際に、大腰筋は、胴体の8分の1くらいを占める大きな筋肉で、こういう部分を使った運動では、大きなパワーを発揮することになるので、今はここをターゲットにした議論が進んでいます。同時に、股関節から大腿部の他の筋を見ると、内転筋が約半分を占めています。内転筋は、昔から注目されてはいましたが、ハムストリングスから大腰筋の時代になり、次は内転筋と中殿筋辺りに非常に注目がいくのではないのでしょうか。外国の選手と日本人の臀部の形を比べると、外国選手は中殿筋が発達した形をしており、骨盤の中から発揮される非常に大きなパワーというものが、内転筋・中殿筋と非常に密接に関係してきているのだと思う。もう一つの大きなターゲットは、上体の力。胸の筋肉の付き方が日本人と外国人とは違いますが、日本人は、まだ上体のトレーニングの仕方というのがうまくわかっていないのかもしれない。

そして、今までの筋肉や心臓などのパーツを鍛えるトレーニングの時代から、体を上手に動かしたり、試合の場面でいろいろなことを判断しながら自分の体をコントロールするという頭をものすごく使う脳を中枢とした総合的身体機能、運動機能のトレーニングの時代になってきていることをよく理解しておかなくてはなりません。

脳というのは総合的認知動作を含めたスポーツトレーニングの必要性ということで、「QOM (Quality of Motion) : クオリティー・オブ・モーション」, 昔から言われている「動きづくり」, その動きの質を向上させるという概念があります。体幹深部筋の強化と運動に対する脳のかかわりを重視し、そして、基礎的、生活行動的、スポーツ適応的体力の向上を図ることが必要です。スポーツの場面だけで発揮するということはあまりなく、普段の生活の中から積み上げたというものが非常に大事なのだということが徐々に見えてきています。そこで、選手の育成の基本的コンセプトとして、能力と人間性を育てるということを考えています。スポーツだけを教えていたのでは、本番のときに勝てない。勝負、あるいは、そのときの判断、全体の組み立ての中でのタクティクス、コンディショニングを決定するのに、最終的には人間性というものとすごく関連しているというふうに考えざるを得ない場面がずいぶん出てきています。

科学的なサポートというのは、主にその動きづくりであるとか、パワーとかスタミナづくりが中心で、認知力とか勇気、根気、集中力、判断力といったものに対する科学的サポートというのは、まだまだ非常に初期的段階に過ぎないというふうに考えられますので、認知、精神、心理、あるいは脳の働きを含めた部分での科学的なサポート、あるいはそれに対する研究の推進がより求められます。

昔は、「研究をするためにはあいまいな部分があって

はいけないので、あいまいな部分を全部排除して、きちっとした条件を付けて、ちゃんと再現ができる条件の中で研究しなさい」という指導を受けましたが、それでは実際に即したスポーツの場面というのは研究が成り立たないと考えています。混とんとした、ありとあらゆる何でもあるの世界の中で勝ち抜いていくためには、人間に備わったいろいろな能力を多角度から育てていかなければいけません。そういうときに、逃げたり、「それは科学的ではない」と言って否定したりせず、むしろ積極果敢に取り組んでいくという姿勢が、スポーツを科学していくときには大事だと考えています。

「スポーツを通じての人間力の育成」とは、競技力の向上、それから競技力の発揮、もう一つは競技力の維持という部分もあります。今までは競技力の向上や競技力の発揮ということがサポートの中心でしたが、最近、選手で活動する期間も長く取れるようになったので、どうしたらその競技力の維持を図れるかというのが非常に重要な研究のテーマ、サポートのテーマになっていると思います。また、本番でピークを発揮することは非常に難しい。特にベテランになればなるほど難しい条件が出てくるので、このあたりのサポートあるいは研究はこれからやらなければいけない部分だと思います。最後にこういったものを支えるのは、人間性とか人間力だと考えています。人間性ができていないと選手としても長続きしない傾向にあります。「基本的には人間を育てる」あるいは「人間をサポートする」というのがベースになるような考え方をしていく必要があります。

「スポーツ選手を育てる総合的視点」ですが、いま学校教育の中では、スポーツの競技性を否定するようなかたちで体育科教育が行われている場合があります。体育科教育での教育性、学校での体育の在り方として、競技性とは反する、あるいは競技性を否定するようなかたちで教育が行われています。一方では、競技性を高めたいと中学、高校、大学、スポーツクラブ等々でいろいろな活動が行われ、体を通してあるいは体を使った教育も行われていて、特に子どもに対しては、非常にお互いに矛盾した教育が日本の社会では随所に行われています。教育の二重性・離反性が存在することは非常に大きな問題があり、総合的スポーツ教育の視点というものを、我々日本人はしっかり持つべきではないかというふうに考えています。

一方では体育教師でスポーツ性を否定するような人もいるし、逆にスポーツ性を強調しすぎて他のことに対して反発したりするような人もいます。指導をする視点というものがしっかりしていないというのが現状としてあるわけです。実はこの点が日本のスポーツ界を支える上で問題となります。なぜかという、スポーツをする側に、スポーツが嫌いだからまったく何もしないというかたちができてきます。ですから、総合的スポーツ教育の

視点というものを形成していくことが必要だというふうに考えています。では、誰が総合的スポーツ教育の視点を持つ主体者となるのでしょうか。文部科学省のスポーツ・青少年局、日本体育協会や地区体育協会、学校や教育委員会、総合大型スポーツクラブ、それとも日本陸上競技連盟、サッカー協会でしょうか、すべてはてなです。つまり、この主体者の不在が日本の現状です。この状況でスポーツの選手を強化することは、社会的な矛盾を抱えながらスポーツをしているということになり、うまくやり方とは言えません。諸外国の状況を調べてみました。今回の世界陸上で大変活躍しているロシアの選手について見てみましょう。ソビエト連邦は崩壊しましたが、ロシアの中に培われたスポーツに対する指導理念はしっかりしています。非常に綿密なスポーツ科学、あるいはコンディショニング、あるいはトレーニングのピーキング、あるいはピリオダイゼーションは、ほとんどがロシアのスポーツ科学から来ています。スポーツに対する考え方、スポーツに対する社会的位置付けも非常に強いです。我々スポーツにかかわる立場にある人間は、日本の中でスポーツというものをどう総合的に位置付けるかということをし、しっかり自信を持って発言をしていかなければいけません。どうしても、スポーツに対して反発する世論もあります。日常的にスポーツ指導員たちの理念ということを冷静に考えてみますと、日本の場合は脆弱なのです。その脆弱さをバックアップするスポーツ振興法という法律ができ、スポーツ振興基本計画で、国の方針として「スポーツを振興させましょう」ということになりました。これで、JOC、日本体育協会、あるいは日本スポーツ振興センターが機能し、日本スポーツ振興センターが重要な役割を今後果たしていく可能性があると思っています。

自治体の方針としては、基本的には国体を目標とした施策であるので、国体を外すと行政としてはまとまりにくいという部分があります。日本の一流選手のサポート組織としては、文部科学省に加え、ナショナルトレーニングセンター、国立スポーツ科学センターがあります。この組織は日本スポーツ振興センターがかかわっています。しかし、実際には日本オリンピック委員会からの推薦、あるいは各競技団体からの推薦、強化指定選手以外はうまく利用することができない組織になっているため、一流になれば利用できるが、それ以外はうまく利用することができません。それでは、本当の選手が育たないのではないかとということが一方では考えられます。

日本陸上競技連盟の場合には、科学委員会での活動が評価されて注目された時代がありました。実際の活動は、人のつながりが科学サポートをする研究者集団を形成しているというのが現状で、人のつながりが消えれば研究者集団も消滅する不安定な組織です。そこに切り札として出てくるのは、大学を核にした地域連携とスポーツ総合教育組織をつくり、日本各地に大学と連携したスポー

ツ総合教育サポートシステムを持ったネットワークを形成するという考え方です。個人の努力だけに頼らず、もっと組織化、ネットワーク化を図っていくことが必要だと考えています。大学のスポーツへの積極関与、大学施設の関与と研究者の存在が必要です。スポーツ科学は日進月歩ですから、現場の人たちだけがいくら勉強しても絶対に追いつきません。研究・開発の中心である大学あるいは研究者の存在と、地域、社会あるいは子どもたちや選手が育っていく土壌とのしっかりしたパイプをつくっていくということが、実は日本のスポーツを支える最も重要な切り札・核になるのです。真ん中に「大学の英知」があり、その大学と関連したプロフェッショナルスポーツ集団の育成が、後々のためにも、選手のためにも、社会のためにも、良い関係をつくり得るという考えです。これからは大学が核になるべきだと考えています。そこで、科学サポートの概念としては、スポーツ選手を育てる総合的視野に立った主体的組織をつくる必要があります。産学官連携の組織としてスポーツ選手育成サポート機関の必要性があり、スポーツ組織の改変や新しいアイデアの組織構築が必要です。

非常に進んだ大学では、すでに子どもたち、あるいはOBのためのスポーツクラブを組織し、それを地域スポーツクラブとしてサポートしながら、より大きなネットワークをつくるという芽は出ています。これをよりネットワーク化して大きく育てていくことによって、様々な子どもたちのスポーツ形成の在り方、スポーツ選手の育て方についての新しい視点が開けるのではないかと考えています。大学の地域社会とのかかわりは非常に重要で、その第1段階は、子どもの体力向上事業への大学の関与です。子どもの体育低下が問題になっていますが、こういう子どもが大人になって良いスポーツ選手になるとは考えられません。こういった幅広い底辺の第1段階です。第2段階はスポーツ普及への大学の関与、第3段階はハイレベルなスポーツ選手の育成と医科学サポート、こういう体制をつくっていくことが必要でしょう。

