

東海大学

第18号 **スポーツ医科学雑誌** 2006

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



イラスト 東 恵子

人は何処より来り何処に行かんとするか
それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで
それは生ける人々にとつてまきれもなき生の現実である

その勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実に人生を肯定しよう

不屈の精神と逞しき体軀をつくろふ

精神と肉體との調和に生命を開拓しよう

かくして希望と勝利の人生の街道を奮進しよう

されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

見よ人体構造の神秘を

見よこの作品の微妙さを

見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを

見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ

身体髪膚これを受敬毀傷せざるは孝の始めなり

人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある

大自然を支配する思想がある

われら肅然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年 初春

松前重義

人は何処より来り何処に行かんとするか
それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで
それは生ける人々にとつてまきれもなき生の現実である

この現実の上に人々は喜び且つ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実に人生を肯定しよう

不屈の精神と逞しき体軀をつくろふ

精神と肉體との調和に生命を開拓しよう

かくして希望と勝利の人生の街道を奮進しよう

されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

見よ人体構造の神秘を

見よこの作品の微妙さを

見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを

見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ

身体髪膚これを受敬毀傷せざるは孝の始めなり

人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある

大自然を支配する思想がある

われら肅然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年四月 初春

松前重義

【研究論文】

箱根駅伝における各選手の区間記録の予測

大崎 栄・新居利広・山村雅一・岩垣丞恒 7

長距離選手における血液粘度と血液諸物質との関係

岩垣丞恒・大崎 栄・新居利広・山村雅一 18

学生長距離選手における赤血球 MCV 増大の背景

新居利広・大崎 栄・孫 崗・岩垣丞恒・山村雅一 28

ハンドボールのシュート技術に関する 3 次元解析

田村修治 36

柔道選手の組み手改善のためのトレーニングに関する研究

—柔道着懸垂について—

有賀誠司・中西英敏・山下泰裕・恩田哲也・生方 謙 44

肥満者に対する低圧低酸素環境下における安静時および

歩行運動終了後の末梢血液循環に及ぼす影響

寺尾 保・小澤秀樹・桑平一郎
三田信孝・山並義孝・伊藤栄治 54

幼児の跳躍動作における運動伝導の評価

山田 洋・加藤達郎・三上恭史
金子公宏・塩崎知美・横井孝志 62

講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について

(その2)

石井 聡・高妻容一 69

講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について

(その3)

高妻容一・石井 聡 79

健常者における微小血栓の形成について

河乃建仁・岩垣丞恒・新居利広・大崎 栄・山村雅一 89

足趾力に関する研究 第2報

加門正行・東福寺規義・野中拓馬・中村 豊 93

野球選手の手指血行障害の実態

西村典子・中村 豊・恩田哲也・伊藤栄治 100

【事例報告】

大血管冷却による体温変化

中村 豊・吉田早織・筒井稔久・金子雅明 107

【研究資料】

運動中の脳波計測手法の開発

曲谷一成・田中絢也・穂坂直也・寺尾 保 114

スポーツ医科学研究所所報

121

編集後記

127



表紙(画) 東 恵子



箱根駅伝における 各選手の区間記録の予測

大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科) 新居利広 (体育学部競技スポーツ学科)
山村雅一 (医学部分子生命科学) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)

Predicting of performance times of distance runners in Hakone-Ekiden

Sakae OHSAKI, Toshihiro ARAI, Masaichi YAMAMURA and Suketsune IWAGAKI



Abstract

Performance times of distance runners were predicted based on the 16-km time differential trial (2004) and 20-km grouped trial (2005) runs on the same training course before Hakone-Ekiden event. From these data, predicted and target performance times were estimated by using changes in split time (min/5km) and surplus performance for each distance runner after the trials. After the Hakone-Ekiden event, actual performance time for each distance runner was obtained and the errors (predicted performance time-actual performance time, and target performance time- actual performance time) were calculated. Errors were indices of accurate estimation of each performance time in Hakone-Ekiden event. The split time (min/5km) in 16-km time differential trial run showed large individual difference at the end of the trail. However, the 20-km grouped trial run exhibited small individual difference at 15-km and at even 20-km the deviation was relatively small. Predicted performance times were more accurate for the 20-km grouped trial run than for 16-km time differential trial run. Based on these results, 20-km grouped trial run was more suitable for the prediction of actual performance times for distance runners in the Hakone-Ekiden event. (Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 7-17, 2006)

I. 緒 言

長距離選手の持久的トレーニングは performance の向上を目指して行われている。その指標には最大酸素摂取量 (VO₂max)^{1-6, 13)}、乳酸閾値 (LT)¹⁾、換気閾値 (VT)^{2, 7, 8)}、心拍数 (HR)⁹⁾ などが増えられ、performance を決定する要因の研究が行われている。しかしながら、これらの研究は科学的に performance を決定することであり、持久性トレーニング効果

は評価できるが、それぞれの大会での各選手の performance (記録、時間) を保証しているわけではない。全区間20 km 以上を走る箱根駅伝のような大会では、個人の能力を十分に発揮させ、出場者全員の安定した能力の把握が必要となる。コーチと監督は大会の前にトライアルを実施し、その経過から大会での performance を予測し、目標タイムを作成する。この目的は選手の選抜と、大会での全体予測策 (順位) を作ることにある。走る区間と資料に基づいた各選手の予測から、そのチームの最終的な順位を予測している。このよ

うな方法は通常に行われているが、学術的に研究報告された例は見当たらない。

各選手の区間記録の予測タイムを得るには、そのトライアルをいつ、どこで、どのように行うかが問題となる。大会に近ければ信頼性の高い区間記録の予測は得られるが、疲労を蓄積したまま試合に望む結果となり意味がない。あまりにも早くトライアルを行うと、疲労は回避できるが、集中性に欠け、ベストコンディションの維持が難しく、予測記録にばらつきが生じる。したがって、正確な区間記録の予測を得るには方法上の確立が必要である。その内容はそれぞれの大会の目的によって異なるが、いずれの場合でも、その目的は疲労の蓄積や故障の発現を避け、これまでに培ってきた能力を十分に発揮させ、チーム全体としての performance の安定性を確保することにある。

これまで箱根駅伝に向け16 km 走時差トライアル (2004) と20 km 走集団トライアル (2005) を行った。選手はこれまでの各大学の記録とトライアルにおける余力から、目標タイムを設定する。さらに5 km 毎の split time から予測速度、各区間の予測タイムを算出する。箱根駅伝が終了すると、それぞれの結果が得られ、これらの誤差がトライアルの方法や選手のレース展開を反省する資料となる。対象者はそれぞれ異なるが、予測タイム、目標タイムとの誤差は、16 km 走時差ならびに20 km 走集団トライアルの両者を比較する基盤となる。そこで、本研究ではこれらの誤差を用いて16 km 時差走ならびに20 km 走集団トライアル予測法の適性について検討した。

II. 研究方法

1. 対象者

本研究の対象者はT大学陸上部長距離ブロックに所属し、2004年並びに2005年に箱根駅伝選手として選抜した32名の学生である。彼らの身体的ならびに performance (10000 m、half-Marathon) の特徴をそれぞれ表1に示した。各年の選抜選手は16名であるが2004年ではトライアルにはさらに3名を加えた。最終的な出場者は各年10名の合計20名で、誤差の比較では、これら20名を対象とした。

2. トライアルの日時、場所、距離、速度

予測タイムを得るためのトライアルは経験的に大会日のおよそ10日～2週間内の期間で行った。実施場所は毎年F市トレーニングコースで、1 km 毎の指標があり、1周5.6 km の周回コースである。2004年の16 km 走時差トライアルは箱根駅伝10日前、2005年の20 km 走集団トライアルは距離が長いと、疲労の回復を考え14日前に行った。いずれの場合にも、速度はおおよそ1 km / 3分06秒 (15分30秒 / 5 km) でスタートした。

1) 16 km 走時差トライアル

一人ずつ30秒ごとにスタートし、5 km 毎の split time を記録し、ここで得られた記録から各自が走る箱根区間の目標、予測タイムを算出する資料とした。走行距離が短く、疲労は少ないが、各自の走行ペースで区間距離の残りの5～7

表1 箱根駅伝出場選手の身体的特性と performance

Table 1 Physical characteristics of distance runners participated in Hakone-Ekiden and their performances in 10000 m run and half-Marathon.

	BH	BW	Age	performance	
	cm	kg	years	10000 m	Half-Marathon
2004年 n=20	170.8 ± 4.99	54.4 ± 3.24	20.7 ± 1.10	29'34 ± 0'26"	1'04'34 ± 1'22
2005年 n=16	170.7 ± 5.00	54.8 ± 5.27	20.7 ± 1.04	29'41" ± 0'23	1'04'36 ± 1'36

km 先を予測することが特徴である。その4日後に25km 走を行い、大会の5日前に刺激として5 km 走ペース走を入れ、大会に臨んだ(図1)。

2) 20 km 走一斉トライアル

15 km までを集団で走り、5 km 毎の split time を記録しながら、最後の5 km を各自の速度で走る方法である。このトライアルはA (n = 7), B (n = 9) 群のレベルに合わせ、二群に分けて行った。走り終わった時点で各自がそれぞれの時間を知り、その結果から各自の走る箱根区間の目標、予測タイムを得た。この方法の特徴はリズムや速度を知りながら集団として15 km を走り、残りの5 km を各自で走り終わることにある。距離が長く、最後の5 km が選考会への競争となり、疲労は大きいが、箱根区間の距離にちかく、予測距離は極めて短い(0~3 km)。その5日後に25km 走を走り、10日後にて1 km 走を7~10本行い、大会の5日前には刺激として5 km 走1本のペース走を行った(図1)。

3) 5 km 毎の split time の記録

予測タイムを求めるには0~5 km、5~10

km、10~15 km、15~20 km における各自の split time が提示され、これらの split time の経過から残りの距離を勘案し、所要時間を予測する。いずれのトライアルでも走り方すべてがこの split time に反映され、最終的な予測タイムと目標タイムの基礎になる。

3. 予測タイム、目標タイムと実測タイム(結果)との誤差

1) 予測タイム

各自の5 km 毎の split time の経過を外挿し、各箱根区間での時間を算出した。箱根駅伝では区間によりかなり走路に特徴があるため、この特徴をどのように組み入れるかが予測タイムを左右する結果となる。

2) 目標タイム

予測タイムが提出されると、過去3年にわたる各大学区間記録が配布され、これらの記録とトライアルでの各自の余力から、選手はさらに個々の目標タイムを設定する。ほとんどの選手は予測タイムより速い目標タイムを設定するが、気象条件とその時の体調などから目標タイム設定が予測タ

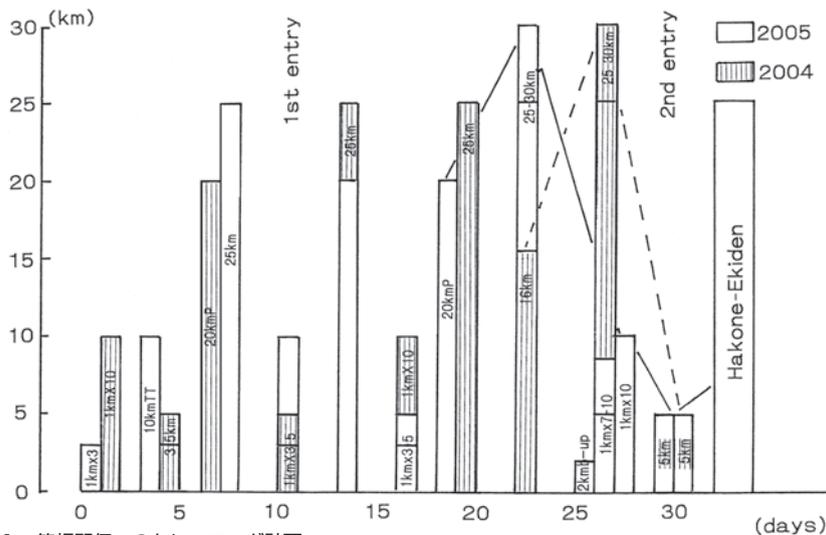


図1 箱根駅伝へのトレーニング計画

Fig. 1 Training plan for Hakone-Ekiden in December.

Dotted line: 2004, Straight line: 2005, Final training was 5000 m run (1km /3min.) at 2 days before Hakone Ekiden.

タイムより遅く設定される場合もある。

3) 順位予測

このような方法で各選手の区間記録の予測タイムと目標タイムができると、昨年の他大学の区間記録と比較し、それぞれの選手の区間順位が予測でき、出場する選手全員の結果から往路、復路、総合の順位が予測される。これらの順位予測が箱根駅伝における、実際の往路、復路、総合の順位の展開を予測する資料となる。

4) 予想タイム-目標タイム関係図の作成

予測タイム、目標タイム、実測タイムの結果から、予測タイム、目標タイムと実測タイムの誤差を求め、この予測方法の確かさが確認できる。横軸に予想タイムをとり縦軸に目標タイムをとり、これらの0分を交点にすると、目標タイム、予測タイムからの遅れは第1象限に入り、これらの予測を超える場合には第3象限に入る。予測タイム、目標タイムと実測タイム（結果）との誤差から、これらの設定の確かさを確認することができる。

19) の5 km 毎の平均的所要時間の変化を図2に示した。平均的には各5 km の所要時間は15分06秒であった。しかし、変異係数 (C.V.) を見ると、走行距離に比例し変異係数が増大し、変異係数は5 km から15 km になると、それぞれ40%から80%に増大した。したがって、このトライアル走では、距離が伸びると個人の走能力差が顕著に現れた。

2. 16 km 走時差トライアルにおける各個人の5 km 毎の所要時間の変化

16 km 走時差トライアル走における所要時間の変化を個人別に図3に示した。最初の5 km はいずれのグループも3分06秒 (15分30秒/5 km) であるが、距離が伸びるとその傾向が異なり、図中の左に示したように、徐々に速度が速くなるグループ、平均的な走り終わるグループ、逆に速度が徐々に遅くなるグループに分かれた。したがって、変異係数が著しく大きくなる背景には、各選手の走行距離に伴う走能力の違いが起こり、その結果が走能力の個人差を生んでいた。

Ⅲ. 研究成果

1. 16 km 走時差トライアルにおける5 km 毎の所要時間の変化

16 km 時差トライアル走における選手 (N =

3. 20 km 走一斉トライアルにおける所要時間の変化

20 km 走一斉のトライアルでは15 km までを集団で走り、残りの5 km は各自の速度とした。A (n = 7)、B (n = 9) の二群に分けて行い、2本の線として図4に示した。Aグループ (7名)

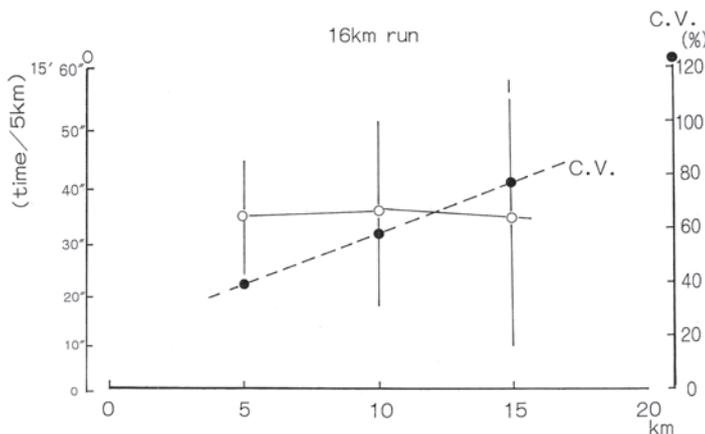


図2 16 km 走時差トライアルにおける split time (5 km) の変化
Fig. 2 Changes in split time (min/5km) of 16-km time differential trial run. Mean of the split time was 15'30", but the C.V. of the split time became larger with prolongation of the distance.

では、最初の 5 km が15分25秒、次の 5 km が15分30秒、であったが、15 km ならびに20 km においては15分00秒であった。しかし、Bグループでは15 km で多少の短縮は認められるが、20 km の時点ではおよそ20秒の延長を示し、A、B 両群間には有意な差が認められた ($p < 0.05$)。この例でも A、B 群の差は20 km で明らかとなり、この方法でも距離が長くなると、個人の走能力の違いが大きくなった。

4. 16 km 走時差トライアルと 20 km 走一斉トライアルとの違い

2004年ならびに2005年に選抜された選手 (N

= 15) について、16 km 走時差トライアル (n = 8) と20 km 走集団トライアル (n = 7) を比較した (図5)。30秒ごとにスタートした16 km 走時差トライアルでは、15 km で各個人のバラツキが大きくなった。しかし、20 km 走集団トライアルでの集団スタート方法では15 km まで全員が15分06秒で走り、16 km 走時差トライアルと大きく異なっていた。さらに、20 km に至っても16 km 走時差トライアルと比較し、個人差としてのバラツキが極めて小さかった。

5. 予測タイム、目標タイム、実測タイムと誤差 箱根駅伝の結果が得られた時点で、予測タイム、

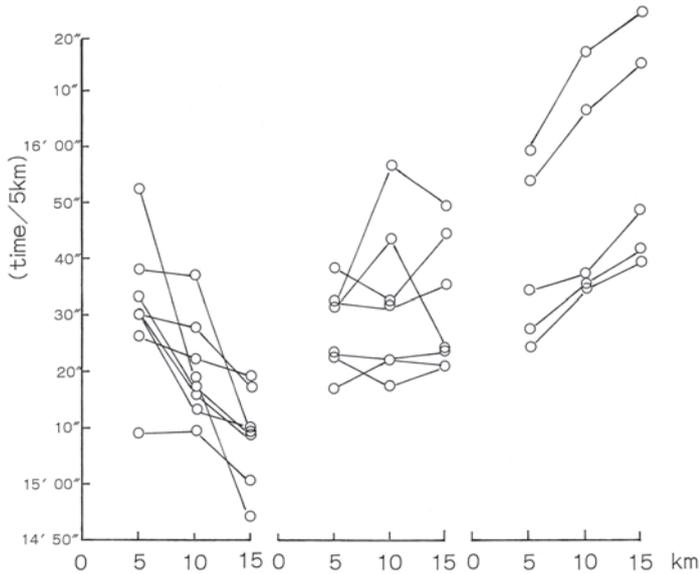


図3 16 km 走時差トライアルにおける各個人の split time の変化
Fig. 3 Individual change in split time (min/5km) during 16-km time differential trial. The split times were different in three groups; fast, even and slow groups.

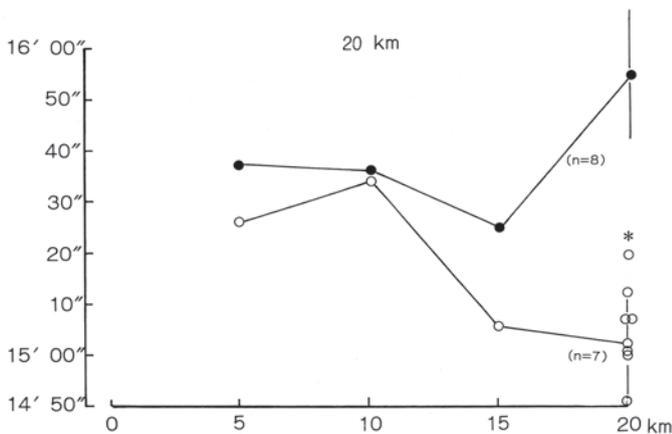


図4 20 km 走一斉トライアルにおける split time (5 km) の変化
Fig. 4 Changes in split time (min/5km) during 20-km grouped trial run.
Up to 15-km, all of the distance runners were able to keep the same split time. After 15-km run, individual run was performed up to 20 km. Closed circle is mean of split time (min/5km) of other candidate (n = 8). Open circle is mean of split time of Hakone-Ekiden candidate (n = 7).

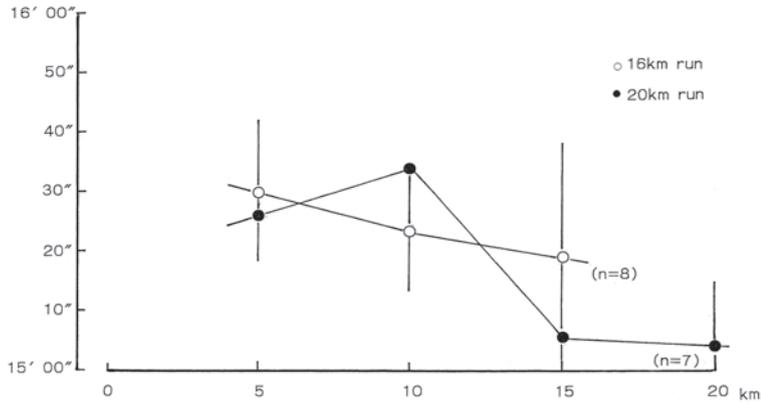


図5 16 km 走時差トライアルと20 km 走一斉トライアルとの split time の比較

Fig. 5 Comparison split time in 16km time differential individual trial run with split time in 20-km grouped trial run. Open circle is mean of split time (min/5km) in 16km time differential trial run. Closed circle is split time in 20-km grouped trial runs. At 15 km (10-15 km), significant difference in the split time was observed.

表2 各選手の予測タイム、目標タイム、実測タイム（結果）
個々の選手の順位予測は過去のこれまでの結果から判別した。

Table 2 Predicted, target and result performance time of each distance runner in each year. Difference in performance time of each distance runner (predicted performance-result performance time; target performance time -result performance time) was calculated. The ranks in individual runner and total teams were also estimated from the performances in the past.