その試みとして、文部科学省が子どもの体力向上実践事業として平成16年度から18年度の3年間、全国42地域を指定して体力調査、生活実態調査等々を毎年実施し、子どもの体力向上実践協議会を設置して、子どもの体力向上実践事業全国連絡会議を年に1・2回行いました。子ども体力向上実践協議会の委員長をつとめました。初めて文部科学省が子どもの体力低下の問題に対して国家予算5億円を使った事業です。取り組みの内容は、家庭、学校、地域社会の密接な連携と、地域の実情に応じた数値目標の設定や実践活動の実施、実践プログラムに取り組んだ実践校、実際に取り組んだ発表などです。この全国からの募集に対し、必ず大学の研究者と連携してプロジェクトを受けることを条件としました。そして、調査対象は小学校1年生から6年生です。結局、29,000

人が実践校で、協力校が25,000人で、保護者が53,000人、教員が2,100人という規模で、こうして子どもの行動を運動習慣、遊び、生活習慣について調査し、第1効果として体力向上・健康増進、第2効果としていろいろな意欲、そしてその後の学力向上を含む波及効果について調べました。保護者に対しては、保護者の影響、関与度、保護者の教え、教育だと教員の影響について取り上げて、まず子どものライフスキルの獲得を目指しました。スポーツの選手をつくる前に、まず子どもの、一番ベースになるところをきちんとする必要があります。そして、第1次効果としては体力向上と健康増進です。肥満、欠席、保健室の利用といったことです。そして、第2次効果として、意欲、心の健康、自立心、忍耐力、やる気、集中力、対人関係、第3の波及効果として、新たな影響として学力の向上、問題行動の減少、社会的行動の増加、ボランティアに参加するといったことです。

次に、行動習慣化の分析では、運動時間・運動機会といった運動習慣と、朝食の有無、就寝時間、テレビを見る時間といった生活習慣に分けています。運動することによって、良い運動習慣をつくると生活習慣も良くなる、そして行動の習慣化も良くなるという良い結果が出ています。第2次効果の分析の対象として、意欲に注目し、内発的意欲、運動欲求、心の健康、そして、勉強や難しいことに取り組む意欲について指標化しました。そして、体力向上の要因は、生活習慣の向上の影響が大きいということがわかりました。そして実践校では、低い体力水準の子どもの体力が向上しました。体力が低い子たちは、運動やスポーツに対する関心も非常に低いが、そういう子はどんどん増えています。やはり子どものときから「スポーツが好きだ」「スポーツというのはいいね」という意識を教育していかななくてはいけないと考えています。スポーツ科学に対して、否定的な意見も出てきましたが、それは当時の教育が良くなかったからで、良い時代を迎えているこれからは、まず底辺から味方を増やしていかななくてはなりません。

実際は、体力向上の実践に伴って欠席者数は減少しました。運動習慣や生活習慣が向上して体力が向上するとともに健康状態が改善され、病気、けが、心の健康状態などの学校を欠席する要因が減少し、結果的には、学校全体が非常に良くなっています。そして、平日の運動時間が大きく向上した地域が見られたり、運動機会、時間、空間、仲間の3つの空間が充実した、保護者との連携によって生活習慣が充実した、体力向上のプログラムの実践で運動意欲が向上したといった結果も見られました。子どもというのは自然発育の部分とトレーニングをして発達する部分とがあり、放っておいたのでは絶対にだめだという認識で、良い運動習慣をつけるというのが一番大事なのです。

今まで教育の現場では、トレーニングは敬遠されてき

た概念です。体育の先生は、体を動かして活動する喜び、爽快感、気持ちの良い疲労、病気の克服といった健康増進トレーニングのある程度の再構築をして、積極的に推進していく必要があるだろうと考えています。もう一つ非常に大きな問題は、体を動かさないと脳の活力低下が起こり、体力の評価と意欲、気力、根気、集中力の評価が非常にパラレルな関係にあるということを実証することができました。新体力テストと態度・意欲は非常に連関しています。それから生活実態調査との関係なのです。例えば握力は、男子だと45 kg あるが、体力のない子どもたちは20 kg くらいしかない。この状況中からスポーツ選手を育てるとなると、その候補者はほんの一部しかない。やはりある程度底上げを考えなければうまくいかないでしょう。内発的意欲については、体力評価の高い子は非常に高いが、体力の低い子の内発的意欲が低いのです。この傾向は、スポーツ活動の楽しさについてもまったく同じです。ソーシャルサポート、社会性についても同様です。こうして10,000人くらいの調査をしてみると、非常に簡単な構図として、体力水準が高いと意欲の水準も高いという相関があるのです。

結局は、皆を運動好きにさせるというのが非常に大事で、今日のテーマは「陸上一流選手を育てる科学サポート」でしたが、小手先のサポートではだめで、もっと日本の国の根本のところから我々が意見を発しながら、社会的なサポート体制をつくっていくというのがやはり一番大事だと考えています。きちんとした組織をつくり、社会の中、スポーツの選手を支援する体制をつくり、そして、その中に選手が本当に一流に育ってくるという、こうして初めて日本のスポーツというのが根に付いたものになってくると思うのです。根本的には社会的なコンセンサス、スポーツに対するレベルを上げるというのは非常に大事で、それには大学が核にならざるを得ないということを結論にしてお話を終わらせていただきたいと思います。

《基調講演講師プロフィール》

小林 寛道（こばやし かんどう）

1943年生まれ

東京大学名誉教授

東京大学大学院修了、教育学博士

1989年～2003年（財）日本陸上競技連盟強化本部委員、科学部長および科学委員長として、競技力向上のためのスポーツ科学を発展させた。

現在は、「東京大学生涯スポーツ健康科学研究センター」名誉センター長（客員教授）として、子どもから高齢者を含めたスポーツの発展・普及活動を継続している。

【日本一流短距離選手の特徴】

パネリスト

トム・テレツ（ヒューストン大学陸上競技部名誉監督）

伊藤 章（大阪体育大学体育学部スポーツ科学研究科教授）

コーディネーター

杉田 正明（三重大学教育学部保健体育科准教授）

〈短距離のコーチング〉

杉田 トム・テレツさんはカール・ルイスを初めとする短距離の名選手を数多く指導されてきました。日本の短距離選手も数多く指導されていまして、最近では日本ジュニアの指導を5年間ほどされています。伊藤章先生は1991年の世界陸上でカール・ルイスやリロイ・バレルの動作を分析して、いわゆる短距離革命のきっかけを作られた先生で、その後も国内外の短距離選手各選手の動作分析の結果を集積されておられます。

今日は、トム・テレツさんには短距離のコーチングの話、伊藤章先生には動作分析の結果に基づく短距離の選手がどうすれば速く走れるかというお話をしていただきます。

トム・テレツ 私はこの50年間にわたり日本のスプリンターをたくさん見てきました。最近では、若手の選手を見ています。その中で、日本のコーチングの哲学が私どもと違うという点を発見いたしました。本日は、この点についてお話ししようと思っております。

アメリカでは短距離走は自然なものと考えていますから、日本でやられたように分析するということはされてきませんでした。ただ、自然に速く走っているということに対して、より自然に走っているとか、正確性を強調するということはしていません。それは、子供に対しても同じことが言えます。子供であっても大人と違いはございません。

100m走は各部分に分けることができます。最初の1%がリアクションタイム、5%がブロッククリアランス、64%が加速に当てられ、18%がその速度の維持、最後の12%が失速局面です。最初の1%に当たる反応時間は、すべての選手が同じような反応を見せますので、この1%はそれほど重要ではありません。次のブロッククリアランスの5%の部分は次の加速の64%にどのように関わるかという点で大変重要です。最高スピードの維持は1秒か2秒ほどしかできません。残りの11%ではいかに少なく速度を落とすかということがカギになります。

このレースのモデルで最も重要な部分は、加速する64%です。念のために言っておきますが、このモデルは私

が考えついたものではありません。多くの研究の末にこのモデルがあるわけです。私のコーチングの哲学というのはこのモデルに基づいております。

まず、その64%の部分を見てください。最高速度に60mから70mで到達することが理想的です。ですから、これは大変重要なことなのです。ブロッククリアランスして出てからここまで到達するまでというのは、大変長い距離になります。

日本のコーチは、いかに速く最高速度に到達するかということを考えているかと思います。ですから、通常60m辺りではなく、もっといかに速く、最大速度に到達するかということに重点を置いているように思います。ですから、日本の選手たちはその結果として50m付近で既に最大のスピードに到達します。ですから、持っている力を60mの間で使っているのではなく、既に50mのところで分散させているわけです。その最大加速を保てるのは1秒か2秒なわけですから、それから後は失速していくわけです。この日本が使っているモデルのために最初の立ち上がりは大変素晴らしいものがあるのかかわらず、だんだん失速していった最後には遅くなってしまい、何人かに抜かれてしまうということになっているのです。

私が考えたスタートの哲学の一番上にあるのは、カール・ルイス選手のモデルです。しかし、日本の若いアスリートの方たちがヒューストンに来たとき、ブロックの間を狭くする形を目指しておられる方が多かったです。ブロックを狭くすることによって前傾姿勢になります。姿勢を低くすることで、速くスタートすることができますけれども、垂直方向の力ももちろん加わります。私が感じることは、日本の選手はスタートのポジションが的確でないということです。前傾姿勢になっているために、あまりにも速く加速しようということに注意点が置かれているということです。