2004

Legs	Subjects	Distance	Target		prediction time (T)	16kTT individual time Difference	Result		(R-T)	(R-t)
			time (T)	Rank			time (R)	Rank		
1	A	21.4km	1:04:15	1	1:04:43	0:48:23	1:03:43	7	△0:00:32	△0:01:00
2	B	23.2km	1:08:50	5	1:09:58	0:48:15	1:09:54	3	0:01:04	△0:00:04
3	C	21.5km	1:05:00	12	1:05:56	0:49:04	1:06:21	13	0:01:21	0:00:25
4	D	21.0km	1:03:03	3	1:03:18	0:36:10	1:05:08	7	0:02:05	0:01:51
5	E	20.9km	1:11:00	1	*1:11:29	0:48:07	1:12:54	2	0:01:54	0:01:25
6	F	20.8km	1:00:20	2	*1:01:00	0:50:16	1:01:58	14	0:01:38	0:00:58
7	G	21.3km	1:04:10	1	1:05:25	0:49:08	1:04:53	1	0:00:43	△0:00:32
8	H	21.5km	1:04:45	1	1:05:41	0:48:53	1:05:27	1	0:00:42	△0:00:14
9	I	23.2km	1:09:30	2	1:10:40	0:48:44	1:11:50	12	0:02:20	0:01:10
10	J	23.1km	1:10:50	2	1:10:48	0:49:02	1:11:40	9	0:00:50	0:00:52
Inward trip		108.0km	5:32:08	2	5:35:23	3	5:38:00	2	0:05:52	0:02:37
Outward trip		109.9km	5:29:35	1	5:33:33	2	5:35:48	4	0:06:13	0:02:15
Total time		217.9km	11:01:43	1	11:08:56	2	11:13:48	2	0:12:05	0:04:52

2005

Legs	Subjects	Distance	Target		prediction time (T)	20kTT Group	Result		(R-T)	(R-t)
			time (T)	Rank			time (R)	Rank		
1	A	21.4km	1:04:12	2	1:05:10	1:00:54	1:02:52	1	△0:01:20	△0:02:18
2	B	23.2km	1:07:55	2	1:10:39	1:00:54	1:08:04	2	0:00:09	△0:02:35
3	C	21.5km	1:04:51	4	1:05:41	1:01:06	1:04:18	3	△0:00:33	△0:01:23
4	D	21.0km	1:03:40	2	1:03:57	1:00:54	1:03:23	3	△0:00:17	△0:00:34
5	E	20.9km	1:13:00	2	*1:13:00	1:00:56	1:13:34	5	0:00:34	0:00:34
6	F	20.8km	1:00:45	6	*1:00:45	*0:46:06	1:00:43	10	△0:00:02	△0:00:02
7	G	21.3km	1:05:00	2	1:05:28	*0:46:06	1:05:27	4	0:00:27	△0:00:01
8	H	21.5km	1:06:20	3	1:05:48	1:01:13	1:06:38	7	0:00:18	0:00:50
9	I	23.2km	1:10:40	4	1:11:01	1:01:13	1:14:33	20	0:03:53	0:03:32
10	J	23.1km	1:11:25	4	1:11:29	1:01:53	1:11:00	8	△0:00:25	△0:00:29
Inward trip		108.0km	5:33:38	1	5:38:26	1	5:32:11	1	△0:01:27	△0:06:15
Outward trip		109.9km	5:34:10	2	5:34:30	1	5:38:21	12	0:04:11	0:03:51
Total time		217.9km	11:07:48	1	11:12:56	1	11:10:32	6	0:02:44	△0:02:24

△印は目標、予測タイムよりよかった者

目標タイム、実測タイム（結果）から、これらをまとめ表2に示した。16 km 走時差トライアルで予測した結果（2004）の目標タイムで予測した結果は、往路3位、復路2位で、総合2位であった。しかし、得られた結果では、往路2位、復路4位で、総合2位の成績であった。目標タイム並びに予測タイムとのズレはそれぞれ12分5秒、4分52秒の遅れであった。20 km 走集団トライアル（2005）では目標タイムで予測した順位は往路1位、復路1位、総合1位の予測であったが、結果は往路1位、復路12位、総合6位であった。しかし、目標タイム、ならびに予測タイムとのズレはそれぞれ2分44秒と2分24秒、予測より速い結果であった。

6. 予想 - 目標タイム誤差図による評価

これらの予測がどの程度正確で、どの方法がもっとも望ましいか決定する必要がある。そこで各選手の区間記録、予想タイム、目標タイムの差から予測 - 目標タイム図を作成し図6に示した。これらの予測と目標がすべて達成されれば0分となり、遅れれば第1象限にプロットされ、逆に、これらの予測や目標を超える結果の場合、第3象限のプロットとなる。これらの結果で見ると、各個人の予測と実測（結果）の様子を見ることができる。16 km 走トライアルと20 km 走トライアル

とを比較すると、20 km 走集団トライアルは各箱根区間の記録を予測するのに適していた。

IV. 考 察

長距離選手のトレーニングでは、コーチと監督がそれぞれのシーズンに合わせた毎月のトレーニング計画を作成し、これに基づいたトレーニングが行われる。それぞれの計画はこれまでのトレーニング内容と結果に基づいて修正され、各選手の performance の結果がその評価としてとして現れる。通常の試合であれば、各自の調整は選手に任せられるが、箱根駅伝や全日本学生駅伝では、多くの選手の中から出場選手を選抜すると同時に、選抜した選手全員の能力を十分に発揮させるための調整が必要となる。勝敗の順位、レースの展開、区間賞などの期待はその結果として予測される。この予測は箱根駅伝の区間を走る時間を予測するもので、トライアルを行ったコースとはまったく異なった区間での時間の予測である。このような条件は公式大会では通常の事柄であり、箱根駅伝の場合も、この区間をトレーニングに利用できない。Performance についてはこれを決定するための科学的な研究が行われ¹²⁾、そのためのテストさえ開発されている^{10, 11, 13, 14)}。しかし、これ

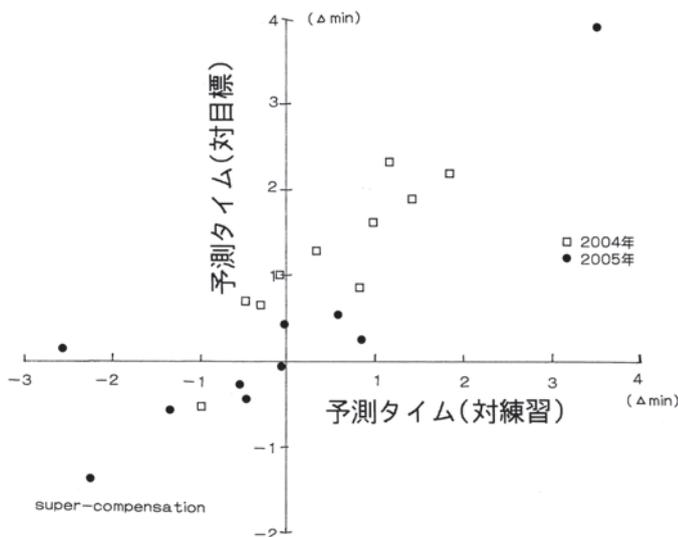


図6 各選手の評価図
□：16km 走時差トライアル、●：20km 走一斉トライアル
横軸：予測タイムと実測タイムとの差、
縦軸：目標タイムと実測タイムとの差

Fig. 6 Evaluation diagram of result performance of each runner. Open square; 16-km time differential individual run, closed circle; 20-km grouped trial run. Abscissa: difference time; predicted performance against result performance, ordinate: difference time; target performance against result performance.

らのいずれも、performanceとしての能力を決定づけるが、それぞれの区間を何分何秒で走るかという result performance を決定するものではない。コーチと監督は、result performance (時間) が必要であり、これらの時間の総和が勝敗を決定する。この意味では、求めている performance が研究としての結果ではなく、現場での実用にある。実際の現場ではこのような方法は通常に行われているが、その内容が学術的に取り扱われた例は現在のところ見当たらない。

1. 16 km 走時差トライアルの特徴

16 km 走時差トライアルはトライアルでの疲労をできるだけ軽減させ、試合でよりよい結果を期待する方法である。30秒毎にスタートするため、各自でペースを作り16 km を走破する。各自でペースを作り、実戦的であるが、結果から見ると、図3と6に示したように、個人差が大きく、予測タイム、目標タイムと実測タイム(結果)とのズレが極めて大きくなった。この原因には予測距離の長さや残りの距離における各自のペースの誤算が考えられる。さらに、このトライアルでは、距離が長くなればなるほど、個人の能力差が出現してくるので、ハーフマラソンや箱根駅伝を多く経験している選手であれば、その適正は高いが、経験の少ない選手では誤差が生じやすいトライアルと考えられる。

2. 20 km 走一斉トライアルの特徴

20 km 走一斉トライアルでは予測する距離は短い、16 km 走時差トライアルに比べるとそれだけ負荷が大きくなり、疲労回復が遅延する恐れがある。しかし、図4に示したように、15 km までは全員集団として走ることができ、しかも15 km を速いスピードで通過し、さらに残り5 km の記録を見ても、個人差が小さい。したがって、16 km 時差トライアル走に比べ、各自の能力を十分に引き出せる方法と思われる。図6の結果から見ても、予想タイム、目標タイムの指標をほとんどの選手がクリアし、これらの目標タイムをすべて

超える結果となった。これらの結果から見る限り、T大学の選手にとっては16 km 走時差トライアルに比べ、20 km 走一斉トライアルが優れた予測方法と言える。

3. 予測の限界

これらの結果からみる限り、あらゆるレースにおける予測が可能のように思われ、その原則はできるだけ区間距離に近い距離でのトライアルが望ましいことになる。

トレーニングの現状から見れば、1日60~70 km ものトレーニングをしているので、Marathon (42.195 km) でもそのトライアルは可能のように考えられる。しかし、現実にはそのようなトライアルは行われぬ。仮にできたとしても、20 km が限界であり、もしこれ以上の距離でトライアルを行えば、そのことによる疲労回復や障害回復にとてつもない時間を要し、その間のトレーニング不足に伴う performance の低下に大きな不安が存在している¹⁵⁻¹⁸⁾。このような意味から、距離が長くなればなるほどトライアルによる予測は難しくなる。さらに、その個人の performance を維持し続ける conditioning の問題がある。精神的な集中性は長くとも2週間とされ、Marathon 選手の場合でも通常は疲労を考え10日以上という時期に20 km のトライアルを行い、その結果からその大会での予測を行うのが普通である。これらの事柄を考慮すると、このようなトライアルにおける予測には限界あり、距離の長さに比例し、予測の不確定性が大きくなる。Marathon では30 km を超える時点で本当のレースが開始されるのは、この不確定領域での競争となるためであろう。

4. Performance の背景

持久性の指標として最大酸素摂取量が用いられ、持久性能力を要求される長距離選手ではこの測定値が、学術的にも極めて確立された内容となっている¹²⁾。しかし、選手の育成過程では、あるところまではこの指標で管理できるが、それ以上の領域となると、これらの関係がまったく失われ

る。特に、選手の performance と最大酸素摂取量との関係は成立しない。コーチと監督はこのような指標とは別に、距離と performance の関係から、経験的にそれぞれの選手の走能力を予測している。このような方法はコーチ自身の長い経験に依存し、20 km 走での数秒を的確に指示できる能力が研ぎ澄まされている。図 6 に示した結果からもその正確さが明確である。このような結果から見ると、最大酸素摂取量は持久性そのものの能力を表しているが、その結果が試合でどのような performance を反映するかを保証していない。その時の動きやリズムの変化はこれらを常に見ているコーチでなければ計算できない領域と考えられる。その意味では持久性能力が育成されてからのフォーム、リズムの形成は速度形成につながり、その結果が performance として出現している。Performance はエネルギー利用を反映しているが、10 km, 20 km を走り続けるにはそのエネルギーをどのように利用するかに関わっている。すなわち、エネルギー効率が大切となる。新居たち¹⁹⁾は選手の体重に注目し、脂肪の低下と 5000 m 走 performance に相互関係が存在していることを報告している。走るという基盤に存在する体重はエネルギー効率の主体であり、これに走る技術が研ぎ澄まされることで、より高い推進力を生む背景が成立する。この意味では、それぞれの距離でどのように酸素を利用するかを知ることが必要となり、時間と距離とリズムがその利用を決定する要因であり、その選手の performance が予測され、それなりの理論的背景が存在している。

V. 総 括

箱根駅伝ではその結果を予測することが行われる。2004年では16 km 走時差トライアルを行い、2005年では20 km 走一斉トライアルを行った。これらのトライアルはいずれも箱根駅伝の10~14日前に行い、それぞれの結果からその年の結果を予測する。対象者も時期も異なるが、予測の方法が

これらのトライアルでの、performance (時間) 誤差に基づいているため、この誤差を基準とすれば両者の方法を比較できる。そこで16 km 走時差トライアル (2004) と20 km 走一斉トライアル (2005) を比較し、両者の特徴と箱根駅伝区間予測への適正について検討した。

- 1) 16 km 走時差トライアルでは最初の 5 km は 3 分06秒でスタートしたが、距離が伸びると個人差が著しく現れ、個人の余力の違いは 5 km ごとの split time に現れた。さらに、予測距離が長いこと予測タイム並びに目標タイムと実測タイムとのズレは大きくなった。したがって、16 km 走時差トライアルではトライアルでの疲労を抑えられるが、T大学の選手が箱根区間を予測するには予測距離が長く、誤差が大きくなる危険性がある。しかし、十分な経験を積んだ集団であれば、有効になることは十分に考えられる。
- 2) 20 km 走一斉トライアルは箱根駅伝区間に極めて近い距離でのトライアルである。15 km までを集団で走り、残りの 5 km を自由に競うトライアルである。トライアルでの距離が長いこと、疲労の回復を考慮し、箱根駅伝の14日前に行った。15 km 間は集団で走るため、走りのリズムや速度がわかりやすいこと、予測距離が極めて短い点に特徴がある。しかし、いずれの選手においても予測タイム並びに目標タイムをクリアし、予測を超える結果が得られた。これらの結果から見ると、T大学の選手にとっては14日前の20 km 走一斉トライアルがよい結果を得るトライアルであると言える。
- 3) 予測タイム - 目標タイム誤差グラフはあくまでも予測タイムと目標タイムを原点 (0) としているので、どのようなトライアルでもこの座標に表すことができる。16 km 走時差トライアルならびに20 km 走一斉トライアルでも、これらの予測に対する誤差がえられ、それぞれの誤差を一目瞭然に判別でき、T大学の選手の場合20 km 走一斉トライ

アルが performance を予測するのに適していた。この予測誤差グラフは単に結果のみを判定するだけではなく、2005年の結果に見られるように、トライアルとそれに続くトレーニング過程での十分な能力を発揮させるための調整方法についても分析できる。2005年について見ると、このトライアルとその後のトレーニング過程はいわゆる超回復 (Super-compensation) を表し、このような方法としても予測タイム - 目標タイム誤差グラフは利用できる。

参考文献

- 1) Billat, V., Bernard, O., Pinoteau, J., Petit, B. and Koralsztein, J.P.: Time to exhaustion at VO₂ max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Internationales de Physiologie de Biochimie et de Biophysique*, 102(3), 215-219, 1994.
- 2) Elise, W.R., Scott, H., David, R. and Ian, S.: Applying a mathematical model to training adaptation in a distance runner. *Eur. J. of Appl. Physiology*, 94(3), 310-316, 2005, Jun.
- 3) Omar, A.A., Andrew, M.J. and Keith, T.: Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. *Med. and Scie. in sports and exercise*. 35(3), 480-487, 2003, Mar.
- 4) Jones, A.M.: A five year physiological case study of an Olympic runner. *British J. of Sports Med.* 32(1), 39-43, 1998, Mar.
- 5) Joyner, M.J.: Modelling: optical marathon performance on the basis of physiological factors. *J. of Appl. Physiol.* 70(2), 683-687, 1991, Feb.
- 6) Boileau, R.A., Mayhew, J.L., Riner, W.F., Lussier, L.: Physiological characteristics of elite middle and long distance runners. *Can. J. of Appl. Sports Sciences*, 7(3), 167-172. 1982, Sep.
- 7) Zacharogiannis, E. and Farrally, M.: Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance performance. *J. of Sports Med. and Physical Fitness* 33(4), 337-347, 1993, Dec.
- 8) Tanaka, K., Nakagawa, T., Hazama, T., Matsuura, Y., Asano, K. and Iseki, T.: A prediction equation for indirect assessment of anaerobic threshold in male distance runners. *Eur. J. of Appl. Physiol. and Occu. Physiol.* 54(4), 386-390. 1985.
- 9) Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J.M., Enjolras, F., Antoniadis, A.P., Costes, F., Minini, P., Busso, T., Lacour, J.R. and Barthelemy, J.C.: Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med. and Sci. in Sports and Exercise*, 32(10), 1729-1736, 2000, Oct.
- 10) Sinnett, A.M., Berg, K., Latin, R.W. and Nobel, J.M.: The relationship between field tests of anaerobic power and 10-km run performance. *J. of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 405-412, 2001, Nov.9.
- 11) Granier, P., Mercier, B., Mercier, J., Anselme, F. and Prefaut, C.: Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in spring and middle-distance runners. *Eur. J. of Appl. Physiol. and Occu. Physiol.* 70(1), 58-65, 1995. 12. (8).
- 12) Joyner, M.J.: modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *J. of Appl. Physiol.* 70(2). 683-687, 1991, Feb.
- 13) Gayton, W.F., Skelton, K., Waichunus, M. and Hearn, J.F.: Validities of the physical estimation scale in predicting running times. *Perceptual and Motor Skills*, 68(1), 252-254. 1985.
- 14) Murray, T.D., Walker, J.L., Jackson, A.S., Morrow, J.R.Jr., Eldridge, J.A. and Rainey, D.L.: Validation of a 20-minute steady state jog as an estimate of peak oxygen uptake in adolescents. *Res. Quart. for exercise and sport*. 64(1), 75-82, 1993, Mar.
- 15) Marino, F.E., Mbambo, Z., Kortekaas, E., Wilson, G., Lambert, M.I., Noakes, T.D. and Dennis, S.C.: Advantages of smaller body mass during distance running in warm, humidity environments. *Pflugers Archive*, 441(2/3), 359-367, 2000.
- 16) McConell, G.K., Costill, D.L., Widrick, J.J., Hickey, M.S., Tanaka, H. and Gastin, P.B.: Reduced training volume and intensity maintain aerobic capacity but not performance in distance runners. *Int. J. of Sports Medicine*, 14(1), 33-37, 1993, Jan.
- 17) Houmard, J.A., hortobagyi, T., Johns, R.A., Bruno, N.J., Nute, C.C., Shinebarger, M.H. and Welborn, J.W.: Effect of short-term cessation on performance measures in distance runners. *Int. J. of sports Med.*,

13(8), 572-576, 1992, Nov.

- 18) Houmard, J.A., Costill, D.L., Mitchell, J.B., Park, S.H., Hickner, R.C., Roemmich, J.N.: Reduced training maintains performance in distance runners. *Int. J. of Sport Med.* 11(1), 46-52, 1990, Feb.

- 19) 新居利広, 大崎 栄, 河野建仁, 風見昌利, 呉林蘭, 山村雅一, 岩垣丞恒: 持久性トレーニングの有酸素条件は長距離選手の脂質利用を亢進する, 東海大学紀要体育学部, 33, 1-10, 2003.



長距離選手における 血液粘度と血液諸物質との関係

岩垣 丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科)
新居 利広 (体育学部競技スポーツ学科) 山村 雅一 (医学部分子生命科学Ⅰ)

Relationships among blood viscosity, blood cells,
and substances in student distance runners

Suketsuene IWAGAKI, Sakae OHSAKI, Toshihiro ARAI and Masaichi YAMAMURA



Abstract

We investigated the relationships among blood viscosity, blood cells, and substances in student long distance runners, who have trained in distance running for 7-11 years, to clarify the background of decreased viscosity occurring by prolonged endurance training, and the following results were obtained :

There were significantly high relationships among blood viscosity and Hct, RBC, and Hb ($r = 0.75$, $r = 0.60$, $r = 0.79$, respectively $p < 0.05$). Decrease of blood viscosity with prolonged endurance training in distance runners was mainly depended on decreased RBC. The relationship between blood viscosity and WBC was weak, but positively significant ($r = 0.35$, $p < 0.05$). The number and function of WBC influenced the viscosity. Despite the numbers of platelets, the relationship between platelets and blood viscosity was extremely weak, but positively significant ($r = 0.25$, $p < 0.05$). Then, functional role of the platelets influenced blood viscosity and decrease of blood viscosity occurred with the decrease of platelets with endurance training. In addition, there were significantly negative relationships among blood viscosity, MCV, and MCH ($r = -0.25$, $r = -0.36$, respectively $p < 0.05$). Decreased blood viscosity with the decrease of RBC compensatively caused intrinsic changes in MCV and MCH. There were negative and positive relationships among blood viscosity, serum HDL and Fe ($r = -0.25$, $r = 0.28$, respectively, $p < 0.05$), but among blood viscosity, other metabolic substances and enzymes. These results mean that LCAT activity and hemoglobin synthesis related to RBC occur together with the decrease of blood viscosity induced by endurance training. Therefore, decreased blood viscosity with endurance training is not only dependent on the decrease of RBC, but also on various factors related to RBC metabolism induced by endurance training for a prolonged period.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 18-27, 2006)

I. 緒 言

長距離選手のトレーニングは、長時間の持久運動を主体とした呼吸・循環系の生体負担を特徴と

している。その効果は最大酸素摂取量の増加、心拍数ならびに血圧の低下として認められ、この背景には循環系での円滑な血流と心臓・血管系への負担の軽減が生じ、迷走神経系緊張の優位が考えられている。しかし、これらの構造や機能にの

み変化が生じるだけではなく、この主体となる血液そのものに変化が起きている¹⁾。古くは持久性運動が赤血球の減少を招き、“sports anemia”として知られている²⁻⁵⁾。このような現象が起きているにもかかわらず、選手の記録の更新が起き、酸素運搬体としての赤血球の役割から見れば paradox である。

運動に伴う血液粘度に関しては plasma volume⁶⁻¹⁰⁾、von willbrand¹¹⁾、fibrinogen^{12, 13)}、serum leptin¹⁴⁾、赤血球 MCV¹⁵⁾、赤血球膜¹⁶⁻¹⁸⁾、赤血球数に関する検討が行われ、Brun, J. F. たち¹⁹⁻²²⁾の研究では血液乳酸が赤血球の変形能を変え、酸素供給の改善が血液中の脂質の利用を高める結果となり、血液乳酸は switch substance であることを報告している。Connes, P. たち²³⁾もヘモグロビンの不飽和化が血液粘度を高める原因となっていることを報告している。Galy, O. たち²⁴⁾も、動脈中の酸素不足が赤血球硬化 (erythrocyte rigidity) を引き起こし、酸素供給が悪化すると報告している。しかし、いずれの研究も運動そのものの影響を検討したもので、長期にわたる持久的トレーニングの結果として、どのような血液性状が形成されているかを検討したのではない。長距離選手のトレーニングがきわめて長期にわたって行われている現状を見ると²⁵⁾、このような変化を引き起こしている集団としての検討が必要で、これまで報告されている一過性の運動の影響とは意味が異なる。

山村たち²⁶⁾は長距離選手の血液粘度が一般の対象者に比べ有意に低いことを報告した。この意味を7~11年にわたる持久性トレーニングでもた

らされた現象と考えると、このような変化は長距離運動にとっては不可欠な現象として発現したものと考えられる。

血液粘度そのものの変化は当然血液成分の変化に依存する現象であり、長期にわたる持久性トレーニングの影響はそれぞれの成分の変化が関与し、決して単独な因子による現象ではないはずである。本件研究ではこれらの背景を考慮し、7~11年の経験をもつ、長距離選手の血液粘度と血液諸物質との関係から、血液粘度の低下に伴う血液性状を明らかにしようとした。

II. 研究方法

1. 対象者

本研究の対象者はT大学男子学生78名である。対象者は7~11年の経験者で、身体的特徴、5000 m、10000 m の performance を表1に示した。持久性トレーニングの経験年数は7~11年、身体的特徴としての比体重は $33.5 \pm 1.0\%$ であり、長距離選手としての特徴を備えている集団であることは明らかである。

本研究の実施に当たっては東海大学湘南校舎倫理委員会「ヒトに関する倫理」へ申請し、承認を得た。各対象者には研究目的、結果の意義と利用方法について説明し、各自から承諾書を得た。

2. 血液検査

血液検査はトレーニング量の少ない時期を選び、4月、6月、9月で、採血はすべて早朝空腹時

表1 対象者の身体的特性、年齢と、performance (5000 m、10000 m)
Table 1 Physical characteristic of student distance runners and performances (5000 m, 10000 m)

	Age (year)	Sex	Body height (cm)	Body weight (kg)	Relative weight (%)	5000 m	10000 m
n = 78	19.1 (1.0)	male	170.7 (3.7)	57.4 (3.6)	33.5 (1.6)	14'40" (17')	30'26" (41') (S.D.)

(7:30~8:30) に行った。延べ人数としてのサンプル数は187であった。

測定項目は細胞成分としての赤血球 (RBC)、平均赤血球容積 (MCV)、平均血色素量 (MCH)、白血球 (WBC)、血小板 (Plt)、代謝産物としての血糖 (BG)。トリグリセリド (TG)、高密度リポタンパク質 (HDL)、逸脱酵素として乳酸脱水素 (LDH)、クレアチン燐酸キナーゼ (CPK)、トランスアミナーゼ (GOT、GPT) とし、これらの項目の分析・定量はすべてSR社へ依頼した。

3. 血液粘度の測定

血液粘度の測定には血液粘度測定器 (ブルックフィールド社) を用い、抗凝固血液を37度、60回転で測定し、血液粘度 (c.P) を得た。

4. 統計学的処理

統計学的処理にはピアソンの相関関係を用い、危険率5%以下で有意とした。

5. 究課題

A. 血液粘度と Hct、Hb、Hb との関係

血液粘度は血液に含まれる細胞成分ならびに含有物質濃度に依存するが、ここではその中心となる赤血球成分との関係を明らかにする。

B. 血液粘度と白血球との関係

白血球は赤血球に比べその数は著しく少ないが、白血球としての機能的役割を考えると血液粘度との関係があり、その意味で血液粘度との関係を求めた。

C. 血液粘度と赤血球因子との関係

赤血球には数だけではなく、容積 (MCV)、血色素量 (MCH) の変化があり、RBC の変化は、これらの因子に与えている影響が考えられる。血液粘度の変化に伴うこれらの変化を求めた。

D. 血液粘度と血小板との関係

血小板の役割から見れば、その凝固作用は血液

粘度に大きく影響する。この意味から大きさは小さいが、数は多くこの可能性は無視できない。この意味から、血液粘度の低下に伴う血小板の変化を求めた。

E. 血液粘度と HDL ならびに Fe との関係

HDL ならびに Fe は赤血球に直接関係する物質であり、RBC の数の変化や機能的な変化はこれらの物質との関係を持ち、その結果が、間接的ではあるが、血液粘度との関係を持つと考えられる。

F. 血液粘度と代謝産物、逸脱酵素との関係

これらの物質の存在も血液粘度の原理から見れば関係している。ここでは血液粘度に対してどの程度の影響を持つかを求めた。

Ⅲ. 研究結果

1. 血液粘度と血液中の細胞成分との関係

1) 血液粘度とヘマトクリット値、赤血球数、ヘモグロビン量

血液粘度ヘマトクリット値 (Hct)、赤血球数 (RBC)、ヘモグロビン量 (Hb) との関係を図1に示した。これらの間にはそれぞれ統計学的に有意な相関関係が認められた ($r = 0.75$ 、 $r = 0.69$ 、 $r = 0.79$ 、それぞれ、 $p < 0.05$)。これらの結果から、血液粘度に対しては血液の中心的成分としての赤血球の影響が著しく高く、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下は赤血球数の低下に依存していた。

2) 血液粘度と白血球数との関係

白血球数は赤血球数のおよそ500分の1で、量的に見ると赤血球数とは比較にならない。しかし、血液粘度との関係を求めると、図2に示したように、弱い相関関係が認められた ($r = 0.36$ 、 $p < 0.05$)。この弱い相関関係は血液全体としての粘度との関係であり、その数から見れば、おのずと限定された関係にとどまる。

長距離選手における血液粘度と血液諸物質との関係

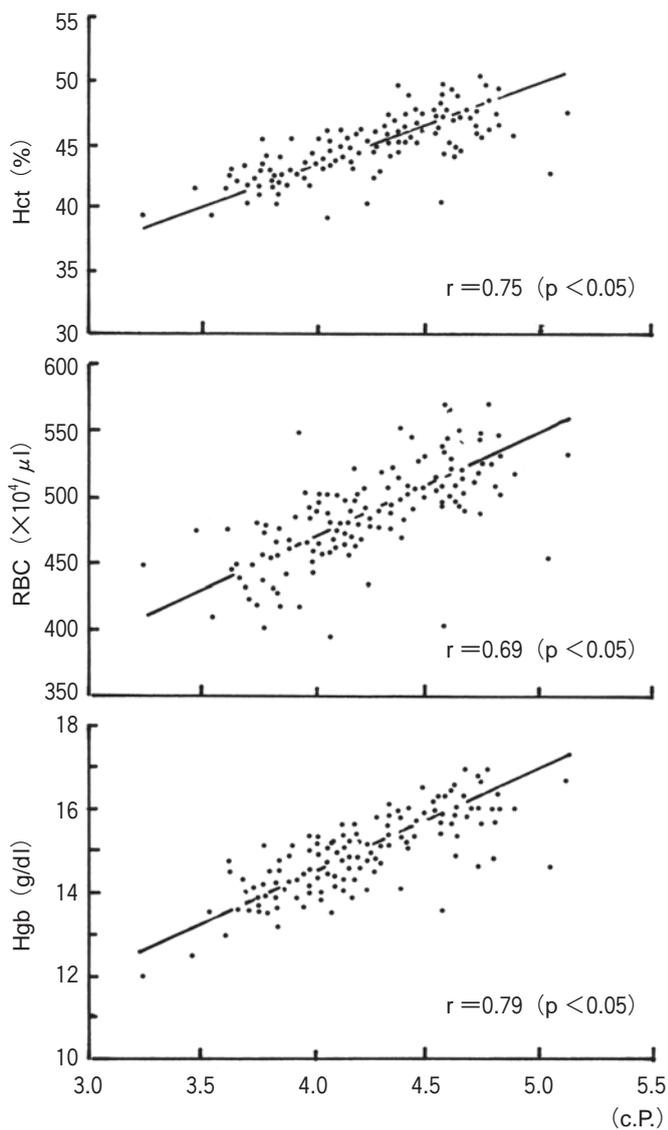


図1 長距離選手の血液粘度とヘマトクリット (Hct)、赤血球数 (RBC)、ヘモグロビン (Hb) との関係

Fig. 1 Relationships among blood viscosity, Hct, RBC, and Hgb in distance runners

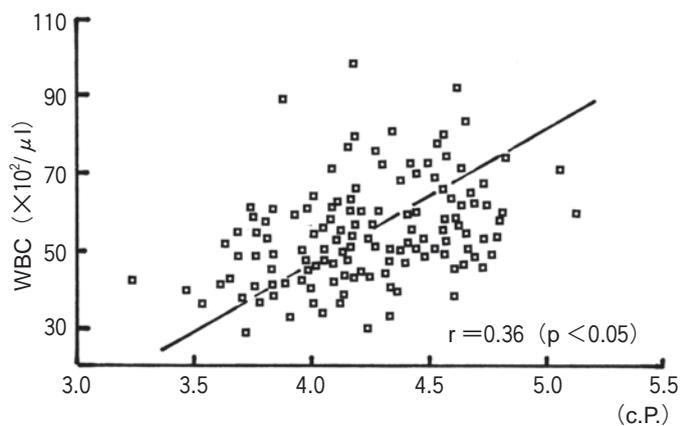


図2 長距離選手の血液粘度と白血球数との関係

Fig. 2 Relationship between blood viscosity and WBC in distance runners

3) 血液粘度と血小板との関係

血液粘度と血小板数との関係を図3に示した。細胞の大きさから見れば極めて小さな細胞であるが、数から見ると赤血球に次いで多い。図3に示したように、極めて弱い相関関係であるが、統計学的には有意な相関関係が見出された ($r = 0.25$, $p < 0.05$)。したがって、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下には血小板の低下も関係していた。

2. 赤血球に起きている現象

1) 平均赤血球容積 (MCV) に起きている現象

持久性トレーニングに伴う血液粘度の変化には赤血球細胞の変化が問題となる。血液粘度を指標として、赤血球容積との関係を求め、図4(A)に示した。これらの間には負の相関関係が認められた ($r = -0.25$, $p < 0.05$)。したがって、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下に際しては赤血球容積の増大が起きている。

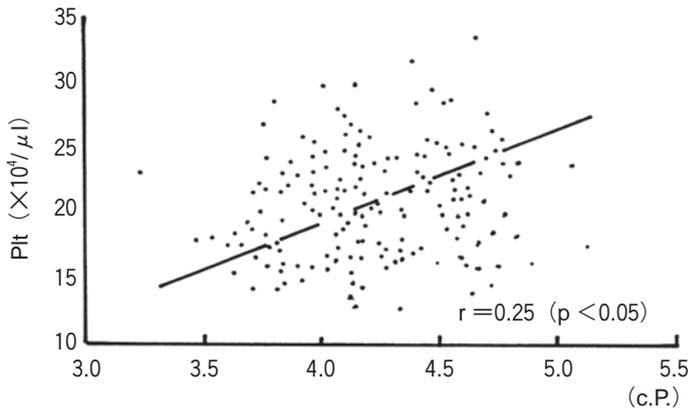


図3 長距離選手の血液粘度と血小板との関係

Fig. 3 Relationship between blood viscosity and platelet in distance runners

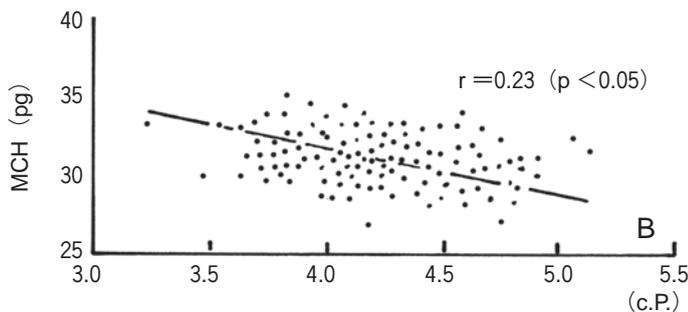
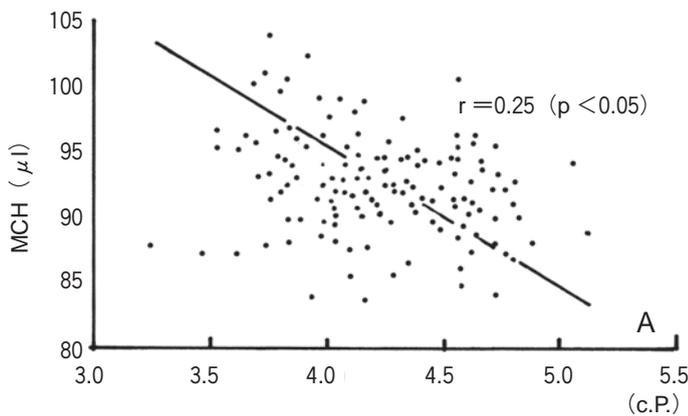


図4 長距離選手の血液粘度と赤血球因子との関係

Fig. 4 Relationship between blood viscosity and RBC factors (MCV, MCH)

2) 赤血球色素量 (MCH) に起きている現象

酸素運搬体としての赤血球細胞の立場から見ると、MCV だけの増大では意味はない。そこで、血液粘度と赤血球色素量との関係を求め、図 4 (B) に示した。これらの間にも負の相関関係が認められ ($r = -0.23, p < 0.05$)、血液粘度の低下に際しては、MCV の増大だけではなく、MCH も増加し、hemoglobin 量の代償的变化が認められた。

Cholesterol acyltransferase: LCAT) を膜の表面に存在し、赤血球膜と密な関係にある。Fe は transferrin を介してヘモグロビンの合成に関与している。これらの意味から血液粘度との関係を求めると、極めて弱い相関関係ではあるが、それぞれ統計学的には有意な関係が見出された ($r = -0.26, r = 0.25$ 、それぞれ、 $p < 0.05$)。したがって、これらの変化は持久性トレーニングに伴う現象で、血液粘度の一連の変化として発現していた。

3. 血液粘度と血清、Fe との関係

赤血球にまつわる物質として、HDL と Fe との関係を図 5 にまとめた。

Cholesterol 処理としての LCAT (Lecithin-

4. 血液粘度と代謝物質、ならびに逸脱酵素との関係

血液中の代謝産物ならびに逸脱酵素の存在がありこれらの物質の量的変化と血液粘度との関係を

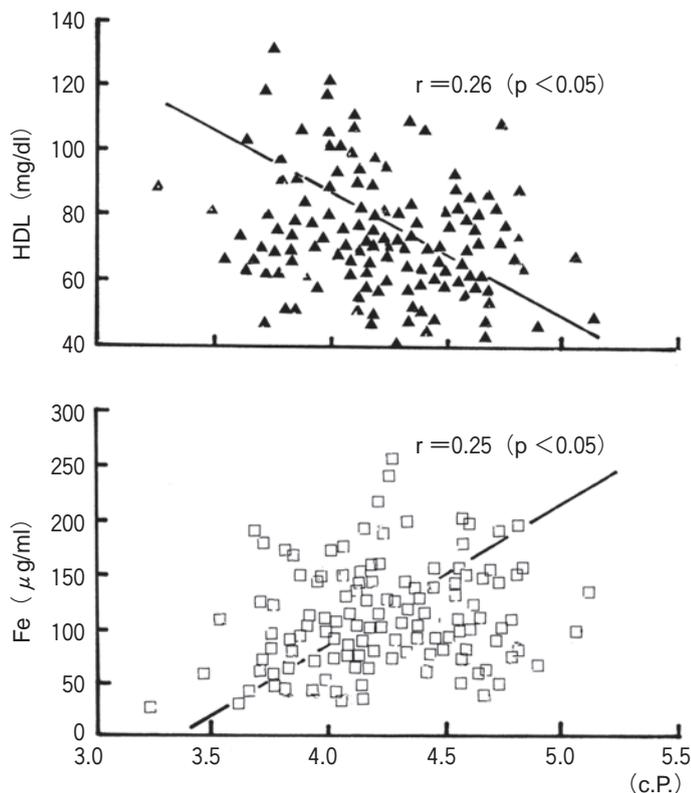


図 5 血液粘度と血漿 HDL、Fe との関係
Fig. 5 Relationship among blood viscosity, plasma HDL and serum Fe

表 2 長距離選手における血液粘度と代謝産物ならびに逸脱酵素との関係

Table 2 Relationships among blood viscosity, serum substances, and enzymes in distance runners

BG	TG	T-cho	GOT	GPT	LDH	CPK
$r = 0.13$	$r = 0.05$	$r = 0.00$	$r = 0.11$	$r = 0.06$	$r = 0.07$	$r = 0.07$
$p > 0.05$						

表2にまとめた。いずれの物質においても血液粘度との関係は認められなかった。したがって、長距離選手という限定された対象者ではこれらの関係は著しく低い。

Ⅲ. 考 察

血液粘度の変化は血流速度への影響が大きく、血液粘度は血流速度と反比例の関係にある。運動時の心拍出量の増加では血流速度が高まるため、血液粘度の違いは心臓・血管系への負担を大きく変える要因である。長距離選手の持久性トレーニングは、負荷強度はもとより、頻度の多さや持続時間の長さを考慮すると、心臓・血管系に対する負担は他のスポーツ活動に比較にならないほど大きい。

血液粘度は血液に含まれる細胞成分と血漿成分により決定される。大きさ、数、存在様式の違いは原理的には血液粘度に反映される。しかし、血液粘度の測定では、これらを含めて測定するため、含有するすべての要因を測定できるわけではない。

持久性トレーニングを長期にわたって観察すると、すでに報告してあるように¹⁾、赤血球の低下に伴い、血液粘度の低下が出現し、このような時期に performance (5000 m) の更新が起き、酸素運搬体としての立場から見ると paradox である。長距離選手全員で生じている現象として考慮すると、持久性トレーニングに伴うこのような変化は長距離選手にとって不可欠な要素となっているのではなかろうか？

長距離選手の血液粘度が一般人の対象者に比べ、統計学的にも有意に低いことはすでに報告されている²⁶⁾。血液粘度だけの立場で見ると、この粘度の低さは心臓・血管系にとって極めて有意義であるが、持久性トレーニングの特徴として見られる sports anemia に関わる現象と一致し、この状態で記録の更新が起きることは paradox となる。

持久性トレーニングでは単に血液粘度の変化だけでなく、さまざまな要因が相互的に関係し、

生体全体としての機能を高める働きが考えられ、この意味では血液粘度と血液諸物質との間に相関関係が成立しているはずである。

血液粘度と Hct、RBC、Hgb との間には、図1に示したように、それぞれ高い、有意な相関関係が得られた ($r = 0.75$, $r = 0.69$, $r = 0.79$, それぞれ, $p < 0.05$)。したがって、長期の持久性トレーニングに伴い RBC の低下が起きていることは確かで、その結果として血液粘度に低下が起きている。しかし、このままでは paradox の解決にはならない。

ところが、血液粘度と赤血球容積、ならびに赤血球色素量との関係を求めると、図4に示したように、これらの間にはいずれも負の相関関係が得られ、統計学的にも有意な関係にあった ($r = -0.25$, $r = -0.23$, それぞれ, $p < 0.05$)。したがって、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下では、赤血球数は減少するが、代償的に赤血球の容積ならびに色素量は増加し、少なくとも多くのヘモグロビンを運搬する状態をとっている。すなわち、長期にわたる持久性トレーニングでは血流速度を増すための血液粘度の低下が起きるが、赤血球は増大し、色素量も多くなり、酸素供給を高め、運動の持続を可能とする代償的現象と考えられる。

一方、血液粘度と白血球数、血小板の間にも弱い相関関係が認められ、それぞれ統計学的には有意な関係が見出された ($r = 0.36$, $r = 0.25$, $p < 0.05$)。これらの関係の発現は赤血球数の変化と一致し、血液粘度との間には正の相関関係が成立していた。これらの結果を見る限り、持久性トレーニングによる赤血球の変化は末梢的現象ではなく、幹細胞を中心とした中枢的現象と考えられる。Ehn, L. E. (1980)²⁷⁾ は長距離選手では59Feを用いた鉄寿命の半減期が半減し、1000日に短縮し、赤血球の turnover が速まっていることを報告している。