質問 日本の選手は前後のブロックを並べてしまっているということですか。

トム・テレツ 自分の足の力で真下に力を入れないと進めないわけですが、それよりももっと低い前傾姿勢でスタートした場合は、地面を真下にけることなく走り出します。

(DVDを見せながら)ブロックに対して前脚は90°です。重心のほうが大変これは高くなっており、後ろ足は130°から135°になっています。前足は、前傾ではなく、直線的に踏み込みます。そして、自然な形で前傾します。地面が足を踏み、地面が足を助けてスタートするというようなイメージです。前傾はおおよそ45°になっています。これがほぼ理想的な形です。

重心の真下に足がいつも着くことになります。身体より前方向に行くことはありません。

地面と約90°の角度で下に足が着くことになります。これとは反対に、日本の選手は足を前に出そうという傾向が見られます。これを見てください。いつも必ず押しています。地面に対して押しています。日本人の方がやられることを、今お見せします。足を前に伸ばすことによって、腰の回転が止まってしまう。力というのは下にあるべきであって、前のほうに重点を置くことではないのです。足を前にすることによって、失速してしまいます。素晴らしい日本人の方の筋線維のほうを有効利用していないということになるのです。足先が地面について、かかとが上がっているときに、自然に伸長反射が起こりますが、これは、自然なことです。足先が着いて、かかとが上がって伸長反射が起こるのです。

日本の方に覚えておいていただきたいのは、45°の角度でスタートすること。また、足は体より前に出すのではなくて、必ず体の真下に着地して前へ進むといいです。

日本で一番速いと言われているのは末續慎吾さん、200mの選手ですけれども、彼は自然にこのことをしています。ですから、彼は速いのです。彼がやっていることは、すべて素晴らしいです。彼が日本で一番速いと言われているのはこのやり方でやっているからです。彼がより速く走りたければ、この方法をもっと練習すれば速くなると思います。

杉田 トム・テレツさんのお話をとりあえずここで終了させていただきます。ありがとうございました。それでは今度は、研究者の立場から伊藤先生に日本の一流短距離選手の特徴について、お話をいただきたいと思います。
トム・テレツ ありがとう。(拍手)

〈動作分析の結果〉

伊藤 研究者の立場と紹介を受けましたが、私は一応コーチもしてまして、両方の立場です。

今日の話題ですが、一つ目はかつて日本が得意だったスタートダッシュをもう1回取り戻そう、そのためにはどうしたらいいかということのを少し考えてみたいということで、スタートダッシュにおけるピッチとストライド、それと歩隔です。もう一つは、今回の世界陸上の100mのレースを分析したもので、朝原選手が一番いいタイムを出した100mの1次予選とタイソン・ゲイ選手の決

勝レースを対象としました。

最初にスタートダッシュです。これは、3つのグループに分けてあるのですが、スタートと中間疾走の速度の変化を示したものです。このデータは、実は前回の大会、ヘルシンキの世界陸上のときのデータです。日本人の選手は、今年行われました日本選手権のデータです。日本選手と世界のトップのストライドの変化を見ました。世界のトップは、スタートの1歩目、2歩目、そこから常に大きなストライドで走っています。それに対して日本は世界のトップに比べて速いピッチでスタートしています。日本の場合はスタートの最初で比較的速いピッチ、そして中間疾走ではピッチがちょっと落ちるという傾向が見られますが、世界のトップはスタートではピッチが遅く、徐々に速くなっていった最高速度で一番速いピッチを出すという傾向にあります。

日本でよく聞くコーチングは、スタートでピッチを速くするというもので、1歩目を大きく出ろという指導はあまり見かけないと思います。実際、日本選手権で見た日本選手のストライドとピッチの傾向は日本の指導システムを反映したものだと思います。それに対して世界では、スタートではピッチを比較的抑えて、大きなストライドで出ていくという傾向があります。その辺をまた私たちは少し考えてみる必要があるかもしれないと思っています。

もう一つ、歩隔というものです。1歩目、2歩目、3歩目と左右に足を開いたつき方、これを歩隔というのです。一般的に「真っすぐ足を出しなさい」という指導が日本では多いように思います。しかし、スタートの最初には大きな歩隔が保たれ、1歩目、2歩目は大体40cmくらいの幅です。そして、歩数が進むに従って減っていき中間疾走では、17cmくらいの歩隔となります。日本選手は世界の選手と異なっていて、狭い歩隔でスタートしております。この辺も、もう一度考えてみる必要があると

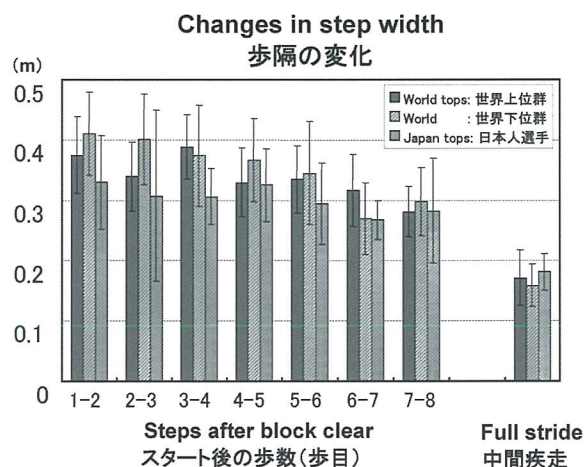


図1

思います。また、中間疾走でよく一直線上を走るような指導をされる場合がありますが、世界の一流選手が17cm程度の歩隔で走っているということを認識して、そのような指導は控えるということも考えるべきだろうと思います。

次は朝原選手とゲイ選手の中間疾走の比較です。朝原選手とゲイ選手と比較しますと、ストライドには差がありませんが、朝原選手はピッチが遅いため最高速度の差が生じています。ゲイ選手の身長は181cmで、朝原選手は179cmですから身長差はありません。同じ程度の身長でありながら、朝原選手はピッチが遅いことがわかりました。理由は以下のようなと思われます。ゲイ選手のもも上げは小さくももが上がっていません。朝原選手は、この測定した全選手の中で一番上がっていました。そして、ももを上げる前の引き付けですが、この最小角度を見ますとゲイ選手は膝をあまり折たたんでいないことがわかります。朝原選手は、逆に深く折りたたみます。今度は、その後先ほどテレッツさんが言ったようにどれだけ足を振り出しているかを見ましたが、朝原選手は大きく、ゲイ選手は小さいことがわかります。つまり、朝原選手はけり終わった足を大げさに動かしていくためピッチを落としてしまったのではないと思いました。

朝原選手のこの動作は中学、高校、大学と進む間に教わってきた指導に従ったものだと思います。今はその指導法も変わってきてはいると思いますが、ここが改善されたら良かったかなというふうには思います。

皆さんも実際ゲイ選手たちのレースを見て感じたと思うのですが、足を引きずって走りますよね。つまり、ももを上げて膝を折りたたむというようなことをやっていたらピッチが速くならないです。私たち日本人は「大きく動かせ」と言いすぎていたのではないかというふうに思っております。

キック中に大腿を後ろに動かすスピードは、速い選手

ほど速い傾向が出ました。そして、速い選手ほど膝を伸ばすスピードが遅い。ゲイ選手と朝原選手の比較ですが、ゲイ選手のほうが大腿を後ろに動かすスピードは速い。そして、朝原選手は膝を伸ばすスピードがゲイ選手よりもあります。膝を伸ばすと、これは前に進みにくくなります。

テレッツさんはランディング・ディスタンスのことを言っておられましたが、私どもの研究では、ゲイ選手、朝原選手、私の大学の学生選手もほぼ同じで、速い選手も遅い選手も違いがないということがわかりました。ですから、テレッツさんとはちょっと異なりますが、足を着く位置を体の真下にということは、何か感覚的には合っているのかもしれませんが、実際は速い選手、遅い選手に違いはないということです。

杉田 伊藤先生、どうもありがとうございました(拍手)。まず、今の伊藤先生のお話をトム・テレッツさんが聞いて、どのように思われたか伺いたいと思います。

トム・テレッツ 大変分かりやすい研究だと思います。このデータをもとにコーチ自身がしっかりと利用しなければいけません。コーチがデータをどのように活用していくかということが重要だと思います。

杉田 ありがとうございます。伊藤先生、お願いします。

伊藤 2日くらい前にテレッツさんとお話しさせてもらったのですが、「日本のコーチは、もっと机の前でディスカッションすべきだ」ということをおっしゃいました。「コーチが自分の世界の中に入ってしまった」というようなこともおっしゃいました。

それともう一つですが、世界陸上の前に大阪体育大学でアメリカチームがプレキャンプを開きました。そのときに、紳士的に指導していたブルックス・ジョンソンという黒人のヘッドコーチの方がいました。コーチは私がバイオメカニクスをやっていると知って「すぐにディスカッションしよう」と言ってきました。私はデータを持っ