しかしながら、血液粘度も RBC も、障害によるトレーニングの中止では回復している現状を見

ると、持久性トレーニング時に限定して発現している現象と考えられる

血液粘度と血清 Fe、HDL との間には図 5 に示したように、弱い相関関係が認められ、いずれも統計学的には有意であった ($r = -0.26$, $r = 0.25$, それぞれ, $p < 0.05$)。これらの相関関係の成立にはいずれも赤血球に関する要因が関与しているものと思われる。血清 Fe は transferrin を介して hemoglobin の合成に関与している。HDL には LCAT (Lecithin-cholesterol-acyltransferase) が存在し、細胞膜 cholesterol と赤血球膜 PC (phosphatidylcholine) を介して cholesterol ester を合成し、肝臓での cholesterol 処理を行っている。これらの意味から推測すると、赤血球自体の変化は赤血球そのものだけで起きている現象ではなく、赤血球を取り巻く要素との関係を含んだ内容として、発現している現象と言える。

ところが、表 2 に示したように、血清中の代謝産物や逸脱酵素においては血液粘度との関係はまったく認められなかった。これらの成分の濃度や大きさは極めて小さく、理論的には関係を持つことになるが、血液全体の粘度の測定では、よほどの濃度の増加でない限り、血液粘度への影響は極めて小さいと言える。Brun, F. J. たち¹⁹⁻²⁴ は血液中乳酸が switch substance として赤血球 MCV に影響を与えていることを報告している。宇津は¹⁵ 運動開始時に同様の現象が認められ、酸素濃度が高めると in vitro で同様の結果が得られることを示し、むしろ酸素濃度との関係が考えられる。しかし、これらの問題は運動時の問題であり、この結果が長期トレーニングの結果にどのように関係してくるかは定かではない。

これらの結果から、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下は主に赤血球の低下によるが、単に赤血球数だけが低下するのではなく、MCV, MCH の増加を伴う変化である。この変化が白血球、血小板にも認められることから、幹細胞を中心とした変化と考えられ、赤血球を取り巻く代謝的变化が成立することで、はじめて認められ、この意味でも長期のトレーニング期間を要する。

IV. 総括

学生長距離選手を対象者とし、血液粘度と細胞成分ならびに血清物質との関係を求め次のような事柄が明らかとなった。

1. 長距離選手の血液では血液粘度とヘマトクリット値、赤血球数ヘモグロビン濃度との間には、極めて高い正の相関関係が認められた (それぞれ, $r = 0.75$, $r = 0.69$, $r = 0.79$, $p < 0.05$)。したがって、長期にわたる持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下には主に赤血球の低下が関与していた。
2. 長距離選手の血液では血液粘度と白血球との間に弱い相関関係が認められた ($r = 0.36$, $p < 0.05$)。したがって、単に、細胞数だけの問題ではなく、その機能的働きも血液粘度に影響していることが明らかとなった。
3. 長距離選手の血液粘度と血小板との間にも弱い相関関係が認められた ($r = 0.25$, $p < 0.05$)。統計学的に有意であることから、数や大きさだけではなく、血小板の働きそのものが血液粘度に影響を与える要因である。
4. 長距離選手の血液粘度と赤血球因子 (MCV, MCH) との間には有意な負の相関関係が認められた ($r = -0.25$, $r = -0.35$, それぞれ $p < 0.05$)。これらの関係の成立は持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下には赤血球数の低下のみならず、赤血球細胞の変化を伴っていることを示し、MCV, MCH の増大や増加は赤血球数低下の代償的变化と考えられる。
5. ところが、血清 HDL ならびに Fe との間にも負の相関関係が認められた。 ($r = -0.26$, $r = 0.25$, それぞれ, $p < 0.05$) これらの相関関係の成立は LCAT やヘモグロビン合成などと赤血球が強く関係しているためと考えられた。
6. しかし、代謝産物としての TG, BG、あるいは逸脱酵素には血液粘度との関係は全く認められなかった。

参考文献

- 1) Iwagaki, S., Arai, T. and Yamamura, M.: Decrease in red blood cells in prolonged endurance training. *Spectrum der Sportwissenschaften* 12, 74-83, 2000.
- 2) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第1報—赤血球新生破壊に及ぼす影響，*体力科学*，7，2312-241，1958.
- 3) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第2報—運動鍛錬時の赤血球の抵抗性について，*体力科学*，7，242-251，1958.
- 4) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第3報—運動鍛錬時における赤血球幕燐の代謝について，*体力科学*，7，81-91，1958.
- 5) 吉村寿人：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第4報—運動鍛錬時の赤血球鉄分の代謝について，*体力科学*，8，92-98，1958.
- 6) El-Sayed M. S.: Effects of exercise and training in blood rheology. *Sport Med. (Auckland, N. Z.)* 26(5), 281-292, 1998.
- 7) Neuhaus, D. Gaetgens, P.: Haemorheology and long term exercise. *Sports. Med. (Auckland. N. Z.)* 18(1), 10-21, 1994.
- 8) Neuhaus D., Behn C., Gaetgens P.: Haemorheology and exercise; intrinsic flow properties of blood in marathon running. *Int. J. Sports Med.* 13(7), 506-511, 1992.
- 9) Vndewalle, H., Lacombe, C., Lelievre, J. C., Poirot C.: Blood viscosity after a 1-h submaximal exercise with and without drinking. *Int. J. Sports Med.* 9(2), 104-107, 1988.
- 10) Staubli, M. and Rossler, B.: The mean cell volume in long distance runners. *Euro. J. Appl. Physiology and Occu. Physiol.* 55(1), 49-53, 1986.
- 11) Melnikov, Andrey A., Vikulov, Alexander D. and Bagrkova, Svetlana V.: Relationships between von Willbrnd factor and hemorheology in sportsmen. *Clin. Hemorheol. and Microcircul.* 29(1), 19-24, 2003.
- 12) Wood, S. C., Doyle, M. P., Appenzeller O.: Effects of endurance training and long distance running on blood viscosity. *Med. and Scie. in Sports and Exerc.* 23(11), 1265-1269, 1991.
- 13) Melnikov, A., Vikulov, A. D., Bagrakova, S. V., Turchaninov, S. Y.: Hematosis, lipid metabolism and hemorheology in sportsmen. *Gematologia i Transfuziologia* 47(6), 39-42, 2002.
- 14) Haluzic, M., Halzikova, D., Boudova, L., Nedvidkova, J., Brandejjsky, P., Novotny, V., Vilikus, Z.: The relationship of serum leptin and parameters of endurance training status in top sportsmen. *Endocrine Reseach.* 25(3, 4), 357-369, 1999.
- 15) 宇津 浩：運動時における赤血球 MCV の変化について，*東海大学体育学研究科 2002年度修士論文*.
- 16) Oostenbrug, G. S., MenSink, R. P., Hardemman, M. R., De Vries, T., Brouns, F., Homstra, G.: Exercise performance, red blood cell deformability, and lipoperoxidation; effects of fish oil and vitamin E. *The Netherlands J. Appl. Physiol.* 83(3), 746-752, 1997.
- 17) Tanaka, K., Koga, K., Kawamura, T., Soejima, T., Endou, T., Bandoh, T., Fukuda, K., Kanai, N., Sakakibara, M., Umeken Co.Ltd.: Evaluation of the effects of Japanese apricot extracts on blood fluidity by mean of MC-FAN. *Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi*, 57(2), 81-87, 2004.
- 18) Kobayashi, S., Takaoka, I., Sawaki, K., Terano, T., Hirai, A., Fijishiro, S., Saito, Y., Nakajima, S.: Effects of fish oil ingestion on red blood cell (RBC) membranes function of a long-distance runner in high-altitude training. *Shishitsu Eiyogaku*, 12(1), 75-84, 2003.
- 19) Brun, J. F. et al.: Maximal oxugen uptake and lactate thresholds during exercise are related blood viscosity and erythrocyte aggregation in professional football player. *Clin. Hemorheol.* 15, 201-212, 1995.
- 20) Connes, P., Bouix, D., Durand, F., Kipplen, P., Merier, J., Brun, J-F., Caillaud, C.: Is hemoglobin desaturation related to blood viscosity in athletes during exercise? *Int. J. Sports Med.*, 25(8), 569-574, 2004.
- 21) Varlet-Marie, E., Brun, J-F.: Reciprocal relationships between blood lactate and hemorheology in athletes; Another hemorheologic paradox. *Clini. Hemorhel. and Microcircul.* 30(3, 4) 331-337, 2004.
- 22) Brun, J-F, Varlet-Marie, E., Cassan, D., Manetta,

- J., Mercier J.: Blood fluidity is related to the ability to oxidize lipids at exercise. *Clin. Hemorheol. and Microcircul.* 30(3, 4), 339-343, 2004.
- 23) Connes, P., Bouix, D., Py, G., Prefaut, C., Mercier, J., Brun, J.-F.: Opposite effects of in vitro lactate on erythrocyte deformability in athletes and untrained subjects. *Hemorheol. And Microcircul.* 31(4), 311-318, 2004.
- 24) Galy, O., Heu, O., Boussana, A., Peyreigne, C., Prefaut, C.: Blood rheological responses to running and cycling: a potential effect on the arterial hypoxia of highly trained athletes? *Int. J. Sports Med.* 26(1), 9-15, 2005.
- 25) Adachi, H., Sakurai, S., Tanehara, M., Oshima, S., Taniguchi, K.: Effect of long-term exercise training on blood viscosity during endurance exercise at an anaerobic threshold intensity. *Japanese Circul. J.* 64(11), 848-850, 2000.
- 26) 山村雅一, 新居利宏, 岩垣丞恒: 糖尿病患者における紅参投与と血液粘度, *Therapeutic Research*, 18, 24-26, 1997.
- 27) Ehn, L. E.: Iron status in athletes involved in intense physical activity. *Med. Sci. Sports Exer.* 12, 61-64, 1980.



学生長距離選手における 赤血球 MCV 増大の背景

新居利広 (体育学部競技スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科)

孫 崗 (筑波大学人間総合科学研究科) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)

山村雅一 (医学部分子生命科学 I)

Background of increased MCV of student distance runners

Toshihiro ARAI, Sakae OHSAKI, Sun GANG, Suketsune IWAGAKI and Masaichi YAMAMURA



Abstract

Mechanism on increased MCV of distance runners with prolonged endurance training for four years was studied from viewpoint of red blood cell factors. Subjects were male student distance runners belonged to training dormitory for four years. Blood sampling was carried at early in the morning under postabsorptive state. Number of the sampling was 6 times per year and total number of the sampling was 24. RBC, MCV, MCH, and Hb were determined. MCV of distance runner showed individual changes during four years, despite of the same amount of endurance training. Then, changes in MCV have individuality against the prolonged endurance training. Changes of MCV (Δ MCV) induced by the training four years were classified into H- Δ MCV ($7.4 \pm 1.8 \mu\text{l}$), M- Δ MCV ($4.4 \pm 0.51 \mu\text{l}$), and L-MCV ($1.17 \pm 0.95 \mu\text{l}$). There was significant difference between them ($p < 0.05$). Significant relationship between MCV and MCH was at over $88 \mu\text{l}$, but at low $88 \mu\text{l}$. Δ MCH was large at H- Δ MCV, but not at other Δ MCV groups. In particular, the MCH of L- Δ MCV was negative. Besides, in H- Δ MCV group, significant decrease of Hb and RBC occurred with the prolonged endurance training. With comparison before and after RBC, the RBC of H- Δ MCV group was significantly higher than those of other group. From these results, we concluded that the increases of MCV with prolonged endurance training was limited in subjects with high RBC concentration and that positive relationship between MCV and MCH contributed improvement of performance.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 28-35, 2006)

I. 緒 言

持久性トレーニングを行う学生長距離選手の赤血球特性を縦断的に4年間観察すると、赤血球数 (RBC: red blood cells) の減少に伴い、赤血球容積 (MCV: mean capsular volume) と血色素量 (MCH: mean capsular hemoglobin) の

増加が起き、これらの変化と performance (5000 m) との間には相互関係が認められ、赤血球の低下が performance の向上に関係していた¹⁾。しかしながら、持久性能力の評価は最大酸素摂取量が指標であり²⁾、この基盤となる hemoglobin (RBCxMCH) の存在を考えると、記録の更新と赤血球減少との関係には矛盾がある。これらの変化が持久性トレーニングに伴う現象と考えると、

赤血球数の低い選手は sports anemia³⁻⁶⁾ となり、トレーニング効果は期待できない。前回の報告では¹⁾ 4年間の縦断的調査であったが、対象者が6名であり、普遍的現象として説明づけるには不十分である。

持久的運動並びに持久性トレーニングと赤血球との関係については既に多くの研究報告があり、heat shock protein⁷⁾、 β -adrenergic receptor⁸⁾、iron deficiency⁹⁻¹²⁾、EPA^{13, 14)}、RBC property^{15, 16)}、oxygen dissociation¹⁷⁾、erythrocyte enzymes¹⁸⁾、total hemoglobin(tHb)^{19, 20)} などの研究が報告されている。これらの研究ではすべて横断的であり、運動時間あるいはトレーニングの期間も極めて限定されている。我々はより現場に即した赤血球因子の変化に注目し、この解決を目的としているので他の研究者の目的とは著しく異なる。長距離選手の持久性トレーニング効果は極めて長期のトレーニングで得られている現状を見ると、我々の研究成果はより現実的結果となることが考えられる。

本研究では長距離選手として大学に4年間在籍した男子選手36名について、RBC、MCV、MCHの変化を縦断的に調査し、これらの相互関係から、持久性トレーニングに伴うRBC減少とMCV増大の背景を赤血球因子の立場から明らかにしようとした。

II. 研究方法

1. 対象者

本研究の対象者はT大学陸上部長距離ブロックに4年間所属した36名の男子学生である。これらの学生は全員合宿所に居住し、食事、トレーニングはほとんど同一条件下にあり、任意の集団と比較すれば統一された条件下にあった。彼らのトレーニング量は日常的に平均22km/日、月間600km以上であった。

本研究の実施に当たっては東海大学湘南校舎倫理委員会「ヒトに関する倫理」へ各自の承諾書をもって申請し、承認を得た。

2. 血液検査とその項目

血液検査は4、6、8、10、12、2月に、およそ2カ月に1回行い、すべて早朝空腹時とした。したがって、4年間における各個人の検査結果は少なくとも20~24回に及び、個人での赤血球因子の相互関係を求めることができる。血液は直ちにSRL社へ輸送し、各項目の測定を依頼した。測定項目は赤血球(RBC)、ヘモグロビン(Hb)、平均赤血球容積(MCV)、平均血色素量(MCH)である。

3. 分析方法

1) 4年間でのMCV変化量(Δ MCV)

赤血球のMCV変化はさまざま、その時々による変化の違いが起きる。4年間の血液検査ではおよそ20~24回の検査結果が得られるので、これらの各対象者について、4年間におけるMCV変化量の回帰直線を作成し、外挿法を用いてMCVの変化量(Δ MCV)を求めた。

2) Δ MCVの分類

Δ MCVには大きな選手、中程度の選手、小さな選手がいた。これらを Δ MCVの平均値を中心に、統計学的に $+2\sigma$ 、 $\pm 1\sigma$ 、 -2σ に区分し、high- Δ MCV ($7.4 \pm 1.8 \mu\text{l}$)、middle- Δ MCV ($4.4 \pm 0.5 \mu\text{l}$)、Low- Δ MCV ($1.17 \pm 0.95 \mu\text{l}$)の群に分け、それぞれの群で起きるRBC、MCHの変化について検討した。

3) MCV-MCH関係

一般的にはMCV-MCHの関係が成立している。この関係は直接的にhemoglobin(Hb)量を決定する要因であり、MCVの変化に対するMCHの動態は重要な問題となる。各対象者についてMCVとMCHの相関係数を求め、持久性トレーニングに伴うRBCの減少に対し、相関関係の依存性を検討した。

4) Δ MCV別に見た赤血球数の変化

持久性トレーニングに伴うRBC、MCVの変

化はトレーニング開始時のRBCが問題となる。RBCの高い選手、低い選手、いずれの場合でも同じ影響が起きるか否かを明らかにする必要がある。そこで、 Δ MCVの違いによる持久性トレーニング前後の赤血球数変化について検討した

5) Δ RBC- Δ MCV 関係

4年間の持久性トレーニングに伴う赤血球数(RBC)と平均赤血球容積(MCV)をそれぞれの変化量で表し、 Δ MCV変化量と赤血球数変化量(Δ RBC)との関係を検討した。

4. 統計学的処理

本研究での統計学的処理についてはすべて student "t" テストを用い²¹⁾、有意性の検討は5%以下の危険率を用いた。

Ⅲ. 結 果

1. 赤血球 MCV の初期値の違いによる持久性トレーニングの影響の変化

赤血球 MCV の初期値にはかなり個人差が見られ、持久性トレーニングの影響もこの初期値に関係していることが考えられる。この手がかりを得る目的で、この初期値を均等区分し、 $85 \mu\text{l}$ 以下 ($n = 5$)、 $86 \sim 87 \mu\text{l}$ ($n = 14$)、 $88 \sim 89 \mu\text{l}$ ($n = 9$)、 $90 \mu\text{l}$ 以上 ($n = 8$) に分けた。図1はその結果である。この図からも明らかなように、初期値が小さい群では MCV の変化量 (Δ MCV) が大きく ($p < 0.05$)、逆に初期値の大きな群では MCV の変化量が小さく、統計的にも有意差は認められなかった。したがって、持久性トレーニング開始時の MCV が平均的に $89 \mu\text{l}$ 以下であれば Δ MCV の増加となるが、 $91 \mu\text{l}$ 以上ではこのような増加は起きていないことが明らかとなった。

2. 赤血球 MCV の変化量 (Δ MCV) について

4年間にわたる各個人の赤血球 MCV の変化量 (Δ MCV) を回帰直線から求め、4年間における

これらの変化量を統計学的に3群に分けた。高い Δ MCV 群 (H- Δ MCV)、中程度の Δ MCV 群 (M- Δ MCV)、小さな Δ MCV (L- Δ MCV) 群とし、それぞれの特徴を図2にまとめた。H- Δ MCV 群は $7.4 \pm 1.8 \mu\text{l}$ 、M- Δ MCV 群は $4.4 \pm 0.51 \mu\text{l}$ 、L- Δ MCV 群は $1.17 \pm 0.95 \mu\text{l}$ であった。これらの間にはそれぞれ統計学的にも有意な差が認められた ($p < 0.05$)。したがって、4年間同じトレーニングを行っていても、 Δ MCV の変化にはかなり特徴があり、この原因が求められれば Δ MCV の背景が明らかとなる。

3. MCV-MCH 相関関係の分布

対象者36名について MCV-MCH の相関係数を求めその分布図を図3に示した。相関係数 $r = 0.4$ ($n = 25$) として相関係数の有意性を求めると、36名中20名では MCV-MCH 関係が成立していなかった。しかし、残りの16名ではこれらの間に統計学的にも有意な関係が成立していた。このように、見かけ上では同じトレーニングを行っているが、赤血球の立場で見ると、持久性トレーニングに伴う MCV-MCH 関係には個人差が出現し、一般的に見られる正の相関関係が必ずしも存在しているわけではない。

4. MCV の変化量から見た MCH の変化 (Δ MCH)

H- Δ MCV、M- Δ MCV、L- Δ MCV 群について MCH の変化量 (Δ MCH) を図4に示した。H- Δ MCV 群では明らかな MCH の増加が認められたが、M- Δ MCV 群ならびに L- Δ MCV 群では MCH の変化が極めて少なく、とくに L- Δ MCV 群ではむしろ減少を示した。したがって、MCH の変化量は MCV の変化に依存した現象であった。

5. Δ MCV の違いから見た RBC の変化

Hb の変化は主に RBC の変化に依存するため、 Δ MCV の違い別にトレーニング開始時と4年後の RBC の変化について図5に示した。4年間にわたる、赤血球の変化では H- Δ MCV 群では統

学生長距離選手における赤血球 MCV 増大の背景

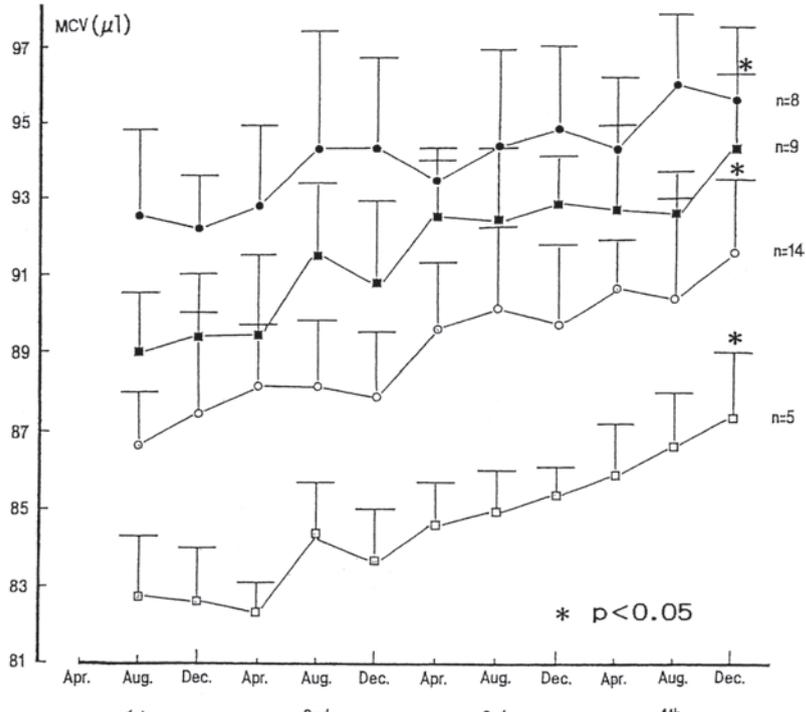


図1 任意な4区分における赤血球 MCV の縦断的变化

Fig. 1 Longitudinal changes in MCV of RBC divided into four divisions with initial MCV during prolonged endurance training.

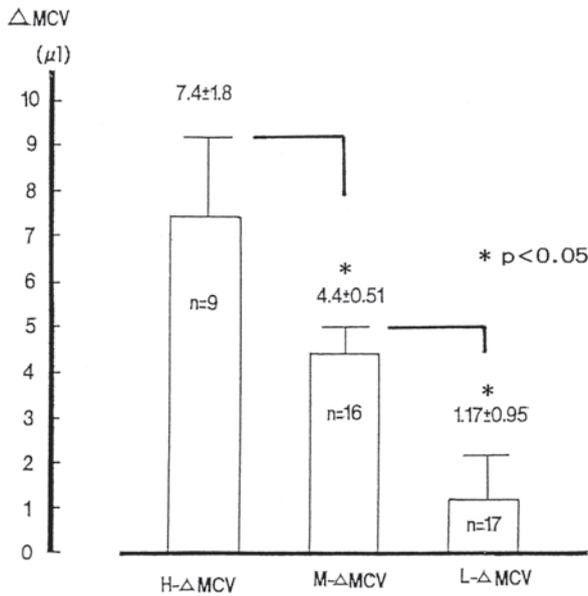


図2 4年間の MCV 変化量で分類した各群の ΔMCV

Fig. 2 MCV of each group classified with changes in MCV during prolonged endurance training

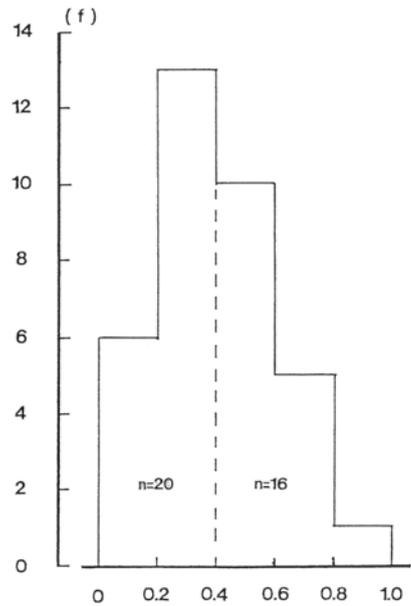


図3 各個人の MCV-MCH 相関係数の分布

Fig. 3 Distribution of MCV-MCH relationship

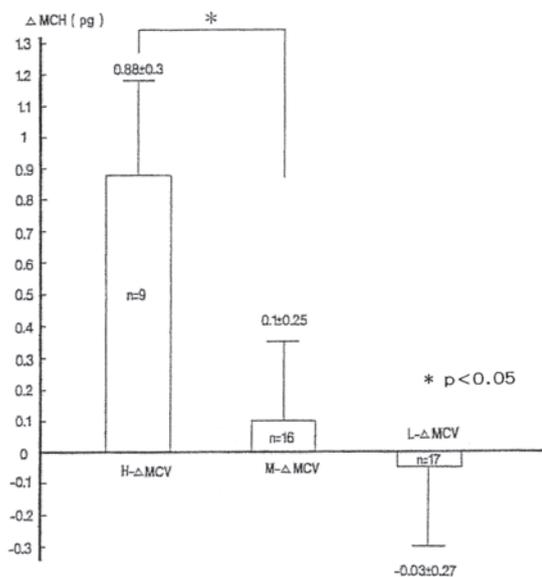


図4 4年間のMCV変化量(H-ΔMCV、M-ΔMCV、L-ΔMCV)とMCH変化量(ΔMCH)
Fig. 4 Changes in MCH of each group classified with changes in MCV (H-ΔMCV, M-ΔMCV and L-ΔMCV) during prolonged endurance training

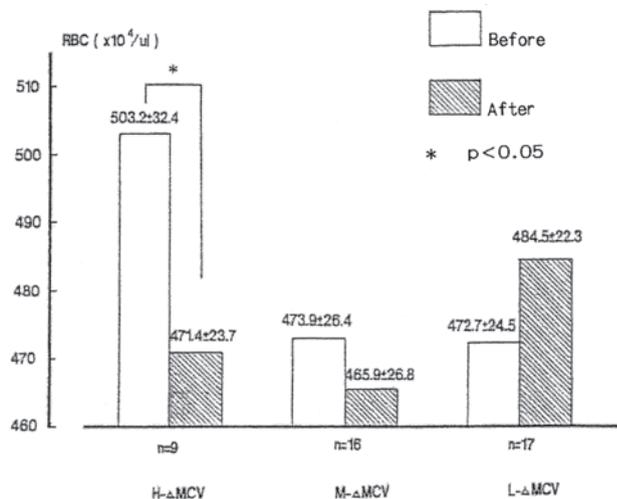


図5 ΔMCV群別に見た赤血球数の変化
Fig. 5 RBC before and after prolonged endurance training of each group classified with changes in MCV (H-ΔMCV, M-ΔMCV and L-ΔMCV)

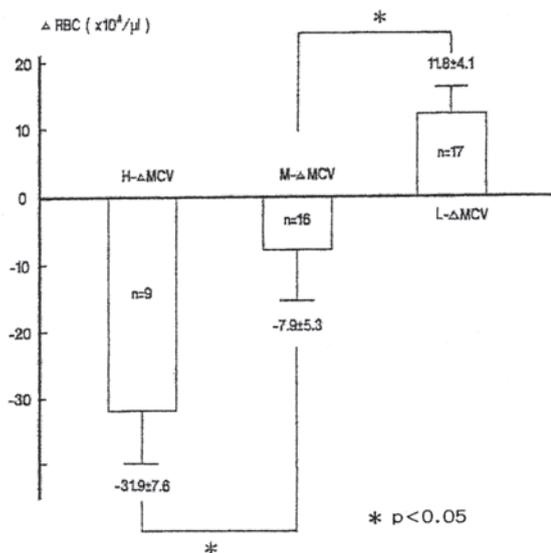


図6 ΔMCV群別に見た赤血球数の変化量(ΔRBC)
Fig. 6 Changes in RBC before and after prolonged endurance training of each group classified with changes in MCV (H-ΔMCV, M-ΔMCV and L-ΔMCV)

計学的にも有意な低下が起きた。M-ΔMCV群では赤血球数の変化はほとんど認められなかった。しかし、L-ΔMCV群では4年間の持久性トレーニングで増加を示した。これらの結果を赤血球数の変化量(ΔRBC)としてみると、図6に示したように、H-ΔMCVでは赤血球は減少し、逆にL-ΔMCV群ではむしろ増加を示し、これらの変化量の間にはそれぞれ統計学的に有意差が認められた(それぞれ、 $p < 0.05$)。したがって、ΔMCVの変化はトレーニング開始時の赤血球数に依存した現象であることが明らかとなった。

IV. 考 察

持久性トレーニングの指標は最大酸素摂取量とされ、統計学的に見ると、この関係は存在している。雨宮²²⁾による個人の11年間における縦断的な最大酸素摂取量の変化と performance

(5000 m) との間には相関関係が見られる。しかし、Sutton²⁾ は最大酸素摂取量を古くて新しい問題として提起している。この意味は最大酸素摂取量を説明するためには、その窓口となる赤血球の問題は避けて通れない事柄であるにもかかわらず、その因子に関する研究は極めて少ない。さらに、弘と堀居²³⁾ は身体トレーニングにおける赤血球への影響は極めて少ないと報告している。また Horii¹⁵⁾ は嫌氣的及び好氣的条件としての赤血球特性を検討しているが、この結果からも長期にわたる持久性トレーニングによる赤血球の変化を予測できない。

長距離選手の4年間にわたる縦断的な赤血球変化では、赤血球数の減少に伴って、MCV ならびに MCH の増加が起き、この変化に伴い自己記録の更新が認められ、これらの変化は performance の向上に貢献していた¹⁾。普遍性としての立場から見ると、赤血球数が少ない選手の場合、sports anemia となり、トレーニング効果は期待できない。しかし、現実にはこのような例は極めてまれで、大部分の選手は持久性トレーニングを行っているにもかかわらず、その効果に著しいばらつきがあることも事実であり、その原因については深く掘り下げて検討されていない。持久性トレーニングに伴う sports anemia の発現は古くからよく知られている事実であり³⁻⁶⁾、赤血球が低下する現象はこの運動、あるいはトレーニングの特徴といえるであろう。

このような変化がもし普遍的に起きているとすると、この状態での記録の更新は酸素を運搬する赤血球そのものに何らかの変化がなくては説明できない。

赤血球 MCV にかなりばらつきのあることから、それらの違いが持久性トレーニングに伴う赤血球 MCV の変化に影響しているか否かを明確にする目的で、トレーニング初期の MCV を4区分とし、それぞれの縦断的变化を示したものが図1である。この結果から見ると、決してすべての選手に同様に起きている現象ではないことがわかる。この変化はトレーニング開始時の MCV の初期値が小さ

いほど大きな MCV の変化を示すことが明らかとなった(それぞれ、 $p < 0.05$)。

その背景を4年間における変化量 (Δ MCV) として見ると、図2に示したように、大きな MCV の変化 ($H-\Delta$ MCV) を示す群と、中程度の変化を示す MCV 群 ($M-\Delta$ MCV)、小さな MCV ($L-\Delta$ MCV) 変化を示す群に分けられ、これらの間には統計学的な有意差が認められた(それぞれ、 $p < 0.05$)。したがって、同じ持久性トレーニングを行っているにもかかわらず、MCV が増大する背景にはトレーニング初期の MCV が小さいことが関係している。

この意味をさらに解明するために、MCV と MCH との相互関係を求めると、図3に示したように、この関係においては相関関係のあるもの、相関関係のないものもあり、一般的な MCV-MCH 関係では説明できない現象が出現していた。この理由については現在のところ明らかではないが、hemoglobin 量に直接関係している因子であることを考慮すると、持久性トレーニング効果の出現に直接関係している現象とも考えられる。

このような MCV-MCH 関係がどのような MCV で生じているかを明らかにする目的で、4年間での Δ MCV 群別に Δ MCH との関係を求めると、図4に示したように、 $H-\Delta$ MCV、 $M-\Delta$ MCV、 $L-\Delta$ MCV 群での Δ MCH に著しい違いがあることが明らかとなった(それぞれ、 $p < 0.05$)。したがって、我々が観察した持久性トレーニングに伴う MCV の増大の背景には、MCH の増加が関与していたことになる。

このことは直接的に hemoglobin (Hb) に関係するため、赤血球数の変化との関係が問題となる。赤血球数の問題を振り返ると、4年間にわたる持久性トレーニング前後の赤血球数を比較では、図5に示したように、大きな MCV の変化を示す群では、トレーニング初期の赤血球数が高く、この群では著しい赤血球の減少となったが、トレーニング前の赤血球数の少なかった $L-\Delta$ MCV 群では、元々赤血球数が少なくトレーニングでは逆に増加していた。これらの結果から見ると、持久性トレ

ーニングに伴う赤血球 MCV の増大はトレーニング初期の赤血球数が多く、MCV が小さい対象者に限定して出現し、その変化はトレーニング開始時の赤血球数によって異なることが明らかになった。

V. 総 括

本研究では T 大学陸上部長距離ブロックに 4 年間所属した 36 名の男子学生を対象として、持久性トレーニングで生じた赤血球の減少に伴う MCV 増大の背景について、赤血球因子の立場から検討し、次のような結果を得た。

- 1) 赤血球の MCV 初期値を任意の等間隔で分類し、それぞれの縦断的な Δ MCV を求めると、赤血球 MCV の増大には、トレーニング初期の MCV の違いによる Δ MCV の違いが認められた。赤血球 MCV の初期値が小さい対象者では Δ MCV が大きく、統計学的に有意差が認められた ($p < 0.05$)。赤血球 MCV の初期値が大きな対象者では Δ MCV は小さく、統計学的な差は認められなかった。
- 2) 4 年間にわたる MCV の変化量を統計学的な 3 区分 ($+2\sigma$, $\pm\sigma$, $-\sigma$) に従い、大きな変化を示す赤血球 MCV (H- Δ MCV)、中程度の変化を示す赤血球 MCV (M- Δ MCV)、小さな変化を示す赤血球 MCV (L- Δ MCV) に分けると、それぞれ $7.4 \pm 1.8 \mu\text{l}$ 、 $4.4 \pm 0.5 \mu\text{l}$ 、 $1.17 \pm 0.95 \mu\text{l}$ となり、これらの間にはそれぞれ統計学的な有意差が認められた (それぞれ、 $p < 0.05$)。
- 3) 持久性トレーニングに伴う MCV-MCH 関係にはかなり個人差が認められ、36 名中 16 名で相関関係が認められたが ($p < 0.05$)、残りの 20 名ではこのような関係は認められなかった。
- 4) Δ MCV と Δ MCH との関係では H- Δ MCV 群で最も大きな Δ MCH の増加を示したが ($p < 0.05$)、M- Δ MCV ならびに L- Δ MCV 群

では極めて小さく、L- Δ MCV では Δ MCH の減少を示した。

- 5) Hb の主体となる赤血球数について見ると、H- Δ MCV 群の赤血球はその初期値が高く、統計学的に有意な減少が起きた ($p < 0.05$)。しかし、L- Δ MCV 群ではトレーニング開始時の赤血球が低く、逆に赤血球数の有意な増加量 (Δ RBC) を示した。これらの結果から、持久性トレーニングに伴う赤血球 MCV の増大の背景には赤血球数が大きく関与し、そのレベルによって変化の方向が異なっていることが明らかとなった。トレーニング初期の赤血球数が多い選手では赤血球の減少が起き、 Δ MCV が大きくなり、MCH の増加が同時に発現している。赤血球の少ない選手では RBC の増加が起きるが、 Δ MCV は小さく、MCH との関係は弱い。

参考文献

- 1) Iwagaki, S., Arai, T. and Yamamura, M.: Decrease in red blood cells in prolonged endurance training. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 12, 74-83, 2000.
- 2) Sutton, J. R.: VO₂-new concepts on an old theme. *Medical and Science in Sport Exercise*, 24(1), 26-29, 1992.
- 3) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第 1 報—赤血球新生破壊に及ぼす影響，*体力科学* 7, 231-241, 1958.
- 4) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第 2 報—運動鍛錬時の赤血球の抵抗性について，*体力科学* 7, 242-251, 1958.
- 5) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第 3 報—運動鍛錬時における赤血球膜燐の代謝について，*体力科学* 7, 81-91, 1958.
- 6) 吉村寿人：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第 4 報—運動鍛錬時の赤血球鉄分の代謝について，*体力科学* 8, 92-98, 1958.
- 7) Shin, Y.O., Oh, J.K., Sohn, H.S., Bae, J.S., Lee, M.Y., Lee, J.B., Yaug, H.M., M, Y.K., Song, H.Y., Ko, K.K. and Matsumot, T.: Expression of exercise induced HSP70 in long distance runner's leukocytes. *J. of Thermal Biology*. 29(7-8), 769-774, 2004.

- 8) Fujii, M., Shibata, T., Ikegami, H., Maruyama, K. and Miyazaki, H.: Effects of physical exercise on β adrenergic receptor and its gene expression. *Tairyoku Kenkyu* 88, 121-127, 1995.
- 9) Brownlie, T.W., Utermohlen, V., Hintoo, P.S. and Hass, J.: Tissue iron-deficiency without anemia impairs adaptation in endurance capacity after aerobic training in previous untrained women. *Am. J. Clin. Nutri.*, 79(3), 437-443, 2003.
- 10) Perkkio, M.V., Jansson, L.T., Henderson, S., Refino, C., Brooks, G.A. and Dallman, P.R.: Work performance in the iron-deficient rat; improved endurance with exercise. *Am. J. Physiol.*, 249(3, Pt. 1), E306-E311, 1985.
- 11) Friedmann, B., Jost, J., Rating, T., Weller, E., Werle, E., Eckardt, K.U., Baertsch, P. and Mairbaurl, H.: Effects of iron supplementation on total body hemoglobin during endurance training at moderate altitude. *International J. Sports Medicine*, 20(2), 78-85, 1999.
- 12) Kawano, Y., Takeda, H., Suzuki, T. and Kajimoto, M.: Effects of dietary iron supplementation on the activity of δ -aminolevulinic acid dehydrorase (δ -ALAD) in human erythrocytes. *Eiyougaku Zasshi* 56(5), 265-272, 1998.
- 13) Kobayashi, S.: EPA and endurance of a long distance runner. *Food style* 21, 7(10), 75-78, 2003.
- 14) Kobayashi, S., Takaoka, I., Sawaki, K., Terano, T., Hirai, A., Fujishiro, S., Saito, Y., Nakajima, S.: Effect of fish oil ingestion on red blood cell (RBC) membrane function of a long distance runner in high-altitude training. *Shishitsu Eiyougaku*, 12(1), 75-84, 2003.
- 15) Horii, A.: Effect of physical training on red blood properties and on the amount of total hemoglobin. *Toho Igaku Zasshi*, 36 (5), 333-347, 1990.
- 16) Boning, D., Tibes, V. and Schweigart, V.: Red cell hemoglobin, hydrogen ion and electrolyte concentrations during exercise in trained and untrained subjects. *Eur. J. Appl. Physiol. and occup. Physiol.* 35(4), 243-249, 1976.
- 17) Mairbaurl, H., Humpeler, E., Schwaberger, G. and Pessenhofer, H.: Training dependent changes of red celldensity and erythrocyte oxygen transport. *J. Appl. Physiol.; respiratory, environmental, and exercise physiol.* 55(5), 1403-1407, 1983.
- 18) Spodary, K., Szygula, Z., Dabrowski, Z. and Miszta, H.: The activity of erythrocyte enzymes in rats subjected to running exercise. *Eur. J. of Appl. Physiol. and Occup. Physiol.* 54(5), 533-537.
- 19) Bouix, D., Durand, F., Kippelen, P., Mercier, J., Prefaul, C., Brun, J.F. and Caillaud, C.: Is hemoglobin desaturation related to blood viscosity in athletes during exercise? *International J. of Sports Medicine*, 25(8), 569-574, 2004. Nov.
- 20) Schmidt, W., Heincke, K., Rojas, J., Manuel-G. J., Serrato, M., Mora, M., Wolfarth, B., Schmid, A. and Keul, J.: Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 34(12), 1934-1940, 2002.
- 21) 岩原信九郎：教育と心理のための推計学，日本文化科学社，東京，1965，434-455.
- 22) 雨宮輝也：スポーツ科学とランニング，ホクエツ印刷，東京，2003，70.
- 23) 弘 卓三，堀居 昭：身体トレーニングに伴う赤血球分布曲線の研究，*体力科学*，33，1-7，1984.



ハンドボールのシュート技術に関する 3次元解析

田村修治 (体育学部競技スポーツ学科)

Three-dimensional analysis on shoot skill of handball

Shuji TAMURA



Abstract

It is the most effective way to analyze the skill what are shown in a handball match. The offensive movement corresponding to the defense is demanded with the shooter, furthermore it must be analyzed quantitatively the game from the viewpoint concerning tactics with one on one. But, a report with such a viewpoint can not be found. So, it paid attention in the position of the shot form, the block of the defense and in the locus of the ball while a forward swing in shot. This research tried to explain the factors of successful shot and failure shot.

Three-dimensional DLT method was used to analyze the shot scenes of the men's handball world championship in Kumamoto, and 14 shot scenes while four final games were analyzed. The characteristics of the shot form were judged from the angular difference among a shoulder angle and a waist angle.