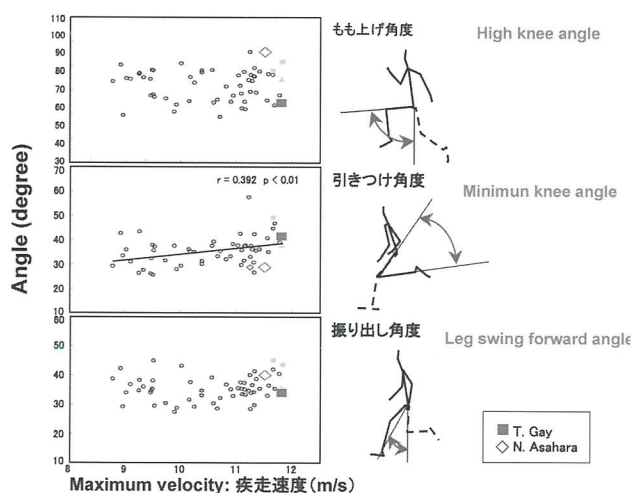


図 2

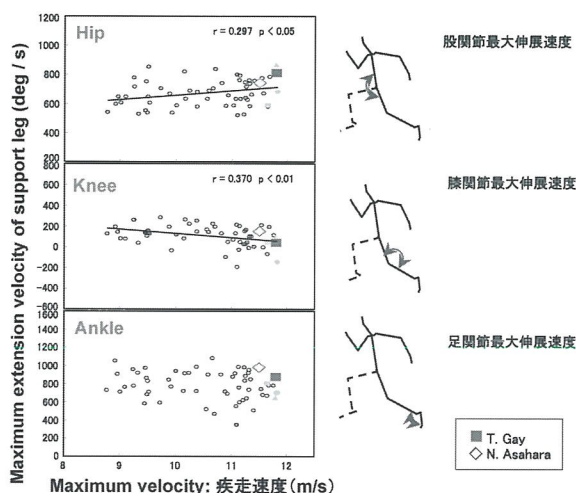


図 3

て選手の宿舎のホテルに行きました。

そうしたら、彼はアメリカチームの短距離コーチを7人全員集めていまして、2時間近く説明とディスカッションをしました。僕は、アメリカの底力というのはその辺にあるのかなと思ったのです。つまり、現場のコーチが僕みたいなものを呼んで、「話をして聞かせてくれ」と言うってことは、アメリカの強さだろう。テレツさんも、「机でもっとディスカッションすべきだ」と言ったことも同じことだと思うのです。「もっと勉強しろ」ということだろうと思います。そういうことがこれからの日本をさらに良くしていく一つのステップだと思うのです。

トム・テレツ 私が今までコーチングしていることは、すべて科学研究に基づいて行っています。もちろん私は研究者ではありませんので、ドクターの言われることを参考にして、評価してコーチングをしています。日本で開催したらいいと思うのですが、ドクターやそういった研究者の方、特にバイオメカニクスの方々を集めて、シンポジウムを開けないのでしょうか。

小林 東京大学の小林と申します。日本人はあまり筋力がないものですから、何とかして、その筋力のない部分をいろいろ工夫しようと思っているのですが、その本質的な筋力の違いというものがどうも反映しているような気がするのですが、その辺はいかがでしょうか。

トム・テレツ 筋肉そのものに大きな差異があるとは思っていません。筋肉というものは強化することができますから、いろいろな方法を使って強化する方法があると思います。バイオメカニクスの考えでいきますと、どのように人間の体が機能するかということについては、どこの国でも、どこの人種でも同じことだと思います。今、現在アジアの方がタイソン・ゲイよりも速く走れるかという問題ではなくて、現在もしくはこれから未来においては、そのような力を持った選手も出てくる可能性は十分あると思います。私は日本人の選手がこれ以上速く走れないとか、走れないのだという考え方はしていません。そういう考え方は、受け入れられません。日本のアスリートたちには十分な可能性がありますし、今よりもっと良くなると思います。ですから、日本の選手がほかの選手とは違って、良くないというような考え方は全く受け入れられません。見てください。松井選手がニューヨーク・ヤンキースで活躍しています。松井選手だけではありません。多くの日本人の選手が大リーグで活躍しているではありませんか。ですから、日本の選手がこれからも良くなるし、十分な力を持っていると私は信じています。

杉田 ありがとうございます。トム・テレツ先生と、伊藤先生のお話しされた点には非常に共通点があります。今回の結果をどのように現場の先生方が活用するかということが一番大事なことだと思います。トム・テレツ先

生もこのようにおっしゃっております。どうか、今日のお話を現場に持ち帰ってコーチングに生かしていただきたいと思います。（拍手）

《パネリストプロフィール》

トム テレツ (Tom Tellez)

1933 年生まれ

現 職：ヒューストン大学陸上競技部名誉監督

主な指導歴：U.S.A Track & Field Level 3 コーチ（指導者育成コーチ）

カール・ルイス、リロイ・バレルなど多数の世界トップ選手を育成

・指導したオリンピック代表選手 14 名

・獲得したメダル数 金 13 個、銀 2 個、銅 1 個

伊藤 章 (いとう あきら)

1948 年生まれ

現 職：大阪体育大学体育学部・スポーツ科学研究科教授 博士（体育科学）

(財)日本陸上競技連盟科学委員会委員

指 導 歴：1971 年から大阪体育大学において陸上競技部短距離コーチ、監督を歴任。指導した女子選手が 100 m, 100 mH, 七種競技において日本記録を樹立

研究分野：スポーツバイオメカニクス

短距離に関する研究によって日本バイオメカニクス学会賞など受賞

《コーディネータープロフィール》

杉田 正明 (すぎた まさあき)

1966 年生まれ

現 職：三重大学教育学部保健体育科准教授

(財)日本陸上競技連盟科学委員会副委員長

最終学歴：三重大学大学院修了

研究分野：トレーニング科学、体力科学、運動生理学、バイオメカニクスを専門とし、競技スポーツ選手の競技力向上に関する研究（主に陸上競技）

第1回秩父宮スポーツ医・科学賞奨励賞（1998.3）、(財)日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス班としてトレーニング科学研究会賞（2004.11）を受賞

【走 幅 跳】

コーディネーター 青山 清英（日本大学文理学部准教授）

【世界一流ジャンパーを目指して

池田久美子選手の飛躍のために】

パネリスト 阿江 通良（筑波大学人間総合科学研究科
体育科学専攻教授）

現場における動作のバイオメカニクスの分析のスタートは1991年の世界陸上からで、世界陸上で得られたデータをまとめ、報告書やビデオ資料の作成を行った。このデータについて、コーチ側のポイントはデータをどうやって使うかという点が、研究者側はどうフィードバックするかという点がポイントになる。

フィードバックの1つ目は、1月から数ヵ月かけてデータを算出しかかなり詳細なデータを集めて、問題がどこにあるかということを見出し、「こうでしたよ」とフィードバックする「課題発見型フィードバック」。2つ目は、詳細な分析は困難だが、数時間から数日の非常に短期間で課題チェックを行うフィードバック「準即時的フィードバック（短期課題チェック型フィードバック）」。

実際、日本選手権などでは、2日後にはデータを出しているが、「足のここに気を付けてやっているのだけれども、それがどうだったか」を、試合が終わってパッと見せる。3つ目は、練習の時などに「こういうふうに行ったら」という取り組みを即時に行っていく「即時的フィードバック（課題解決型フィードバック）」。

例をあげると、「足のここが悪いのだけれども、いま意識してやってみたらどうなったか」を見せ、次に「すぐやってみたらどうか」という取り組みを繰り返し行う。4つ目は、データを収集し、「こういうレースをしてみたら、どうでしょうか」といったことをコーチに伝達し、さらにコーチから選手に伝達してもらう「仮説提案型フィードバック」で、研究者的コーチとコーチ的研究者のコミュニケーションが必要である。

最近ではフィードバックが進化してきていて現在では3、4つ目あたりを行っている。3、4つ目あたりの方法でフィードバックすれば、データを実際に生かすことができるのではないかと。1991年の世界陸上のデータでは、1、2つ目あたりのフィードバックを行っていたので、16年前の1991年では考えられなかったことだが、現在では3つ目のフィードバック法により、日本選手は世界のトップを狙う、あるいは世界に挑戦していくのではないかと。

ここから、池田選手の2002年、2004年、2005年、そ

して日本記録を出した2006年のデータと、比較対象に世界選手や花岡麻帆選手のデータを示す。

（1）踏切接地および離地時における身体重心速度

池田選手はスピードが非常にあり、以前より踏切接地時のスピードは世界のトップと変わらなくなってきている。ただし、踏切離地時のスピードは遅く、花岡選手よりも遅い。つまり、踏切でのブレーキが非常に大きい。また、日本記録樹立時の踏切接地および離地時の重心水平速度は、これまでで最も大きく、これは世界のトップに近い数値であった。

（2）踏切における跳躍角度

池田選手が日本記録を出した際、跳躍角度は25度以上であった。男子世界記録保持者のM・パウエル選手では、世界記録樹立時には23度であった。池田選手は、踏切において高く跳び出しすぎという傾向がある。

（3）跳躍動作：踏切接地時における振上脚および踏切脚

踏切接地時における振上脚が少し遅れている（花岡選手は比較的前にある）。また、踏切接地時における踏切脚が非常に傾いている（花岡選手は比較的小さい）。踏切脚が傾くと、ブレーキが大きくなる。さらに踏切における踏切脚下腿の動きに着目すると、大阪世界陸上に出場した選手では、かなり倒れている。池田選手は、花岡選手と比べても比較的まっすぐである。下腿が倒れるということは、それだけ前に動いているのでブレーキが少なくなる。（1）および（2）のデータ通り、池田選手はブレーキを掛けながらさらに上に跳び出すという特徴が動作からも分かる。ところが、日本記録樹立時の試技では、下腿の倒れ方が比較的良好で、踏切脚角度が普段より世界のトップに近い動きをしていた。

（4）跳躍動作：関節角度

池田選手は、記録が良い時は膝の屈曲角速度が小さかった。日本記録樹立時の試技が、最も膝が曲がらず、屈曲角速度が遅かった。また、踏切後半で膝の伸展角速度は、記録が良い時ほど遅い。つまり、記録が良い時には、踏切脚膝関節はあまり曲げず、曲げる速度も伸ばす速度も遅い。（3）と合わせると、踏切で足が着いて体がポンと起きる速度が、日本記録の時は非常に速かった。

池田選手の踏切の特徴は、身体の方前への移動が小さく鉛直速度をより高めるものであった。しかし、日本記録樹立時には、踏切脚の関節屈伸角速度は小さく、踏切脚下腿や大腿の方前回転が大きく、起こし回転の速度が非常に速かった。普段よりも体がより前に回転すること