When three viewpoints, a shot form, a position of the defense and a locus of the ball while a forward swing, correspond with the shot course, the shot success rate dropped down extremely. On the other hand, when locus of shot was changed while a forward swing by shot using wrist emphasize the shot success rate and went up drastically.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 36-43, 2006)

I. 緒 言

ハンドボール競技におけるオフェンス戦術の課題は、防御ラインを破る（ノーマーク）、人数的優位を作る（オーバーナンバー）、空間的優位を作る（オープンスペース）^{8,9)} ことである。この課題達成のため、個人戦術、グループ戦術、チーム戦術を考え攻撃が展開されるが、攻撃の最終目的はシュートし得点を挙げることである。オフェンス戦術では、シューターがフリーな状況を作ることが重要であるが、攻防型のゲームであるハ

ンドボールのシュート場面は、ディフェンスが介在した状況が多く見られる。シュートに対し、ディフェンスはプレッシャーをかけ、そのような状況の1つがブロックを伴った状態でのシュート場面である。このような状況では、ディフェンスはブロックをするとともに、ゴールキーパーはブロックを用いて、シュートコースを判断する³⁾。ゴールキーパーが、シュートコースを判断するポイントとしては、シューターの肩の開き具合（腰を基準にどの程度回転しているか）と味方ディフェンスのブロック（壁）の関係からシュートコース（右か左か）を予測し、判断する。

この防御方法のポイントの1つとして、肩の開き具合がある。ハンドボールのシュートにおいて、未熟練者は自分が狙った方向に体は向き、ボールリリース前にコースを判断されてしまい、シュートを止められてしまうことがある。しかし熟練者では、意図的に右側に打つように見えるシュートフォームを作り、リリース時に左側に打つといった技術が多く見られる。そのため、ディフェンスのブロックを用いてのキーピング技術が2つめのポイントとなる。ブロックはシュート時に壁を作り、できるだけシュートコースを限定することがポイントとなる。シュートコースを限定（右か左か）することにより、ゴールキーパーはボールリリース前に判断し、動き出すことにより、キーピングすることが可能となる。

このようにディフェンスにおいては、ブロックが完全にコースの半分を止めることができれば、ゴールキーパーはシュートコースを正確に判断することにより、高い確率でのキーピングが可能となり、組織的なディフェンスとして高い阻止率を得ることができる^{3, 11)}。またその反面、シューターは自分の打つコースを予測されないように、肩の開き具合や手首の返しを使い予測の難しいシュートフォームを作ることやブロックを逆に使い、得点することも考えられる。

ハンドボール競技は、多くのボールゲームと同様に得点を争う競技なので、シュート技術に関する研究^{5, 6, 13)}は数多くなされている。しかし、実験場面を設定したものが多く、実際の試合場면을分析したものは多く見当たらない。ハンドボールの技術分析は、実際の試合場면을記録して解析する方法が最も有効と考える。試合中のシュート動作を捉えて研究した報告を見ると、平岡ほか⁴⁾は1990年女子世界選手権における一流選手のシュート時の指先・手首・肘の経時的速度変化及び身体の捻りを算出し報告している。ところが、先行研究では実際のゲーム場면을対象としながらも、シュート動作のみの解析をしている。

実際の試合場面では、シューターとディフェン

スの戦術的観点から定量的に技術分析する必要がある。しかし、このような観点での報告は見当たらない。

そこで本研究は、シュート時におけるシュートフォームとディフェンスのブロックの位置及びボールの軌跡に着目し、シュートが成功した場面と失敗した場面では、どのような違いがあるかを比較・分析し、“シュートのコツ”を明らかにしようとした。

II. 方 法

1. 撮影

1997年熊本にて開催された男子世界選手権大会、決勝ロシア対スウェーデン、3位決定戦フランス対ハンガリー、決勝トーナメント、スウェーデン対ハンガリー、エジプト対アイスランドの試合をVTRカメラで撮影した。ハンドボールコート上の2つのゴール前中央を撮影できるように右側方、右斜め前方に1台ずつ計2台、左側方、左斜め前方に1台ずつ計2台、合計4台のカメラを設置し、試合開始から終了までの全プレイを撮影した。キャリブレーションを行うために、5個のコントロールポイントがついたリファレンスフレームを5箇所設置し撮影した。各4台のカメラは固定し、分析の際に撮影で得られた2本のVTRの同一時点のフィールドが識別できるように、タイマーを写しこんだ。

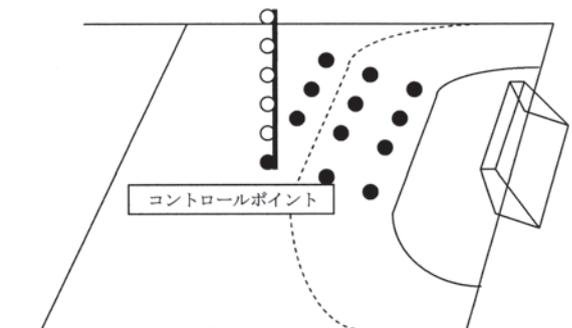


図1 コントロールポイントの撮影
Fig. 1 Control point

2. 分析時期

撮影されたVTRより、踏み切り開始1歩前の助走からシュートし、シュートコースが識別できるまでの動作局面が2台のカメラで撮影されており、かつディフェンスのブロックが関与しているシュート動作を選択した。分析試技の中には同一選手も含まれているので、合計14名の選手である。なお、これら一流選手を対象とした技術研究を実施するにあたり、日本ハンドボール協会の承認を得ている。

3. 分析観点

撮影によって得られた2本のVTRそれぞれについて、リファレンスフレームのコントロールポイント、試合中の選手の身体各部の計測点及びボールをDLT法により、3次元座標を算出した。得られた3次元座標から身体各部の角度等、以下の諸量を求めた。

1) 体幹の捻り

平岡の研究⁴⁾では、シューターの動作及びボールスピードとゴールキーパーの反応時間の関係からゴールキーパーは、シューターのフォワードスイング開始時期又は、その前にシュートコースを予測・判断し、動き出す⁶⁾と述べている。このことからフォワードスイング開始時機のシュートフォームが、ゴールキーパーの動き出しに大き

く影響を与えていることが分かる。このことから、本研究においてはフォワードスイング開始時点での肩角度及び腰角度の変化を分析し、身体の捻りを算出してシュートコースを先取り¹⁰⁾した。

左右肩関節中点及び左右大転子中点を結んだ線とX軸（ゴールライン）との交点の角度を肩角度及び腰角度と表示し、その角度差を体幹の捻りとした（図2参照）。本研究では、肩角度と腰角度の角度差が、15度以下のものを体幹がゴール面に正対するフォームの特徴として「左側へのシュートフォーム（Ave. -7.039, SD.4.135）」と判断した⁴⁾。また、15度以上のものを「右方向へのシュートフォーム（Ave. -27.710, SD.5.658）」と判断した。

図3は右利き選手が、ゴールの左側にシュートし、ゴールキーパーにシュートを阻止された場合の体幹の捻り、ディフェンスの位置及びボールの軌跡を示したものである。

下図はフォワードスイング開始前後の、左右大転子を結んだ線（以下、腰角度とする）及び左右肩関節を結んだ線（以下、肩角度とする）がゴールラインと交わる角度を示したものである。腰角度及び肩角度が0度の場合、体幹がゴール面に正対していることを示す。また、腰角度と肩角度の差がある場合、体幹が捻られていること示している。

右利きの選手が左方向にシュートし、そのシュ

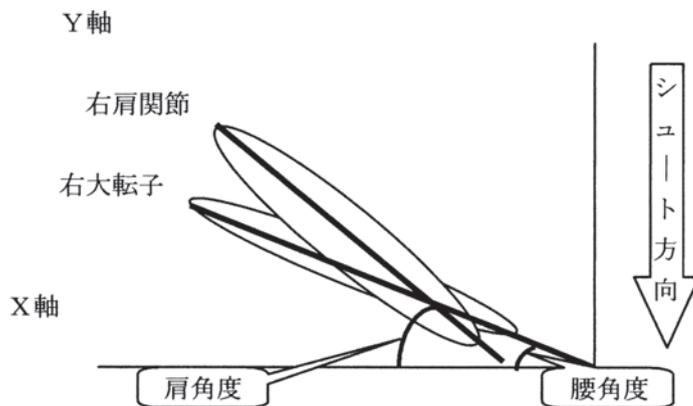


図2 肩角度及び腰角度の算定方法
Fig. 2 Definition of torsion angle of the body trunk

ートを阻止された場合、フォワードスイング開始時機に肩角度と腰角度にほとんど差は見られず、肩及び腰がゴールに正対していた。いわゆる体幹の捻りがほとんどない状態となっていた。

以上の結果から、体幹がゴール面に正対するフォームの場合、「左側へのシュートフォーム」の特徴と判断した。

図4は、右利きの選手が左方向にシュートし得点した場合の体幹の捻り、ディフェンスの位置及びボールの軌跡を示したものである。フォワードスイング時機の肩角度と腰角度に大きな差が見られた。この結果から、「右方向へのシュートフォーム」の特徴を示していると判断した。

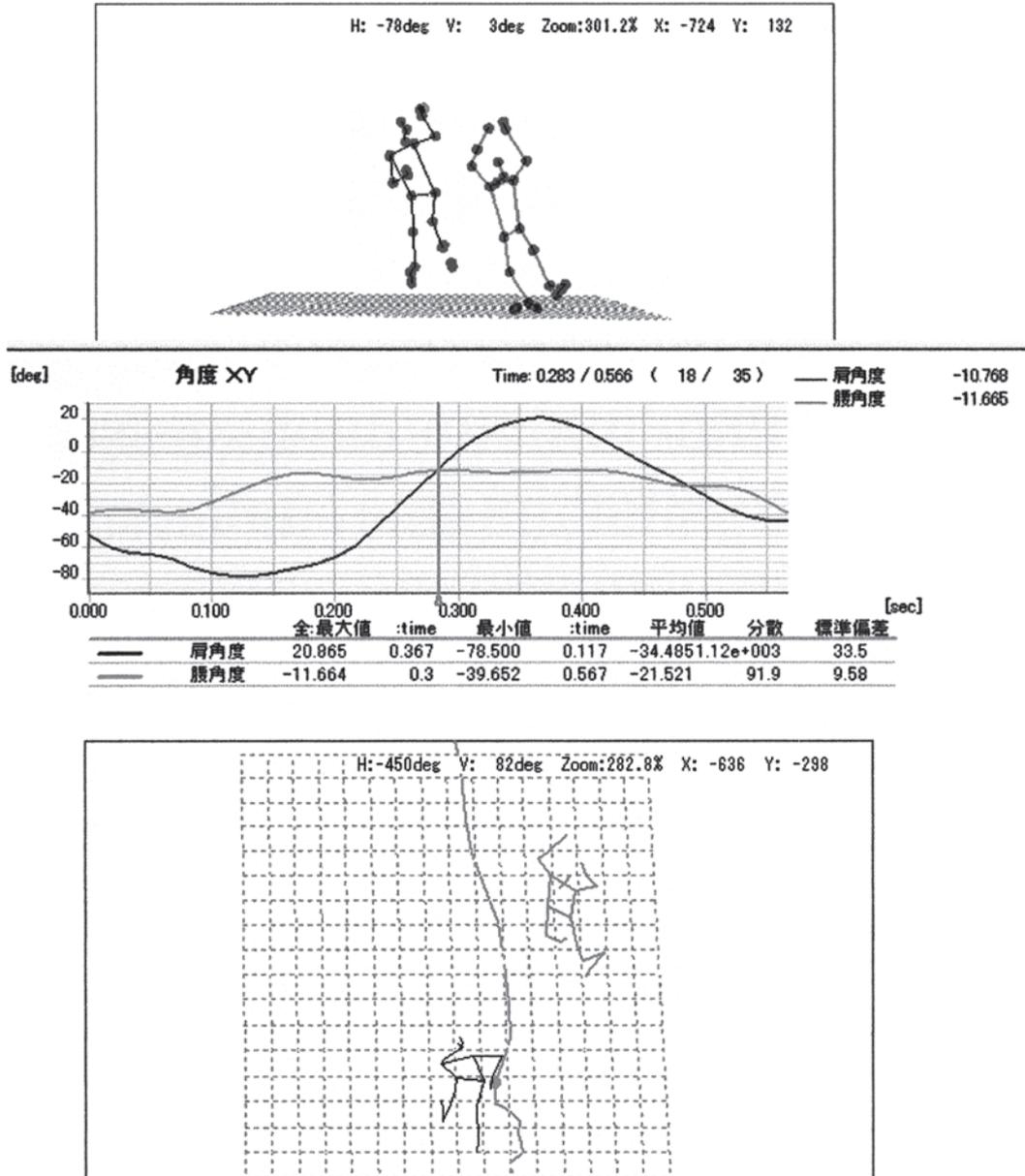


図3 左側へのシュートを阻止された場合のスティックピクチャー、ボールの軌跡及び肩角度と腰角度の経時変化
Fig. 3 Stick picture, time-angle curve (shoulder, hip) and pass way of the ball. In case the defense player blocked left hand side.

2) オフェンスに対するディフェンスの位置

ディフェンスはシュートコースを限定し、残りのシュートコースをゴールキーパーに守備させることで、協力して相手のシュートを阻止する。そのため、シュートを成功させる上で、ディフェンスの存在を無視することはできない。

このとき、ディフェンスがシュートコースを制

限できているかを判断する方法には、多くの意見があると考える。

本研究では、シューターがフォワードスイングを開始する時機に、ゴール方向に位置するディフェンス（左右大転子を結んだ線）がオフェンス（左右大転子を結んだ線）と半分以上重複した場合、シュートコースを限定していると判断した。

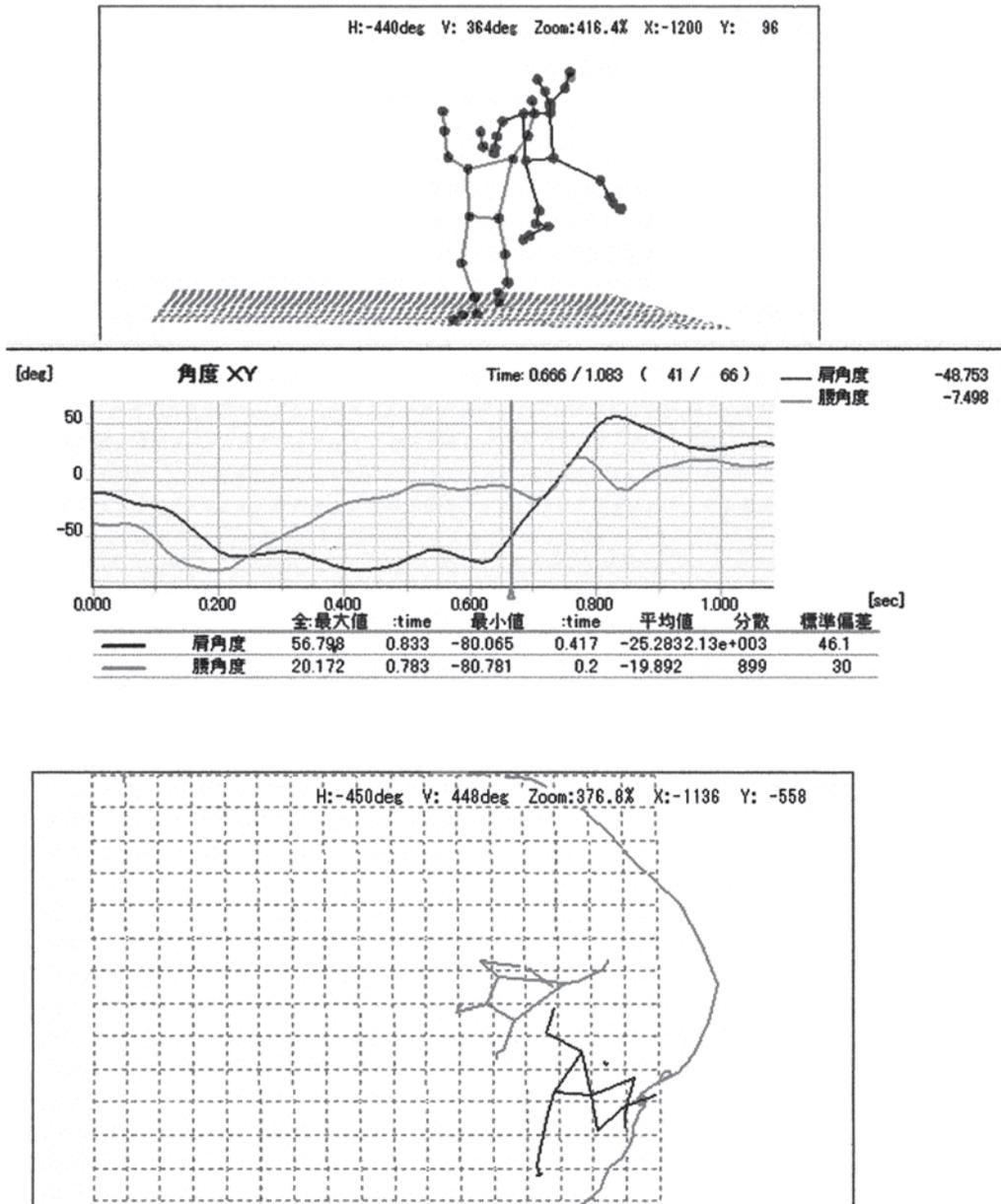


図4 左側へのシュートを成功させた場合のスティックピクチャー、ボールの軌跡及び肩角度と腰角度の経時的変化
 Fig. 4 Stick picture, time-angle curve (shoulder, hip) and pass way of the ball. In case the succeeded in shooting left hand side.

図5は、ディフェンスがゴールの右側に位置し、シュートコースを半減させているケースを示したものである。

3) ボールの軌跡

シューターがフォワードスイングを開始する時

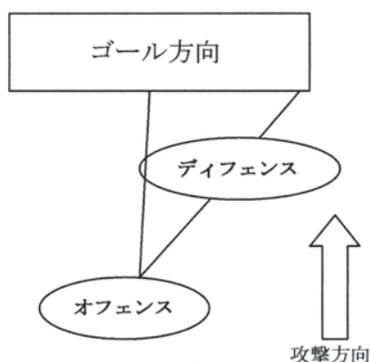


図5 ディフェンスの位置とシュートコースについて
Fig. 5 Shooting course with the defense player

機の前後（約0.2秒）のボールの軌跡を延長させ、シュートコースを判断した。

図3で示したように、シュート失敗時のボールの軌跡では、フォワードスイング開始時機の前後からボールリリース及びリリース後のボールの軌跡が、シュートした方向へほぼ一直線を描いていた。一方、図4で示したように、シュート成功例ではシューターのボールの軌跡がフォワードスイング途中で大きく変化するものが多かった。

Ⅲ. 結果及び考察

分析方法でも述べたように、「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」から、シュートコースを先取りし、ボールリリース後のシュートコース（成否）と比較できるようにした。

表1は熊本で開催された、男子ハンドボール選

表1 シュート動作の分析結果
Table 1 Pattern of the shooting movement

グループ	試技名	利腕	体幹の捻り	ディフェンス (コース)	ボールの 軌跡	シュート コース	成否
A	試技 1	左	左	左	左	右	成
A	試技 2	右	左	左	左	右	成
A	試技 3	右	左	左	左	右	成
A	試技 4	右	右	右	右	左	成
B	試技 1	右	左	右	左	右	成
B	試技 2	右	左	右	右	左	成
B	試技 3	左	左	右	左	右	成
B	試技 4	左	右	左	右	左	成
B	試技 5	右	左	右	左	右	成
B	試技 6	右	右	左	右	右	成
B	試技 7	右	左	右	右	右	否
B	試技 8	左	左	右	右	右	否
C	試技 1	右	右	右	右	右	否
C	試技 2	右	右	右	右	右	否
C	試技 3	右	右	右	右	右	否
C	試技 4	右	左	左	左	左	否
C	試技 5	右	左	左	左	左	否
C	試技 6	右	左	左	左	左	否

表2 肩角度と腰角度について
Table 2 Angle between shoulder and hip

シュートフォーム	肩角度		腰角度		角度差	
	Ave.	SD.	Ave.	SD.	Ave.	SD.
右 (N=8)	-40.195	16.886	-12.484	16.538	-27.710*	5.658
左 (N=10)	-28.447	21.532	-23.020	25.196	-7.039*	4.135

* p < 0.05

手権大会の順位決定戦4試合のシュート場面で、ディフェンスを伴う状況でのシュート場面を3次元解析し、フォワードスイング開始時機の「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」とボールリリース後のシュートコース（成否）を分析し示したものである。また、表2は、それぞれのシュートフォームにおける肩角度、腰角度及びその差を数値で表示し、その平均と標準偏差を示したものである。左側へのシュートフォームと右側へのシュートフォームにおける体幹の捻りには、有意な差が見られた。

シューターがフォワードスイングを開始する時機の「体幹の捻り」からシュートコースを先取りした結果を「右」又は「左」と表記した。ディフェンスによるシュートコースの限定に関して、ディフェンスが右に位置し、右側へのシュートコースを阻止できる位置にある場合、シュートコースの先取りは「左」と表示した。フォワードスイング開始前後のボールの軌跡から、シュートコースを先取りした結果を「右」又は「左」と表記した。ボールリリース後のシュートコースを「右」又は「左」と表記した。

「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点とボールリリース後のシュートコースの関係について以下の通り分類した。「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点が一致し、ボールリリース後、逆方向へシュートコースが変化したものをグループAとした。「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」のうち1つ又は2つの観点が、ボールリリース後のシュートコースと一致したものをグループBとした。「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点とボールリリース後のシュートコースが一致したものをグループCとした。

「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点が一致し、ボールリリース後、逆方向へシュートしたグループAは、100%成功していた。一方、「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点とボー

ルリリース後のシュートコースが一致したグループCの場合、そのシュートは100%阻止されていた。

グループBについては、試技1～5のように先取りできるコースが「体幹の捻り」又は「ディフェンスの位置」のどちらか1つの観点の場合は、シュート成功率が高かった。また試技7、8のように先取りできるコースが「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」と2つの観点が一致した場合、そのシュート成功率は低下した。

シュート失敗時においては、フォワードスイングの時期からボールの軌道がシュート方向へ向いてしまい、またディフェンスの限定している方向のため、ゴールキーパーに予測しやすい状況になっている。シュート成功時のボールの軌跡は、フォワードスイングからボールリリース直前までシュート方向、又はディフェンスの限定している方向を描き、ボールリリースの直前で逆方向へ軌跡を描いている。つまり、シュート成功時においては、ボールリリース直前までシュートとは逆方向の軌道を描き、またディフェンスの限定している方向とは逆へボールリリース直前にシュート方向へ軌跡が変化し、ゴールキーパーが予測しにくい状況を作っていることがわかる。ゴールキーパーは、フォワードスイング開始前後にシュートコースの最終判断を行うため、フォワードスイングの途中で逆方向にボールの軌跡を変化させることがシュート成功において特に重要である。

IV. まとめ

以上の分析の結果からハンドボールの試合場面でシュートを成功させるには、以下の点を考慮し、実践できれば有効であることが明らかとなった。

- 1) ディフェンスの正面から外れた位置でフォワードスイングを開始できるようにする。
- 2) ディフェンスのいないコースにシュートをするようなフォーム（体幹の捻り）を作る。
- 3) フォワードスイング開始時機の前後のボール

の軌跡と異なるコースへシュートする。

「体幹の捻り」や「ディフェンスの位置」からシュートコースを先取りされた場合でも、フォワードスイング開始時機前後のボールの軌跡を逆方向へ変化させるために手首の返しを使うことがシュート成功における重要なポイントである。

参考文献

- 1) 阿江通良：画像データによる動作解析法, *Japanese Journal of Sports Science*, 3, 196-203, 1991.
- 2) 阿江通良, 湯海鴨, 横井孝志：日本人成人の身体部分係数の実用化, *日本体育学会第41号大会号*, p.374, 1990.
- 3) Dietrich Spate：ゴールキーパーをトレーニングする, *Tactics of Handball in the World*, (財)日本ハンドボール協会, 2003.
- 4) 平岡秀雄, 大西武三, 飯田信行, 笹倉清則, 柳在忠, 田村修治：DLT法によるシュート動作の解析, *体育方法専門分科会, ボールゲーム研究会*, 1990.
- 5) 平岡秀雄：ハンドボールのジャンプシュートに関する実験的研究, *東海大学紀要*, 第14巻, 43-48, 1984.
- 6) 平岡秀雄：ハンドボールの防御における対応動作研究—動作先取りについて—, *東海大学紀要*, 第10巻, 95-103, 1980.
- 7) 井上美香, 土屋純, 日比野弘：DLT法によるインラインスケートターン動作の3次元的分析, *スポーツ方法学研究*, 第11巻, 37-44, 1998.
- 8) Jan Kern：スポーツの戦術入門, 大修館書店, 1998.
- 9) Kunst Ghermanescu：ハンドボールの技術と戦術, ベースボールマガジン社, 1981.
- 10) Kurt Meinel：スポーツ運動学, 大修館書店, 1994.
- 11) 栗山雅倫：強化指導実技・GK編, NTS2002ハンドボール強化指導教本, (財)日本ハンドボール協会, 2002.
- 12) 金致偉, 佐賀野健, 橋原孝博, 西村清己：3次元映画撮影法によるバレーボール・スパイクの戦術的研究, *スポーツ方法学研究*, 第10巻, 109-116, 1997.
- 13) Manfred Grosser, August Neumaier：スポーツ技術のトレーニング, 大修館書店, 1995.
- 14) 高松潤二, 阿江通良, 藤井範久：大きな計測範囲のためのパンニングDLT法の開発, *体育学研究*, 第42巻, 19-29, 1997.



柔道選手の組み手改善のための トレーニングに関する研究 —柔道着懸垂について—

有賀誠司 (スポーツ医学研究所) 中西英敏 (体育学部武道学科) 山下泰裕 (体育学部武道学科)
恩田哲也 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科) 生方 謙 (体育学部非常勤講師)

A Study on the Training Method for Improving Judo Players' KUMITE strength
— On the Judogi Chin-up Method —

Seiji ARUGA, Hidetoshi NAKANISHI, Yasuhiro YAMASHITA, Tetsuya ONDA and Ken UBUKATA



Abstract

The purpose of this study is to obtain some basic data on the judogi chin-up training which has been introduced in recent years as a muscle training method for improving judo players' KUMITE strength. The subjects in this study are collegiate judo players, concerning whom the number of chin-ups from a suspended judogi was measured. Also examined was the relationship between those results and the players' body shape, weight class and other physical strength measurement results, along with the technical characteristics of their judo skills. The findings are as follows:

- 1) There was a significant negative correlation between the measurements of their judogi chin-ups and their weight as well as their body fat percentage.
- 2) There was a significant positive correlation between the measurements of their judogi chin-ups and their number of chin-ups from a regular bar. On the other hand, there was no significant correlation between the measurements of their judogi chin-ups and their strength of grip.
- 3) There was a significant positive correlation between the measurement of their judogi chin-ups and their IRM weight ratio for dumbbell snatches with the left hand, but not with the right hand.
The measurements of the group of right-hand KUMITE chin-ups showed more significant values than those of left-hand KUMITE chin-ups. It implied that there was a positive correlation between KUMITE and judogi chin-ups.
- 4) There was no significant correlation between the measurements of their judogi chin-ups and their rankings and records in judo.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 44-53, 2006)

I. 緒 言

柔道競技において、正確かつ確実に技を完遂するためには、相手の柔道着の適切な部位を手で掴む「組み手」が重要である。実戦において、技をかけやすい得意な組み手になった場合、相手は技をかけられまいとして、掴まれた手を離そうと抵抗する。これに対して技をかけるためには、いったん掴んだ得意な組み手が、相手の抵抗によって離れないように、さらにしっかりと掴むことが必要である。

柔道選手の組み手改善のための筋力トレーニング法としては、従来まで、鉄棒にぶら下がって行う「懸垂腕屈伸」、天井からつり下げられたロープを手で握って登る「ロープクライミング」、バーベルやダンベルを用いて手首の屈曲を行う「リスト・カール」や伸展を行う「リスト・エクステンション」、負荷の付いたロープをバーに巻きつける動作を行う「リストローラー・エクササイズ」などが主流であった。しかし、近年、柔道着を掴むという組み手の特性を配慮した専門的筋力トレーニング法として、鉄棒に掛けた柔道着の襟を両手で保持した状態で懸垂腕屈伸を行う「柔道着懸垂」が紹介され¹⁾、国内の一流選手を中心に広く普及するようになった。また、従来から行われてきた「ロープ・クライミング」にも工夫が加えられ、ロープの代わりに柔道着の生地を天井からつり下げ、これを掴んで手で登るトレーニング

も実施されるようになってきた。

柔道競技の特性を配慮した専門的筋力トレーニングに関する研究としては、引き動作の改善を目的としたもの²⁾、下肢の運動能力改善を目的としたもの³⁻⁵⁾、がみられる。一方、柔道選手の組み手に関する研究は少なく、握力に着目したものの^{6,7)}がみられるものの、組み手を改善するためのトレーニング方法について検討したものは見当たらない。

これらの背景から、本研究では、柔道選手の組み手の改善を目的として近年実践されるようになった「柔道着懸垂」に関する基礎資料を得ることを目的に、大学柔道選手を対象として、「柔道着懸垂」の反復回数を測定し、形態や階級、他の体力測定項目の測定値、柔道の競技レベルや技術特性などとの関連について検討を行った。

II. 方 法

1. 被験者

本研究の被験者は、T大学柔道部に所属する男子選手51名であった。対象となった選手の所属階級の内訳は、60 kg級8名、66 kg級8名、73 kg級7名、81 kg級7名、90 kg級7名、100 kg級8名、100 kg超級6名であり、階級ごとの身体的特徴は表1の通りである。対象には測定の内容および危険性について説明し、測定参加の同意を得た。

表1 被験者の身体的特徴
Table 1 Physical characteristics of the subjects

階級	人数 (名)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)
-60 kg	8	166.5±4.7	63.6±2.1	9.5±1.3
-66 kg	8	168.5±3.5	68.4±1.5	11.7±2.4
-73 kg	7	168.7±2.7	73.9±1.7	11.7±1.0
-81 kg	7	173.3±3.5	80.1±2.9	13.3±2.3
-90 kg	7	178.1±2.7	89.1±4.4	15.5±1.9
-100 kg	8	181.1±6.7	97.0±2.9	17.1±2.9
+100 kg	6	180.2±5.3	119.6±15.8	23.2±3.7
全体	51	173.6±7.0	83.4±18.3	14.3±4.5

2. 柔道着懸垂の測定

床から215 cmの高さに水平に設置された鉄製の角柱に、柔道着の背部を縦方向に掛ける。次に、柔道着の左側の襟を左手、右側の襟を右手で、両手の幅が肩幅程度になるようにして肘を完全に伸ばして握り、足を床から離してぶら下がった姿勢をとる（写真1左）。この姿勢から、肘の屈曲と肩の伸展を同時に行い、肩が肘よりも高い位置にくるところまで身体を引き上げる動作（写真1右）を反復させ、その最大反復回数を記録した。身体を下ろした時に肘が完全に伸展しなかった場合、身体を上げた時に肩が肘よりも高い位置に到達しなかった場合、下肢や体幹の動きによってはずみをつけた場合には、その反復を無効とした。

3. その他の測定項目

1) 鉄棒による懸垂腕屈伸

高鉄棒に肩幅の手幅で肘を完全に伸ばしてぶら下がり、あごが鉄棒の上端線より高い位置にくるところまで身体を引き上げる動作を反復させ、その最大反復回数を記録した。身体を下ろした時に肘が完全に伸展しなかった場合、身体を上げた時にあごが鉄棒よりも高い位置に到達しなかった場合、下肢や体幹の動きによってはずみをつけた場合には、その反復を無効とした。

2) 握力

スメドレー式握力計を用いて、文部科学省新体力テストの実施要項に従って測定を実施した。左右交互に2回ずつ測定し、良い方の数値を測定値として採用した。

3) パワークリーンの1RM

プラットフォームの中央に置いたバーベルの前に両足を腰幅に開いて立ち、しゃがんだ姿勢でバーベルを肩幅の広さで握り、床をキックして上半身を起こしながらバーベルを挙上し、手首を返して肩の高さでバーベルを保持し、膝と股関節を完全に伸展させ、直立して静止する動作を行わせた。これらの一連の動作が完全に遂行することが可能なバーベルの最大挙上重量（1RM）を測定値とした。

4) ダンベルスナッチの1RM

片手に1個のダンベルを保持してダンベルのシャフトが膝蓋骨下端より低い位置にくるようにしてしゃがんだ姿勢を取り、床をキックして上半身を起こしながら、ダンベルを頭上まで全力スピードで挙上し、直立して静止する動作を行わせ、一連の動作が完全に遂行することが可能なダンベルの最大挙上重量（1RM）を測定値とした。頭上

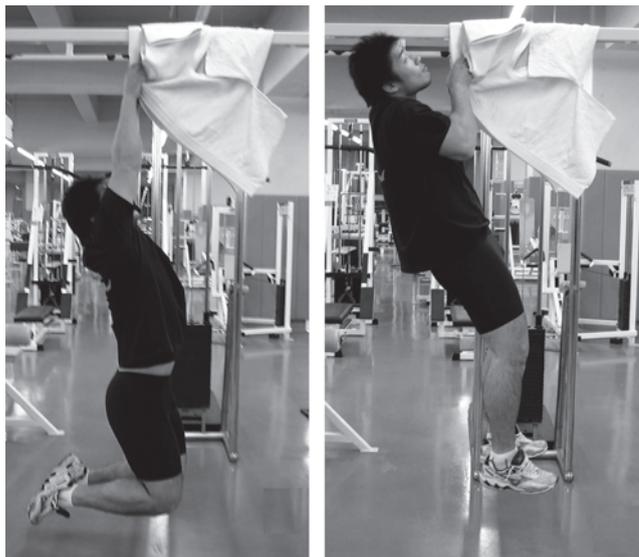


写真1 柔道着懸垂の動作
Photo 1 Motion of Judogi Chin-up

にダンベルを挙上した時に、肘が曲がった状態で静止してから肘を伸ばしたり、頭上でダンベルを静止せずに下ろした場合には失敗とした。

4. 統計処理

測定値相互の関係は、ピアソンの相関係数を用いて求めた。また、階級間の平均値の差の検定には unpaired t-test を用いた。統計処理の有意水準は 5%未満とした。

した。各階級の柔道着懸垂の平均値及び標準偏差は、60 kg 級 20.4 ± 4.8 回、66 kg 級 15.9 ± 4.6 回、73 kg 級 20.6 ± 7.7 回、81 kg 級 20.0 ± 8.0 回、90 kg 級 15.4 ± 6.1 回、100 kg 級 12.6 ± 4.3 回、100 kg 超級 5.2 ± 6.2 回であった。各階級間の平均値の差の検定結果は表 2 の通りである。100 kg 超級の平均値は、他の全ての階級の平均値に比べて有意に低い値であった ($p < 0.01$)、また、100 kg 級の平均値は、60 kg 級、73 kg 級及び 81 kg 級の平均値と比較して有意に低い値であった。

Ⅲ. 結 果

1. 柔道着懸垂の測定値

図 1 に柔道着懸垂の所属階級別の平均値を示

2. 柔道着懸垂の測定値と体重及び体脂肪率との関係

図 2 に、柔道着懸垂の測定値と体重及び体脂肪率との関係を示した。柔道着懸垂の測定値と体重

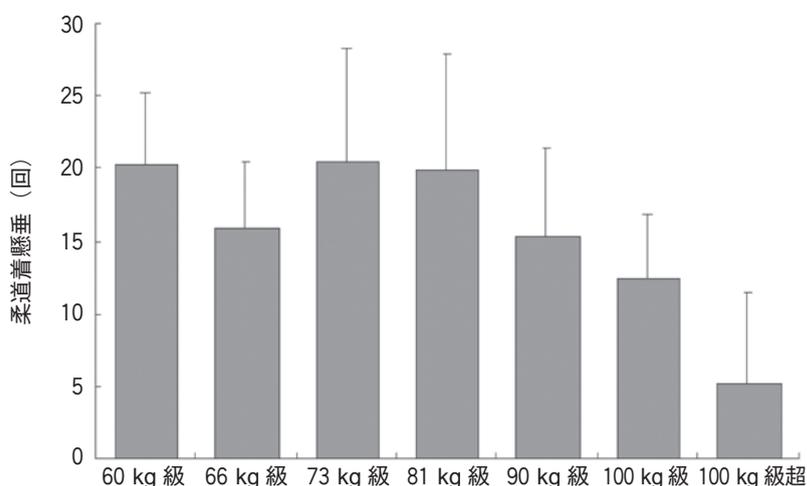


図 1 柔道着懸垂の階級別平均値
Fig. 1 Repts of Judogi Chin-up in each weight category

表 2 柔道着懸垂測定値の階級間の差の検定結果
Table 2 Differences of Judogi Chin-up in each categories

	60 kg 級	66 kg 級	73 kg 級	81 kg 級	90 kg 級	100 kg 級	100 kg 超級
60 kg 級		*	N.S.	N.S.	N.S.	**	**
66 kg 級			N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**
73 kg 級				N.S.	N.S.	*	**
81 kg 級					N.S.	*	**
90 kg 級						N.S.	**
100 kg 級							*
100 kg 超級							

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

との相関係数は、 $r = -0.61$ であり有意な負の相関が認められた ($p < 0.01$)。また、柔道着懸垂の測定値と体脂肪率との相関係数は、 $r = -0.63$ であり、有意な負の相関が認められた ($p < 0.01$)。

3. 柔道着懸垂と鉄棒による懸垂腕屈伸の測定値の関係

図3に、柔道着懸垂と鉄棒による懸垂腕屈伸の測定値との関係を示した。柔道着懸垂と鉄棒による懸垂腕屈伸の測定値との相関係数は $r = 0.77$ であり、有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$)。

4. 柔道着懸垂と握力の測定値の関係

図4に、柔道着懸垂と右手の握力の測定値の関係を示した。柔道着懸垂と右手の握力の測定値との相関係数は $r = -0.08$ であり、有意な相関は認められなかった。また、柔道着懸垂の測定値と左手の握力との相関係数は $r = -0.07$ であり、有意な相関は認められなかった。

5. 柔道着懸垂とパワークリーン1RMの測定値の関係

図5に、柔道着懸垂とパワークリーンの1RM

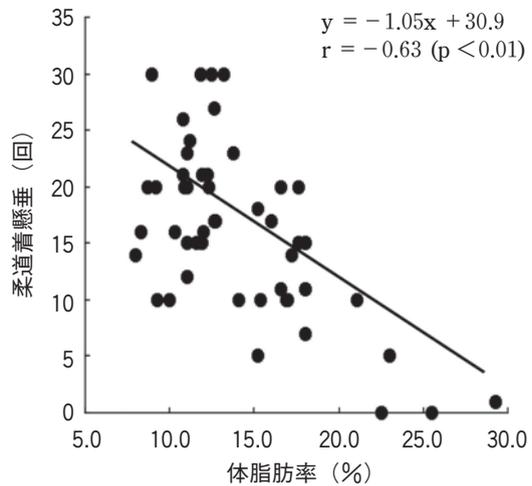
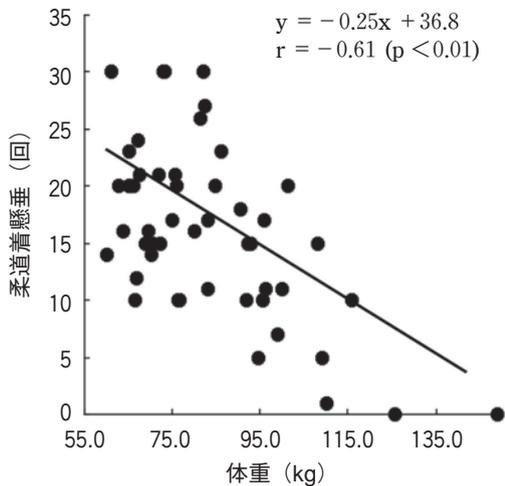


図2 柔道着懸垂の測定値と体重及び体脂肪率との関係
Fig. 2 Relationship between Judogi Chin-up and body weight, and between judogi-chining and %body fat

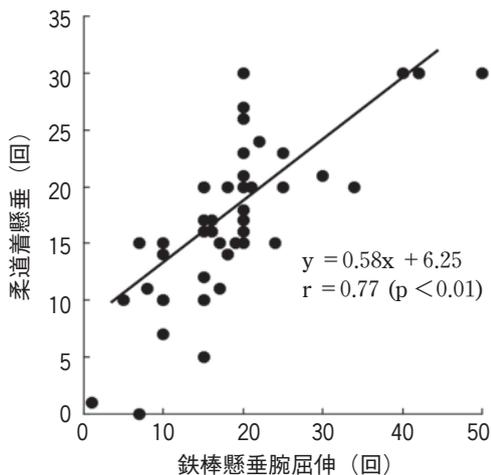


図3 柔道着懸垂の測定値と鉄棒による懸垂腕屈伸反復回数との関係
Fig. 3 Relationship between Judogi Chin-up and bar chining

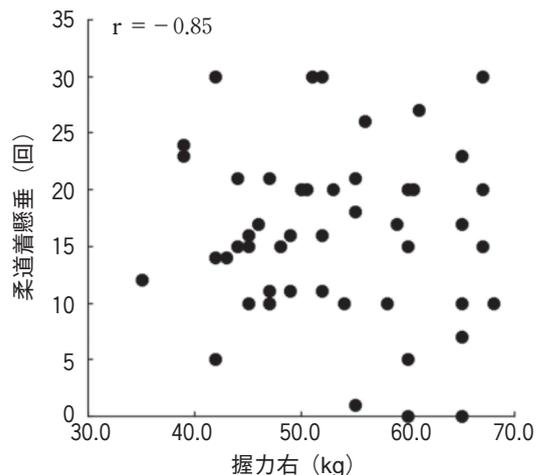


図4 柔道着懸垂の測定値と握力との関係
Fig. 4 Relationship between Judogi Chin-up and grip strength

及び1RM 体重比の測定値の関係を示した。柔道着懸垂とパワークリーンの1RM との相関係数は $r = -0.13$ であり、有意な相関は認められなかった。一方、柔道着懸垂とパワークリーンの1RM 体重比との相関係数は $r = 0.51$ であり、有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$)。

6. 柔道着懸垂とダンベルスナッチ1RM の測定値の関係

図6に、柔道着懸垂とダンベルスナッチの左右

の1RM 体重比の測定値の関係を示した。柔道着懸垂とダンベルスナッチの左の1RM 体重比の測定値との相関係数は $r = 0.48$ であり、有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$)。一方、柔道着懸垂とダンベルスナッチの右の1RM 体重比の測定値との相関係数は $r = 0.27$ であり、有意な相関は認められなかった。なお、柔道着懸垂の測定値と、左右のダンベルスナッチの1RM との間には有意な相関は認められなかった。

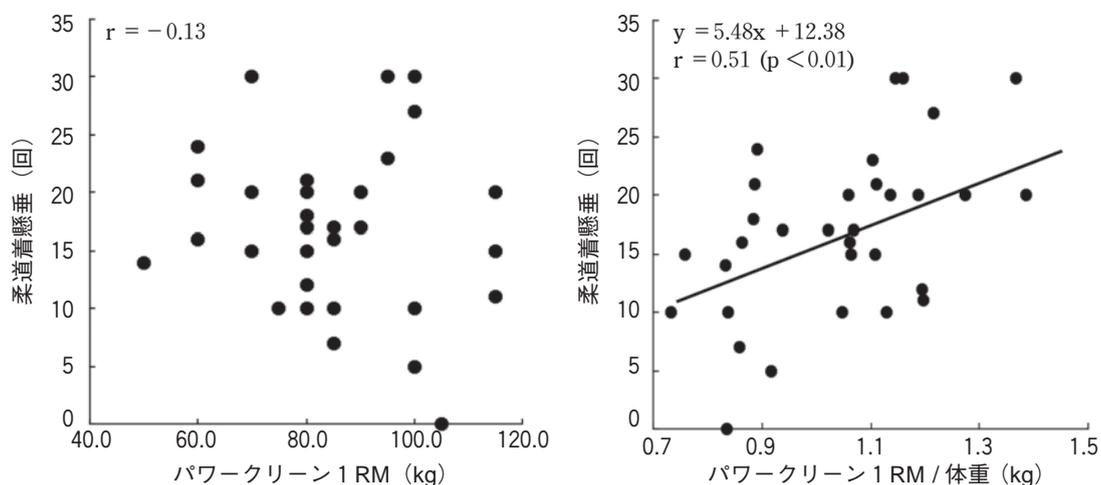


図5 柔道着懸垂の測定値とパワークリーン1RM 及び1RM 体重比との関係
Fig. 5 Relationship between Judogi Chin-up and power clean 1RM, 1RM/body weight