ができていた。

次に、うまくいった時といかなかった時の違いを、走幅跳の踏切時の地面反力のベクトルと、踏切脚関節との位置関係からみる。うまくいった時は、地面反力のベクトルが膝の近くを通る。つまり、膝に負担がかからない。うまくいっていない時では、接地時にほんの少し地面反力のベクトルと膝とが離れている。これでは非常に膝に負担がかかる。このような少しの差で、うまくいったり、いかなかったりするレベルにある。さらに膝関節回りの筋群のトルクおよびパワーについてみる。うまくいった時は、トルク、パワーも小さい。トルクとは、関節回りの筋肉が出す力のことで、走幅跳の踏切では助走スピードを鉛直方向に変換するだけなので、無駄なトルク、パワーを出さずに跳ぶというのがコツと言える。

池田選手の場合、同一試合内での成功試技では、踏切脚をより身体の近くに引き戻した状態で踏切接地している傾向がみられる。ただし、接地位置は微妙で、あまり身体に近いと回転しないため、スコンと抜けるだけになってしまう。おそらく、池田選手は高く跳ぼうとはしていないが、足を身体の前についてポーンと上に上がる高い跳躍の動きになっていて、そのため、踏切でブレーキとなり、助走速度は高くても踏み切る際には跳び出し速度は遅くなっている。これらのことから、池田選手は「ポーンと走り抜けて、そして跳びなさい」というぐらいのイメージでやると良いのではないかと思う。

科学というのは量的分析である。それに対して、現場の目というのは、最近ではビデオも使うが、いろいろな計測を現場ですぐにできるわけではないので、質的分析になる。では、この質的分析をどのように行うかは非常に微妙である。質的分析の基礎には量的分析があり、量的分析の勉強をしておき、現場では質的分析を行う。研究する側は、今ではコンピューターでいくらでもデータを出せるけれども、効果的な量的分析をするために「どこを見るか」を選択するには、ある程度センスや経験が重要となる。そのため、質的分析が不可欠である。現場では質的分析を行うが、その基礎に量的分析があれば、科学をうまく使う、使いこなすことができるのではないか。スポーツを指導する場合の条件として、選手から学ぶことがすごく重要だと思う。

ノーベル賞の朝永先生はこういうことを言っている。「どうなっているかをまず見よう」、「どうなっているかを確かめなさい。それで、なぜそうなるのかを考えなさい」。つまり、まず観察する。それから、分からなくてもなぜそうなるのかを考えることによって、どうすれば良くなったというヒントが得られるようになると思う。

最後に、「スポーツとは何か」、「なぜスポーツをするのか」。やはり、人間が行うものであるから、人間力といったことに頭を置いておく必要がある。

〔走幅跳の運動感覚的技術内容〕

パネリスト 森長 正樹（日本大学理工学部助手）

森長 自身の試合等における感覚を基に、どのような点に気を付けて指導を行っているかということを話したいと思います。

走幅跳の重要なポイントとして、助走の流れ、踏切1歩前の動き、早いタイミングで着地態勢に入ることが挙げられます。まずは、選手の立場から話を進めていきます。

（1）助走の流れ：安定した助走

走幅跳では、まず安定した助走が必要である。助走が安定しないと、思い切った踏切、跳躍にはつながりません。助走の流れも安定させ、毎回同じスピードの上げ方をしていかなければなりません。助走では、最高スピードを踏切板に持っていくことが一番の目的となるが、どのようなイメージで助走をすれば最高スピードを踏切板に持っていくことができるのでしょうか。私の場合は、スタートから6歩目までは、ある程度の加速感を持ちながら走る。6歩目から12歩目までは、スピードをそれ以上上げずに維持をする感覚で、残り8歩では、思い切ってもう一度加速していきます。ここで重要になるのがグリップ感（拇指球が地面を押さえる感覚）です。助走はただ速ければいいというのではなく、助走を踏切につなげていかなければならないため、リズムが必要になってきますが、このリズム感は足の裏のグリップ感で作ります。試合では、向かい風や追い風など、様々な状況で跳躍しなければならず、良いリズムなり安定した助走を得るため、うまく利用すればグリップ感はかなり有効な技術となります。調子がいい日も悪い日も、自分の体重はほとんど変わらないはずで、本当にグリップ感が増えたり減ったりすることはありません。そこで、グリップ感を調節することで、良い時も悪い時も同じ加速感を得ることができるのです。例えば、向かい風では少し強くグリップしながらスタートすると、最後までしっかりしたグリップが得られ、向かい風の中でも遠くに跳べます。逆に、追い風の場合、ちょっとグリップ感を薄めにし、対応していました。

助走を安定させるため、毎回同じスタートをすることが重要となります。助走の安定を求めるならば、スタンディング・スタートの方がローリング・スタート（補助助走を付けたスタート）よりも有効だと考えています。自身も、もともとはローリング・スタートを採用していましたが、ここ一番ではファウルが多く、スタンディングに直してから安定するようになりました。

そして、特に中間から後半、12歩から16歩のところでの加速感とグリップ感がとても重要です。それは中間から後半でグリップ感が空回りすると、リラックスした

後半の助走の加速ができなくなり、踏切に入るタイミングが取れなくなるためです。また、私の経験では、跳び上がってストンと落ちてしまうような跳躍になることが多くなります。一方で、グリップ感がしっかり得られていると、助走の後半から踏切までしっかりつながり、跳び出しが前方に出て、跳躍距離が伸びます。

助走の流れについて、グリップ感をすごく大切にしており、試合の本番では、助走に関してはほぼこのポイントだけです。

(2) 踏切1歩前の動き：踵からのローリング

踏切では、踏切1歩前の動きが重要になってきます。多くの指導者が、踏切で上昇角度を付けるように教えていると話を聞きます。しかし、私のイメージでは、踏切で上昇角度を付けるように指導すると、選手は高く跳び上がろうという意識からブレーキを掛けて踏切に入らなければならない、その結果、跳び出し角度を大きくできたとしても最高到達点が踏切板に近い位置になってしまいます。そのため、私はできるだけ最高到達点を踏切から遠くしたいという考えから、走り抜けるイメージを持ち、踏切1歩前で重心を下げ、そこから踏切に対して少し重心を上げて上昇角度を付けるようなイメージで跳躍していました。走り抜けるようなイメージで跳躍するが、ストライドを調節することで踏切角度を付けるようにしていました。踏切2歩前から1歩前にかけて大きくストライドを伸ばし、大腿になったことで重心は下がり、次の踏切1歩前から踏切では小股にすることによって、重心を上げます。イメージとしては、ストライドの調整をしながら踏切板の上をできるだけ速いスピードで駆け抜けるイメージを持って行きます。踏切1歩前では、踵からのローリングという技術が必要になります。なぜローリングをしなければいけないのかというと、足の先から入る突っつくような動作だと、ブレーキになるためです。また、踏切1歩前で突っついてしまうと次の足も突っついてしまい、スムーズな踏切は不可能となります。接地の感覚としては、自分から足を地面に着きに行くという感じではなく、地面が足に近づいてくるのを待つ感じです。非常に勇気のいることで、思い切って跳び出すイメージを持って跳躍するわけですが、感覚的には素早い動作ではなく、逆に遅い動作をしようとしています。

また、踏切1歩前で突っついてしまうと、振上脚が遅れ、上体も前にかぶってしまいます。そのため、普段跳躍する時には踏切1歩前のローリングを入念にやっています。特に、試合前のウォーミングアップで本番前に助走を行う際には、徹底的に踏切1歩前の感覚を確かめます。

(3) 早いタイミングで着地態勢に入る

自分の体が最高点に達するまでには、もうフィニッシュの態勢を完了させるイメージで行います。早いタイミングで着地態勢に入ると、踏切でのストップがなくな

り、思い切って駆け込んでいけるような動作につながると考えています。これは今まで自分が試してきた中ですごく重要な部分で、ほとんどの選手が着地に入るタイミングが遅いように感じています。

短助走で砂場にランディングする手前で脚を投げ出せば良いというような跳躍を行っている選手がいますが、短助走ではスムーズできれいな跳躍に見えるが、中助走に、全助走にと実際の跳躍に移った時には、水平スピードが速くなってくため、跳び出した時の前方回転も大きくなり、かぶってしまうもったいない着地をする選手がいます。実際に自分でも試してみましたが、着地のタイミングを改善することはかなり有効ではないかと思います。

その他の技術的ポイントとして、助走のはじめの6歩のグリップ感、助走7歩目から上体を起こすタイミングなどがあります。

次は、重要な技術ポイントをコーチの立場から（第三者として外から見た感じ）、助走の流れ、助走終末の無理のない加速感、踏切1歩前の動き（踵からローリングしての着地）、踏切前の上体の角度（＝起こし度合い）について話をしたいと思います。

助走の流れがグリップ感などをしっかり持って行っているかをチェックした後に、無理のある加速をしていないかをチェックします。無理な加速をしてしまうと、後の動作がバラバラになってしまうため、自分が見た選手の動作と選手の感覚とを合わせて話し合い、決定しています。

助走マークについて、実際に自分が跳ぶ時はスタートのマークのみですが、最近コーチとしてみる場合は踏切4歩前にチェックマークを置くことが増えました。4歩前にチェックマークを置いておくことで、助走がきちんに行えているかチェックすることができます。例えば、ファウルをしたり、助走最後に脚が詰まってちょこちょこ跳んでしまう場合、ただ調子が良くてストライドが伸びたためなのか、それとも違うポイントのせいなのか、原因を見極める必要があります。4歩前のマークを踏んでいるにもかかわらずファウルであった場合、風があったり調子が良くて1歩のストライドが普段より大きくなっていることなどが考えられ、一方、4歩前のマークを跨いでしまうなどの場合は、スタートや中間の加速などで何らかのミスをしていることが考えられます。

次に、踏切1歩前の動きについて、先ほどと同じですが、突っついていないかをチェックします。

そして、上体の角度についてもチェックします。後は、この問題をどのように直していくかというところがポイントになります。踏切に上体が突っ込んで入る選手が多いのですが、ただ「起こせ」と指導してしまうと、逆にミスにつながることがあります。上体の角度が、前傾しているのにはそれなりの原因があって、例えば、踏切1

歩前に突っついて入っていることも原因と考えられます。例えば、無理な加速、ピッチだけを上げてきたような助走だと上体の前傾が出てしまいます。上体が起きていないと振上脚も上がってこないが、例示した原因を直さずに上体を起こさせたり、振上脚を早く上げさせたりすると、余計にバラバラでどうしようもない跳躍に陥ってしまいます。コーチの立場としては、チェックポイントを見ながら、直すべき原因をいち早く見つけることが重要であると考えています。

選手の場合は、動きを安定させるため、スタートからどんどん決まりごとを作り、ミスの少ない跳躍をしようと心がけてやってきました。しかし、コーチの立場では、まず全体の動きを見て、どのような欠点が見られたかチェックします。例えば、踏切で突っ込んでしまっているなど。その場合、次に考える必要があるのは、上体だけを立てさせるのではなく、どこを直せば勝手に上体が立ってくるのかという原因の部分です。そのため、踏切で欠点が見られた場合、踏切1歩前をチェックします。それでも原因がはっきりしない場合、さらに前の助走の中間をチェックし、最終的には助走のスタートへと遡っていき、チェックポイントを見つけ、それを的確に分かりやすく選手に教え、結果的に直ってしまったという形にしてやるように考えています。

次に、技術獲得のためのトレーニング法について紹介します。

まず、助走の流れが大切なので、選手ごとに適した助走の流れを見つける必要があります。そのため、コーンを置いて3つの区間（約10m間隔でもよい）を作り、選手には大きく3種類の走り方をさせます。第1区間から第3区間へと徐々に加速、第1区間を一気に加速、第2区間は維持し、第3区間でもう一度加速、第1区間はゆっくりスタートし、第2区間はゆっくり加速し、第3区間は維持する。走った後に、ビデオ映像や自分が見た感じ、選手の感覚も入れながら、どのような方法が最も気持ちよく加速できたのかチェックすると、より効率的な助走のリズムがつかめます。

そして、踏切のタイミング（踏切と1歩前の1セット化）を掴むためのバスケットボールのリングつかみです。言葉で言うと踏切2歩前からのストライド調節（大腿、小股）と踏切1歩前でのローリングです。難しく聞こえるが、バスケットボールのドリブルシュートを行わせると、ほとんどの選手ができています。最初はボールを持たせてドリブルシュートをさせます。その後、ボールをなくし、徐々に斜めから入っていた助走を正面からの直線にしていきます。以上ができれば、踏切位置を後ろに下げていきます。最終的には、できるだけ遠い所から、できるだけ高くリングに向かって跳び上がるという技術が自然に身につきます。小学生や中学生、子どもたちでも自然にできる動作であり、高校生や大学生あた

りも、有効な練習方法ではないでしょうか。

【質疑応答】 ※一部省略

Question（大阪体育大学伊藤氏）：阿江先生の「踏切前の上体の起こしが早い」という話がありましたが（池田選手のデータとは別に、日本選手は体の起こしが少し早く、踏切に入る時にはブレーキとなるという話があった）、森長先生は踏切前にこう入ってしまうのか、このまま入るのかなど、意識されていたか。

Answer（森長）：はい。自分のイメージとしては、逆に踏切で体を起こさないように少し前傾させる感覚で入っていました。やはり、追い風で跳ぶ時には、体を起こす感じでいくのがいいのですが、向かい風を突っ切って記録を出さなければならないことがあります。そのような時に、少し前傾気味で踏切板に突っ込んでいく。ただし、そこで一つだけ注意するのは、上体は突っ込むけれども、振上脚は思いっきり上げるという感じで意識しています。

Question（青山氏）：この学会では、科学と実践の橋渡しをしていくということが大きなテーマになっていると思います。おふたりの発表は、まさにこのことを取り上げたものだと思います。そこで、お互いの発表を聞いて、阿江先生には「今後、選手あるいは現場の方にどんなことを聞きたいか、あるいはどういうことを聞いていきたいか」ということを、森長先生には「科学的データは自分にとってどういうものか」といったことを一言ずついただいて、このシンポジウムをまとめたいと思います。

Answer（阿江）：難しい課題ですが、実際に日本のスポーツ科学者と、例えばドイツの科学者とで大きく違うのは、日本のスポーツ科学者はたぶん運動をかなりやっている、やっていた方が多いです。ドイツなどでは、運動をしていたとしても、少しだけなのです。だから、感覚がないスポーツ科学者が分析をやっていることが多いです。日本はそういうことがありませんから、その点を重視してやっていく必要があると思うわけです。それから、現場の方は遠慮なくいろいろ聞いていただけないのですが、いちばんの問題は、コーチの持っている現役時代の時の感覚と、自分の教えている選手の感覚とが比較的近い時はいいのですが、全く逆の感覚を持っている人をどう教えるかということです。その時には、おそらく科学的なデータをうまく使うということが一つの方法なのです。ぜひ、科学的なデータを使っただけならいいかなと思います。

Answer（森長）：科学データはすごく貴重で、世界の技術は、1年、1年進歩していています。世界の一流選手、実際に遠くに跳んでいる選手には、選手、コーチとしてはすごく興味があって、そのデータはすごく参考にさせてもらっています。ただ、自分はこれから指導者

の立場として、選手個人個人の感覚はすごく違っている
と思いますので、どのように、どういうイメージをさせ
ることによってデータに近い動きができるようになるの
か、この点が我々の課題だとすごく感じております。

《パネリストプロフィール》

阿江 通良（あえ みちよし）

1951 年生まれ

現 職：筑波大学人間総合科学研究科教授
日本陸連科学委員会委員長

学 歴：筑波大学大学院博士課程体育科学専攻修了
教育学博士

研究分野：スポーツバイオメカニクス

森長 正樹（もりなが まさき）

1972 年生まれ

現 職：日本大学理工学部助手
日本大学陸上競技部跳躍コーチ

学 歴：日本大学大学院文学研究科教育学終了

主な競技歴：バルセロナ・シドニーオリンピック大会代表
シュツットガルト・アテネ世界選手権大会
代表
バンコクアジア大会優勝
世界室内横浜大会 7 位
走幅跳日本記録保持 8 m 25
走幅跳室内日本記録保持 8 m 07

《コーディネータープロフィール》

青山 清英（あおやま きよひで）

1969 年生まれ

現 職：日本大学文理学部准教授
日本大学陸上競技部統括コーチ
日本学生陸上競技連合強化委員会委員

学 歴：筑波大学大学院修士課程体育研究科修了

研究分野：コーチング学、スポーツパフォーマンスに影
響を与える量的要因と質的要因の関係性に関
する研究

日本陸上競技学会会則

平成14年10月26日制定

平成16年8月8日改正

第1章 総則

- 第1条** 本会を日本陸上競技学会と称する
(英文名: Japan Society of Athletics).
- 第2条** 本会は、陸上競技に関する理論的・実践的研究の発展をはかり、会員相互の交流を促し、これによって実践に資することを目的とする。

第2章 事業

- 第3条** 本会は、第2条の目的を達成するために、次の事業を行う。
- (1) 学会大会の開催
 - (2) 学会誌 「陸上競技学会誌」(英文名: Japan Journal of Studies in Athletics) 及び会員名簿の刊行
 - (3) 研究会、講演会、講習会の開催
 - (4) 研究の国際的交流
 - (5) その他本会の目的に資する事業
- 第4条** 学会大会は、毎年1回以上開催する。

第3章 会員

- 第5条** 会員の種別は次の通りとする。
- (1) 正会員: 陸上競技、あるいはこれに関連する諸科学の研究者、指導者で正会員が推薦し、理事会で承認された者
 - (2) 名誉会員: 本会に多大な貢献のあった個人で、理事会が推薦し、総会で承認された者
 - (3) 賛助会員: 本会の目的に賛同する個人あるいは団体で、理事会で承認を受けたもの
- 第6条** 会員は会費を納入しなければならない。
- (1) 正会員: 年額5,000円
 - (2) 名誉会員: 徴収しない
 - (3) 賛助会員: 年額1口2万円以上
- 第7条** 会に入会を希望するものは、所定の手続きを経て、入会申込書、会費を添えて本会事務局に申し込むものとする。
- 第8条** 会員は、本会の学会誌「陸上競技学会誌」その他研究情報に関する刊行物の配布を受けることができる。
- 第9条** 原則として2年間会費を滞納したものは退会したものとみなす。なお退会に際しては、滞納分の会費を支払うものとする。

第4章 役員

- 第10条** 本会に次の役員をおく。
- | | |
|-----|-----|
| 会 長 | 1名 |
| 副会長 | 若干名 |
| 理事長 | 1名 |
| 理 事 | 15名 |
| 監 事 | 2名 |

- 第11条** 役員は次の各項により選任される。
- (1) 会長、副会長、理事長は理事の互選により選出し、総会において決定する。
 - (2) 理事は正会員の投票により決定する。
 - (3) 理事につきさらに若干名は会長が推薦することができる。
 - (4) 監事は会長が委嘱する。

- 第12条** 役員の職務は次の通りとする
- (1) 会長は本会を代表し、会務を総括する。
 - (2) 副会長は、会長を補佐し、会長事故ある時はこれを代行する。
 - (3) 理事長は理事会を招集し、会務を統括する。
 - (4) 理事は理事会を構成し、会務を処理して本会運営の任にあたる。
 - (5) 監事は本会の会務を監査する。

- 第13条** 役員の任期は次の通りである。
- (1) 会長・副会長・理事長・理事・監事は1期3年とし、再任を妨げない。

第5章 会議

- 第14条** 本会の会議は、総会および理事会とする。
- 第15条** 総会は本会の最高議決機関であり、会長が招集し、次の事項を審議決定する。
- (1) 役員の選定
 - (2) 事業報告及び収支決算
 - (3) 事業計画及び収支予算
 - (4) 会則及び諸規定の改正
 - (5) その他の重要事項
- 第16条** 理事会は、理事長が招集し、会務を処理し、本会運営の任にあたる。
- (1) 会長および副会長の推薦
 - (2) 総会に対する提案事項の審議
 - (3) 総会から委任された事項の審議・処理
 - (4) 運営の効率化を図るために専門委員会を置くことができる。
 - (5) その他本会の目的に資する事業の運営

第6章 会計

- 第17条** 本会の経費は次の収入による。
- (1) 会員の会費
 - (2) 事業収入
 - (3) 助成金および寄付金
- 第18条** 本会の会計年度は毎年4月より翌年3月までとする。

第7章 顧問

- 第19条** 本会に顧問および参与をおくことができる。

第8章 付則

- 第20条** 事務局は当分の間、日本大学に置く。
- 第21条** 本会則は平成16年8月8日より施行する。

陸上競技学会誌 投稿規程

〈投稿資格〉

- ・本誌に投稿できるのは、原則として日本陸上競技学会会員とする。
- ・編集委員会が認めた場合には、会員以外へ投稿を依頼する場合がある。

〈著作権〉

- ・会員の権利保護のため、掲載された原稿の著作権は本会に属するものとする。
- ・投稿論文において他者の著作権に帰属する資料等を引用するときは、著者がその許可申請手続きを行う。

〈原稿の送付〉

- ・提出する原稿は、原稿の種類が「研究」、「ショートペーパー」、「報告」の場合はオリジナル原稿1部とコピー2部を、それ以外の原稿についてはオリジナル原稿1部とコピー1部とし、付則に記された送付先へ送付する。
- ・原稿受付日は、送付先に到着した日とする。著しく執筆要項を逸脱した原稿は事務的に返却し、形式が整った原稿の到着日を受付日とする。
- ・掲載が採択された原稿については、原則として返却しない。

〈原稿の種類と内容〉

- ・原稿の内容は、陸上競技の理論と実践に関するものとする。
- ・本会誌の読者は陸上競技に関する広い分野にわたるので、高度な専門的知識のない読者にも理解できるよう配慮する。
- ・原稿の種類は、「研究」、「ショートペーパー」、「報告」、「解説」、「陸上競技 Round-up」、「その他」とし、それぞれ以下のようなものである。

①「研究」

陸上競技およびこれに関連する分野の学術上および指導・実践上価値のある新しい研究成果を記述した原著論文。

②「ショートペーパー」

研究としての体裁になるほどまとまっていないが、新規性があり、早く発表する価値のある論文。

③「報告」

陸上競技に関連する理論的、実践的、事例的な問題

についての調査・実験など、有用な結果の報告。トレーニングの実践報告などもこれに含まれる。

④「解説」

陸上競技に関連する新知見、他の競技種目やトレーニング法など、多数の学会員にとって未知であり、これを知らせることの意義のある記事。論文紹介や指導法の提示などもこれに含まれる。

⑤「陸上競技 Round-up」

陸上競技に関連する国内外の情報、学会員相互の問題提起や話題の提供、対談など。

⑥「その他」

学会大会における研究発表抄録、学会および学会誌の運営や内容などに関する自由な意見、希望など。

〈倫理規定〉

- ・ヒトを対象とする医学的・生物学的研究はヘルシンキ宣言（参考までに、日本医師会による和訳の Web ページを示します。 <http://www.med.or.jp/wma/helsinki.html>）の趣旨に則り、また、動物実験は各所属機関の規定に従い、適切に対応する。

〈掲載の採否〉

- ・原稿の掲載の採否は、本会誌編集委員会が決定する。
- ・原稿の選択、校正、追加・短縮、掲載順序などは、編集委員会が決定する。
- ・著者に承認を求めた上で、原稿の種類を変更する場合がある。

〈その他〉

- ・原稿執筆にあたっては、別に定める「執筆要項」にしたがって作成する。
- ・投稿についての問い合わせは、付則に記した問い合わせ先まで連絡する。

〈付則〉

原稿の送付先、問い合わせ先は、下記のとおりである。

〒156-8550 東京都世田谷区桜上水3丁目25番40号

日本大学文理学部体育学研究室内

日本陸上競技学会事務局

TEL: 03-5317-9717

FAX: 03-5317-9426

E-mail: jssa@chs.nihon-u.ac.jp

陸上競技学会誌 執筆要項

1. 原稿書式および原稿の長さ

原稿は、原則としてワードプロセッサで作成するものとし、A4版縦置き白紙に横書きで、1ページにつき全角40字20行とする（手書きの場合は400字詰め横書き原稿用紙に黒インク書きとする）。原稿3枚（手書きの場合原稿8枚）が刷り上り約1ページに相当する。原稿の上下左右の余白は3cm以上とする。

原稿の長さは、刷り上り8ページを超過しないように配慮すること。なお、このページ数には、表紙や要旨、図表など一切を含むものとする。なお、大きさにもよるが、図表は1枚が400字に相当するとして換算する。

2. 原稿の構成

2.1 表紙

原稿の1枚目に、下記のものを記入する。

- ①原稿の種類（研究、ショートペーパー、報告、解説、陸上競技Round-up、その他）
- ②題目
- ③著者名
- ④所属機関
- ⑤所在地
- ⑥連絡先電話番号（およびE-mail）
- ⑦キーワード（5個程度）

上記のうち、題目、著者名、所属機関については、和文と英文の両方を書くこと。

2.2 要旨

和文の「研究」、「ショートペーパー」、「報告」には、200語程度の英文の要旨を付す。英文原稿の場合には、400字程度の和文の要旨を付す。

2.3 本文

本文は理解しやすいように章立てする。本文には、表題、著者氏名、所属、および所在地は記入しない。

2.4 図表

- (1) 図表は1つずつA4用紙または原稿用紙に配置し、それぞれに通し番号を付して図1、表1などと記す。また、これにタイトルや説明文をつける。
- (2) 図表は提出された原図をそのままオフセット印刷するので、図表の大きさは刷り上り寸法の2倍程度が望ましい。
- (3) 写真は図に含めるものとし、濃淡のはっきりしたものとする。

- (4) 図表を原稿に挿入する個所は、本文の右側余白に図表番号によって明示する。

2.5 文献

見出し語は「文献」とする。本文中での文献引用時の記載は、原則として著者・出版年方式(author-date method)とする。

一例一

「・・・ストライドが大きかったと報告されている（陸上太郎ほか、1994）。」

文献一覧はファースト・オーサーのアルファベット順とし、下記の形式で本文の末尾にまとめて記載する。

(1) 定期刊行物（雑誌）

原則として、次に示す形式で記載する。

著者名（発行年）論文名。誌名、巻（号）：始ページ終ページ。

共著の論文について、著者名が漢字の場合には中黒（・）でつなぎ、英字の場合にはandで続ける。ただし、英字で3人以上の場合にはカンマ（,）でつなぎ、最後の著者の前のみにandを入れる。発行年は西暦で記入するものとし、同一著者で同じ発行年の複数の論文を記載する場合には年号の後にa, b, c, ...を付ける。雑誌名の省略方法は、原則として和文は「日本医学雑誌略名表」、欧文は「Index Medicus」に従う。

一例一

陸上太郎・跳躍二郎（2001）100 km ランニング中のβエンドルフィン濃度変化。日本陸上競技学会誌、12（2）：56-61。

Lewis, C., Johnson, B., and Johnson, M. (1999) Problems of traditional sprint techniques. New Studies in Track and Field, 35 (3): 135-142.

(2) 書籍

原則として、次に示す3つのいずれかに当てはまる形式で記載する。書籍では、引用個所が特定できない場合には引用ページの部分を省略する。

①単行本の場合

著者名（発行年）書名（版数）。発行所：発行地、引用ページ。

一例一

小野勝次（1963）陸上競技の力学（第7版）。同文書院：東京、pp.76-78。

O'Brien, D. (1998) Dan O'Brien's Ultimate Workout. Hyperion : New York, pp.3-11.

日本陸上競技連盟編（1992）陸上競技指導教本（基礎理論編）．大修館書店：東京，pp.22-26.

②編著の一部の場合

著者名（発行年）表題．編集者名（編） 書名（版数）．発行所：発行地，引用ページ

英文の場合には，In：をつけたあと編集（監修）者名と（ed.）もしくは（eds.）をつける．

一例一

尾縣 貢（1990）混成競技の学習指導．関岡康雄 編著 陸上競技の方法．同和書院：東京，pp.167-176.
Lundberg, A. (1997) Functional Anatomy. In: Allard, P., Cappelzozzo, A., Lundberg, A., and Vaughan, C. L. (Eds.) Three-dimensional analysis of human locomotion. John Wiley & Sons : New York, pp.27-48.

③翻訳書の場合

著者名（発行年）書名（版数）．発行所：発行地，引用ページ．〈英文書誌データ〉

原著者の姓をカタカナ表記し，その後にコロロン（：）をつけて訳者の姓名を記入する．訳者が3人以上の場合，筆頭訳者のみ記入して「・・・ほか訳」と略記する．原著の書誌データは執筆者が必要性を判断して〈〉内に付記する．

一例一

エッカー：澤村博監訳（1999）基礎からの陸上競技バイオメカニクス．ベースボール・マガジン社：東京．
＜Ecker, T. (1985) Basic track & field biomechanics. Tafnews Press : Los Altos.＞

2.6 フロッピーディスク

パーソナルコンピュータのワードプロセッサなどを用いて原稿を作成した場合，原稿のテキストデータを記録したフロッピーディスクを添付する．添付するフロッピーディスクは，原則として2 HD の 1.44 MB フォーマット（MS-DOS 形式）とし，図表を除く全てのテキスト書類を保存する．なお，フロッピーディスクのラベルには，著者名，表題，オペレーティングシステムの種別（Windows 2000，MacOS X 10.2 など）を明記すること．

3. 原稿の書き方

原稿は，十分推敲し，簡潔かつわかりやすいように重点を強調して記述する．謝辞，付記などの著者が特定できる情報は原稿の採択決定後に書き加えること．なお，英文の場合には，ダブルスペースで原稿を作成する．

（1）原稿の言語

原稿は日本語を用いることを原則とするが，英語を用いてもよい．以下，日本語を用いる場合の規定であるが，

英語を用いる場合はこれに順ずるものとする．

（2）用語・単位・記号

文章は「である調」の現代文表記とし，原則として当用漢字・新かなづかいを用いる．文章中の外国語は原語表記またはカタカナを用いる．

単位は国際単位系（SI）に従うものとする．量および単位をあらわす記号は，なるべく JIS 規格で制定されたものを用い，必要があれば記号一覧表をつける．

（3）章立てと見出し

本文は，章，節，項に区切る．章の見出し番号は，1.，2.，・・・，節の見出しは，1.1，1.2，・・・，項の見出しは（1），（2），・・・とし，行の左端から書く．本文はこれと行を変えて書く．

（4）段落どりなど

本文は，書き出しおよび改行後の書き出し部分を1マスあける．また，見出し番号の次も1マスあける．句点は「.」，読点は「，」とし，1マスを占める．

（5）脚注

脚注は，文末に一覧表としてまとめる．本文では，右側に（注1）などをつける．

（6）文字指定

本文，数式，図，表などに記入される文字は，字体が明確にわかるように書く．紛らわしい文字は，朱書きで字体を指定する．

大文字，小文字で紛らわしいもの（例えば，C と c，K と k，O と o），混同の恐れがあるもの（例えば，r と γ，k と κ，w と ω），その他，O（オー）と0（ゼロ），1（エル）と1（イチ）などは，その区別を朱書きで添書きする．上付き文字，下付き文字などの文字飾りについても朱書きで添書きして指示する．

英字の変数は，原則としてイタリックとし，「イタ」を○で囲んだ朱書きで添書きする．その他の英字，すなわち単位（kg など），演算子（sin など），一般用語，固有名詞はローマンとする．

（7）数式

数式は改行して2行取りとし，上付き，下付きなどを朱書きで添書きする．分数式は，原則として， $\frac{a-1}{b+2}$ のように書くが，簡単な数式などを本文中に入れる場合には， $(a-1)/(b+2)$ のようにして1行に書く．

4. 掲載料と別刷り

掲載料は当分の間無料とするが，特殊な印刷を必要としたり，ページ数の超過などがある場合の経費は著者負担とする．

別刷りが必要な場合は，著者校正の際に必要な部数を申し出る．これに要する費用は著者負担とする．

日本陸上競技学会誌 投稿申込用紙 (表紙)

① 投稿原稿の種類	研 究 ・ ショートペーパー ・ 報 告 解 説 ・ 陸上競技 Round-up ・ その他	
② 題 目 ・ (English)		
③ 著 者 名 ・ (English)		
④ 所 属 機 関 名 ・ (English)		
⑤ 所 在 地	〒	
⑥ 連絡先電話番号		
⑥ E-mail アドレス		
⑦ K e y w o r d (5 個程度)		
・ 送付内容	研究・ショートペーパー・報告	・ オリジナル原稿 1 部 ・ コピー 2 部 ・ 電子データ (テキストデータ) フロッピーディスク
	解説・陸上競技 Round-up ・ その他	・ オリジナル原稿 1 部 ・ コピー 1 部 ・ 電子データ (テキストデータ) フロッピーディスク

※ 投稿の際は、著者作成の表紙でも結構です。

日本陸上競技学会編集委員会 委員名簿

委員長	石塚 浩	日本女子体育大学	委員	桜井智野風	東京農業大学
副委員長	安井 年文	青山学院大学	委員	杉田 正明	三重大学
委員	榎本 靖士	京都教育大学	委員	高松 潤二	国立スポーツ科学センター
委員	小木曾一之	皇學館大学	委員	持田 尚	横浜市スポーツ医科学センター
委員	串間 敦郎	宮崎県立看護大学	委員	森丘 保典	財団法人日本体育協会
委員	佐伯 徹郎	日本女子体育大学			※50音順, 敬称略

編集後記

様々な学会が日本国内外に存在し、膨大な研究成果が世に送り出されている。陸上競技に関わる研究だけに焦点を当てても、同様なことが言えよう。研究成果を残し、後世に伝えることの重要性は、研究の進歩・発展との表裏とも言えるであろう。

一方で、IT化された現在では、研究成果の伝達の手数は数百倍以上の速さになっている。特に、インターネットの普及は、どこにいても情報を得られる状況を作り出している。先日、ヨーロッパ陸連のホームページに、4月開催の「第3回棒高跳会議」(<http://www.dshs-koeln.de/polevault2008/>)でレクチャーされる内容が公開され、それも、登壇予定の講師が用いるパワーポイントでの資料がそのまま掲載されていた。興味深い内容が多く、すべてを印刷したところ、A4版の紙の厚さが5cmにもなった。以前であれば、1冊の報告書としてまとめられ

るまで、時間的に数ヶ月から年単位で、待たなければならなかった。しかし、現状は、ほぼ即時の情報へと変わりつつある。情報の発信と収集は、時々刻々と昼夜を問わない状況とも言えるであろう。まさに、陸上競技の世界と同じで、1分1秒というところにあると感じる。

今回の学会誌には、トレーニングとの関連を持たせ、一つのストーリーとしての研究が投稿されている。きっと、会員の皆様の手元に埋もれているデータがあり、それを再構成して頂くことで、本誌への投稿が可能となるものが多々あると思われる。研究誌の充実は、学会の発展にとっても不可欠のものであり、会員の皆様の相互協力によって可能となるものである。今後とも、多くの投稿を、切にお願いするところである。

(編集委員長 石塚 浩)

陸上競技学会誌 第6巻 (Vol. 6, 2008)

2008年3月31日発行

発行人 澤木啓祐
編集人 石塚 浩
発行所 日本陸上競技学会
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水3丁目25番40号
日本大学文理学部体育学研究室
日本陸上競技学会事務局
TEL: 03-5317-9717

製作 株式会社 陸上競技社
印刷 明宏印刷株式会社

えきねっと

Click!

新幹線も特急も、WEB予約。
どんどんふえている
えきねっと人。

出張も旅行も日程が決まったら、クリックしてすぐに指定席予約。
多くの皆様にご利用いただいているのが「えきねっと」です。
まだの人は、ぜひご登録を。きっぷの手配が、グーンとラクになります。

えきねっと

えきねっと

えきねっと

えきねっと

えきねっと



無料会員登録



カンタンにお申込み



お受取り

会員登録
無料

詳しくはホームページへ!

えきねっと

検索

クリック! 指定席予約

えきねっと

「えきねっと」でお申込みのきっぷはJR東日本の駅でお受取りください。※JR東日本以外のJR各社及び旅行会社の窓口ではお受取りにできません。
2008年3月現在

走トレーニング の革命!

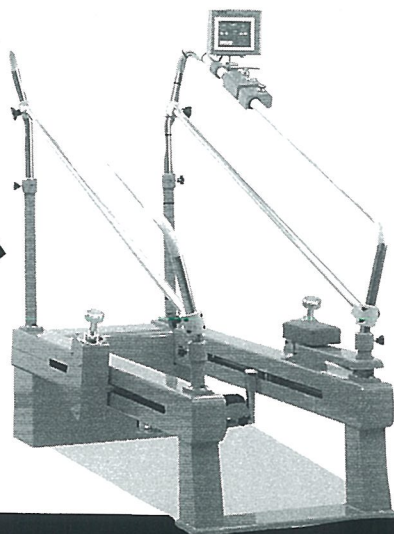
より合理的で、効率の良い走フォームに改善し、体幹深部を鍛えることでパワーを生み出す認知動作型トレーニング。その理論を具現化する高性能トレーニングマシンが商品化されました。

SPK-6

スプリット・
トレーニングマシン

世界に類のない「走る動作」を学習できるトレーニングマシンです。小学生からオリンピック選手まで、あらゆるレベルのスポーツ選手の走パフォーマンスの向上がはかれます。

●特許第2685131号



ANM-2

アニマルウォークマシン
(アニマー)

肩甲骨と骨盤の連携動作のトレーニングを通じて、スタートダッシュなどのパワーを強化することができます。同時に、身体バランスが整えられ、動きの柔軟性も飛躍的に向上します。

●特許第3465044号



SBK-4

スプリット・
パワーバイク

車軸移動式の自転車エルゴメーター・トレーニングマシンです。走動作に必要な脚および骨盤・腰椎部の体幹深部を総合的に強化することができます。

●特許第3465044号

Japan Journal of
Studies in Athletics