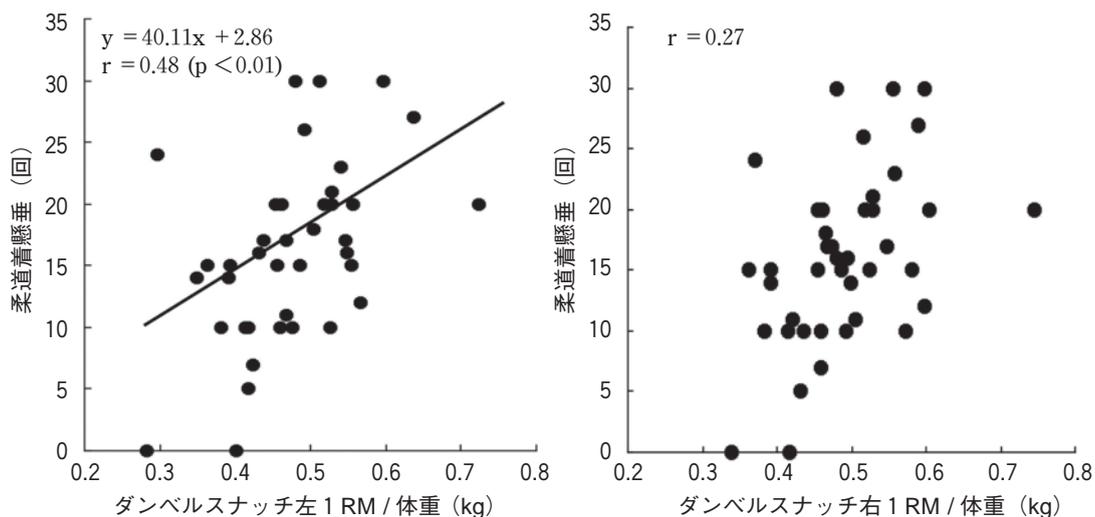


図6 柔道着懸垂の測定値とダンベルスナッチ1RM 体重比との関係
Fig. 6 Relationship between Judogi Chin-up and dumbbell snatch 1RM/body weight

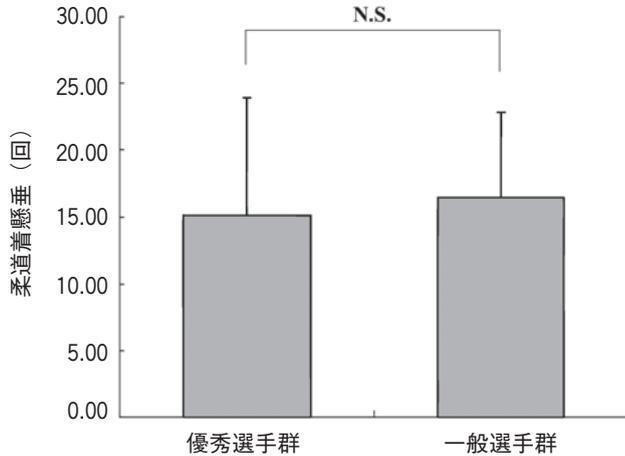


図7 柔道着懸垂の測定値と柔道の競技成績との関係
Fig. 7 Relationship between Judogi Chin-up and level of competition

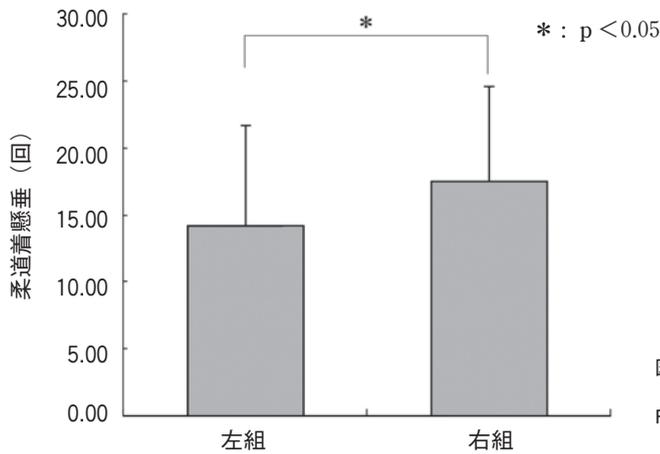


図8 柔道着懸垂の測定値と柔道の組み手との関係
Fig. 8 Relationship between Judogi Chin-up and Judo-KUMITE

7. 柔道着懸垂の測定値と柔道の競技成績との関係

図7は、大学柔道選手を対象とした主要な全国大会または全日本ジュニア選手権に出場経験のある被験者（優秀選手群：n = 21）と、それ以外の被験者（一般選手群：n = 30）における、柔道着懸垂測定値の平均値を比較したものである。両群の平均値及び標準偏差には、優秀選手群が15.1 ± 8.7、一般選手群が16.5 ± 6.3であり、両群の平均値間には有意な差は認められなかった。

8. 柔道着懸垂の測定値と組み手との関係

図8は、各被験者の最も得意とする技の組み手が「右組」の群（n = 24）と「左組」の群（n = 27）の柔道着懸垂測定値の平均値を比較したものである。

両群の平均値及び標準偏差は、左組群が14.2 ± 7.6、右組群が17.5 ± 7.1であり、右組群の方が有意に高い値を示した（p < 0.05）。

IV. 考 察

本研究では、柔道着懸垂の測定値と、体重及び体脂肪率の間に有意な負の相関が認められた。柔道着懸垂の動作中には、負荷として体重が作用しており、体重が重い者ほど負荷が大きくなり、これが反復回数の減少の要因となったと考えられる。

所属階級の平均値について比較してみると、100 kg 超級の平均値は、他の全ての階級の平均

値に比べて有意に低く、100 kg級の平均値についても、60 kg級、73 kg級、81 kg級の3つの階級の平均値に比べて有意に低い値を示した。金久ら⁸⁾は、日本のスポーツ選手では、体重が90 kgを超えると体脂肪率が大きくなり、皮下脂肪筋断面積比率が急激に増加する傾向があることを報告している。また、山本⁹⁾は、柔道選手の等尺性脚伸展力の測定を行い、90 kgを超える重量級選手の体重あたりの筋力が低いことを報告している。また、有賀ら²⁾は、ダンベルクリーンの1 RMの測定を行い、100 kg級と100 kg超級の平均値が他の階級に比べて低い値を示す傾向があると述べている。本研究における柔道着懸垂の測定結果は、上述した3つの報告と同様の傾向を示した。

スポーツ競技において高いパフォーマンスを発揮するためには、スポーツの動作特性や要求される体力要素などの特異性を配慮した専門的体力を高めることが重要であるといわれている¹⁰⁾。本研究の対象となった柔道着懸垂は、柔道競技にみられる代表的な動作である「釣り手」及び「引き手」に類似した引く動作を行うことや、柔道着を掴んで行うことの2点において、柔道競技の特異性を配慮した「専門的筋力トレーニング」として位置づけられるものである。引く動作の一般的な筋力強化の手段として広く実施されている鉄棒による懸垂腕屈伸の反復回数と柔道着懸垂の測定値との関連について調べた結果、有意な正の相関が認められ、両者には関連があることが示唆された。

鉄棒による懸垂腕屈伸と柔道着懸垂の大きな相違は、握りの形状と素材にあり、柔道着懸垂の測定値に影響を与える要因として、柔道着を握る能力について検討を加える必要がある。本研究では、柔道着懸垂と左右の握力との間には有意な相関は認められず、握力の要因は関与していないことが示唆された。古谷⁶⁾は、手で握ったバーを外力によって牽引し、バーが手から離れた時の牽引力の最大値を測定し「受動的握力」とした。大学柔道選手を対象として、受動的握力を測定したところ、一般的な握力計による握力（能動的握力）の300%程度の数値が得られ、テニス選手や一般人

に比べて有意に高い値が認められたことを報告するとともに、柔道選手が組み手を切られまいとするトレーニング効果によるものであろうと考察している。今後は、受動的握力の測定を行い、柔道着懸垂の測定値との関連について調べる必要があるであろう。

一方、重量物を使用して両手で上方へと引く動作を行うワーククリーンと、片手で引く動作を行うダンベルスナッチの1 RMを測定し、柔道着懸垂との関連について検討した結果、柔道着懸垂の測定値とワーククリーンの1 RMの間には有意な相関は見られなかったが、1 RM体重比の間には有意な正の相関が認められた。また、ダンベルスナッチについては、柔道着懸垂と左の1 RM体重比との間に有意な正の相関が認められたが、右の1 RM体重比との間には有意な相関は認められなかった。これらのことから、柔道着懸垂の測定値には、左手による引く力の体重比の値が関連していることが示唆された。この要因について検討するために、柔道の組み手と柔道着懸垂の測定値との関連について調べてみると、右組の被験者の柔道着懸垂の測定値は、左組の被験者の測定値に比べて有意に高い値が得られた。今回の被験者のほとんどは右利きであり、有賀ら²⁾の先行研究により、利き手側である右手によるダンベルスナッチの1 RMは、左に比べて有意に高いことが示されている。また、右組の選手は、通常左手が「引き手」となり、日頃の練習において左手で引く動作の反復練習を行っている。これらのことから、右組の被験者の柔道着懸垂の測定値が左組に比べて高かったことの原因として、右組の選手は、利き手として使用頻度が高く引く力が強い右手に加え、左手の引く力が柔道の練習の中で強化され、左右ともに引く力が強化される機会を得ているが、左組の選手は、利き手である右手が「引き手」となるため、左手の引く動作を強化する機会が少ないことが推測された。

柔道着懸垂の測定値の全被験者の平均値と標準偏差は、 16.0 ± 7.5 回であった。また、最大は30回（66 kg級2名、73 kg級1名）であり、最小は0

回(100 kg 超級 2 名)であった。筋力トレーニングの負荷と効果の関連^{11, 12)}に着目すると、柔道着懸垂の測定値が、1～5 回であった者については、最大筋力向上の効果が、6～12 回であった者は筋肥大、13 回以上反復できた者は筋持久力の向上がそれぞれ期待できるが、同じエクササイズでありながら、体重や反復能力によって効果に相違が生じてしまうことになる。トレーニングを効果的に実施するためには、トレーニング目的を明確にし、負荷が小さい場合には、腰にウエイトを装着する方法などを、負荷が過大な場合には、床に足をつけて行うなどの配慮が必要と言えよう。

本研究では、柔道着懸垂の測定値と競技成績との間には、関連を見いだすことができなかった。競技成績が高くても、体重の重い階級に所属する者の場合には、柔道着懸垂の測定値は低い傾向が見られた。今後は、長期にわたって柔道着懸垂のトレーニング経験を積んだ選手を対象とした研究や、柔道着懸垂の実施に伴う柔道のパフォーマンスの変化について検討することが必要であろう。

V. 要 約

本研究では、柔道選手の「組み手」の改善のための筋力トレーニングとして近年実践されるようになった「柔道着懸垂」に関する基礎資料を得ることを目的に、大学柔道選手を対象として、「柔道着懸垂」の反復回数を測定し、形態や所属階級、他の体力測定項目の結果、柔道の競技レベルや技術特性などとの関連について検討を行い、次のような知見を得た。

- 1) 柔道着懸垂の測定値と体重及び体脂肪率との間には有意な負の相関が認められた。
- 2) 柔道着懸垂の測定値と鉄棒による懸垂腕屈伸の反復回数との間には有意な正の相関が認められたが、握力との間には有意な相関は認められなかった。
- 3) 柔道着懸垂の測定値と、左手によるダンベルスナッチの 1 RM 体重比との間には有意な正

の相関が認められたが、右手側については有意な相関は認められなかった。また、柔道着懸垂の測定値は右組群の方が左組群よりも有意に大きな値を示し、柔道の「組み手」の特性との関連が示唆された。

- 4) 柔道着懸垂の測定値と競技成績との間には有意な相関は認められなかった。

謝辞

本稿を終えるにあたり、ご協力いただいた東海大学サポートスタッフの小野祐希氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 有賀誠司：柔道選手の専門的筋力トレーニング、月刊トレーニング・ジャーナル、23(6)、69-75、2001。
- 2) 有賀誠司、寺尾 保、恩田哲也、中村 豊、山下泰裕、中西英敏、生方 謙：柔道選手におけるダンベルを用いたクイックリフト・エクササイズについて、東海大学スポーツ医科学雑誌、第14号、23-33、2002。
- 3) 有賀誠司、芝本幸司、中西英敏、山下泰裕、白瀬英春、恩田哲也、麻生 敬、生方 謙：柔道選手における片脚スクワットについて、東海大学スポーツ医科学雑誌、第16号、34-44、2004。
- 4) 有賀誠司、宮崎誠司、岡泉 茂、恩田哲也：柔道選手の下肢運動能力を把握するための専門的テストの検討、柔道科学研究、6、13-18、2000。
- 5) 有賀誠司、中西英敏、山下泰裕、恩田哲也、生方謙：柔道選手の下肢運動能力改善のためのトレーニングに関する研究—片脚 4 方向ジャンプについて—、東海大学スポーツ医科学雑誌、第17号、7-15、2005。
- 6) 古谷嘉邦：能動的筋力と受動的筋力に関する実験的研究、東京医科大学雑誌、第38巻、第 6 号、839-847、1980。
- 7) 佐藤宣踐、古谷嘉邦、白瀬英春：柔道選手の握りに関する研究、東海大学紀要体育学部、7、179-189、1977。
- 8) 金久博昭、近藤正勝、角田直也、池川繁樹、福永哲夫：体重性競技選手の体肢組成、Jap. J. Sports

Sci. 4(9), 1985.

- 9) 山本利春：傷害予防の観点からみた柔道選手の階級別脚筋力と身体組成の評価，臨床スポーツ医学，13(4)，262-266，1996.
- 10) 有賀誠司：筋力トレーニングのスポーツ選手への適用，Japanese Journal of Biomechanics in

Sports & Exercise, 6, 227-239, 2002.

- 11) 有賀誠司：自分でつくる筋力トレーニングプログラム，山海堂，2004.
- 12) Thomas R. Baechle, Roger W. Earle：Essential編，ストレングストレーニング & コンディショニング，ブックハウスエイチディ，1999.



肥満者に対する低圧低酸素環境下 における安静時および歩行運動終了後の 末梢血液循環に及ぼす影響

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 小澤秀樹 (医学部内科学系総合内科学)

桑平一郎 (医学部内科学系呼吸器内科学) 三田信孝 (体育学部生涯スポーツ学科)

山並義孝 (体育学部生涯スポーツ学科) 伊藤栄治 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

The effects of hypobaric hypoxic environment on
peripheral blood circulation at rest and post walking exercise in obese adults

Tamotsu TERAO, Hideki OZAWA, Ichiro KUWAHIRA, Nobutaka MITA, Yoshitaka YAMANAMI and Eiji ITO



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of walking exercise in a hypobaric hypoxic environment on peripheral blood circulation by monitoring skin temperature using thermography in obese adults. Four obese male adults volunteered for the study. The subjects walked for 60 minutes on a treadmill in two environments: a hypobaric hypoxic environment (HE) at 1500 m simulated altitude, and normobaric normoxic environment (NE) at sea level. Before (at rest), 30 minutes and 60 minutes post exercise in HE and NE, the following parameters were measured: skin temperature of upper body (anterior aspect, posterior aspect) with thermography. Areas of high skin temperature at rest in HE showed a tendency larger than that in NE. The skin blood flow was temporarily improved by acute HE. Areas of skin high temperature at 30 minutes and 60 minutes post-exercise in HE showed a tendency larger than that in NE. The skin temperature (mid-palma region) of a fixed point at 60 minutes post-exercise in HE was significantly higher than in NE ($p < 0.05$). The skin blood flow can be temporarily increased by acute walking exercise in HE. These results suggest that walking exercise in a hypobaric hypoxic environment may be a useful method for improvement of peripheral circulation and exercise treatment in obese adults.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 54-61, 2006)

I. 緒 言

従来、私たちは、高地（低圧低酸素環境）トレーニングが一部のエリートスポーツ選手の競技力向上のみならず、スポーツ選手の減量や幅広い年

齢層のヒトに対する肥満の予防・改善および健康増進に貢献する可能性のあること^{1,2)}を報告している。この理由の一つとしては、平地よりも高地での運動がエネルギー消費量の増大および脂質代謝の亢進^{3,4)}などが認められていることから、肥満者の減量・ウエイトコントロールにより

有効であると考えている。私たちの先行研究では、人工的高地環境システムの低圧室を用い、標高1500mに相当する低圧環境下で週3回の歩行運動は、身体的にも安全で安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあること⁵⁾、また、トレーニング頻度を週3回とした場合、1回の低圧低酸素環境下(高地)と残り2回に常圧常酸素環境下(平地)の併用による歩行運動は、単に、常圧常酸素環境下の歩行運動(週3回の頻度)に比較して、長期間にわたって継続することで安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあること^{6,7)}等も報告している。

肥満に関しては、心臓病、糖尿病、高脂血症、高血圧症など多くの生活習慣病の危険因子の一つとしてあげられている。一方、生活習慣病、とくに脳卒中や心不全などの循環器疾患に対する身体運動の有効性も多く報告されている。したがって、肥満の予防・改善は、生活習慣病を予防する一つの手段であり、その予防・改善を目的として、身体運動が導入されている。

循環器疾患に関する評価法としては、心電図および血圧の検査とともに血液循環動態の検査も重要な生理的意義を有するものと考えられる。血液循環動態の良否を判断するものとして、指尖容積脈波を二次微分した加速度脈波は、非観血的な末梢循環動態の一つの指標になること⁸⁻¹⁰⁾が報告されている。さらに、身体運動と加速度脈波からみた末梢の血液循環動態とに密接な関係があること¹¹⁻¹³⁾も報告されている。私たちの低圧低酸素環境と運動に関する先行研究では、加速度脈波からみた末梢循環の動態から、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における一過性の歩行運動は、運動終了後、末梢循環が一時的に改善されること¹⁴⁾、さらに、定期的な歩行運動が安静時の末梢循環を比較的早期に改善すること¹⁵⁾等が認められている。

本研究では、その研究の一環として、これまでの成績を踏まえ、肥満者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時および一過性の歩行運動を行

った場合、サーモグラフィーによる画像解析から得られた皮膚温度の変化から、安静時および運動終了後の末梢血液循環の動態にどのような効果を及ぼすかについて検討した。

II. 実験方法

1. 対象者

実験対象は、成人の男子肥満者4名(年齢 40.0 ± 15.6 歳、身長 170.8 ± 11.9 cm、体重 87.2 ± 26.4 kg、体脂肪率 $28.4 \pm 6.7\%$)を被験者とした。肥満者は、常圧常酸素環境と低圧低酸素環境に分け、それぞれに歩行運動を行わせた。なお、被験者には、研究の目的、内容を十分に説明し、書面にて実験参加への同意を得た。

2. 環境条件

常圧常酸素(NE)および低圧低酸素環境(HE)下の実験は、東海大学スポーツ医科学研究所に設置されている低圧(高地トレーニング)室を使用した。

本研究では、NE(気圧、760 mmHg)およびHE(標高1500 mに相当する気圧、634 mmHg)にそれぞれ調整して行った(室温を22℃、相対湿度55%)。

3. 運動負荷テストおよび運動強度の判定

HEにおける運動負荷テストの測定には、トレッドミルを用い、目標心拍数 $((220 - \text{年齢}) \times 0.75)$ 、動脈血酸素飽和度(90~94%)および主観的運動強度RPE(12~13)の3つの指標からそれぞれの示してある範囲内になるよう歩行速度とトレッドミル傾斜角を求めた。なお、NEの運動強度は、HEの歩行速度と傾斜角を用いた。

4. 歩行運動実験および皮膚温度の測定

歩行運動は、それぞれ60分間とした。実験は、NEおよびHEにおける安静時および歩行運動終了30分、60分後にサーモグラフィーによる画像解

析（上体前部および後部）と定点温度（腹部、背部、手掌部）を測定した。なお、NE および HE における安静時の皮膚温度は、椅座位にて20分以上の安静状態を保持した後に測定した。

6. 測定方法

皮膚温度は、赤外線サーモグラフィー（ハンディサーモ TVS-200、日本アビオニクス株式会社）、動脈血酸素飽和度がパルスオキシメータ（PULSOX-3i、ミノルタ）、心拍数がハートレートモニター（バンテージ NV、ポラル）、体脂肪率は体組成計（Model BC-118、タニタ）をそれぞれ用いて測定した。

7. 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表し、統計学的解析には HE と NE（安静時、運動終了30および60分後）の有意差の検定に paired t-test を用いた。

統計的有意水準は、すべての検定において5%未満とした。

III. 実験結果

1. 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化

図1および2（上体前面）、3および4（上体後面）に NE および HE の安静時、歩行運動後における皮膚温度の変化を示した（典型的な2例）。まず、安静時の皮膚温度は、HE が NE に比較して、頭部、頸部、胸部、上腕部、手掌部および前腕部等で高温のエリアが拡大していた。

運動終了後の皮膚温度は、HE が NE に比較して、時間経過とともに皮膚温度の上昇がみられ、胸部、腹部、背部、上腕部および手掌部などに高温のエリアが拡大され、60分経過した後もなお高温の状態を維持していた。

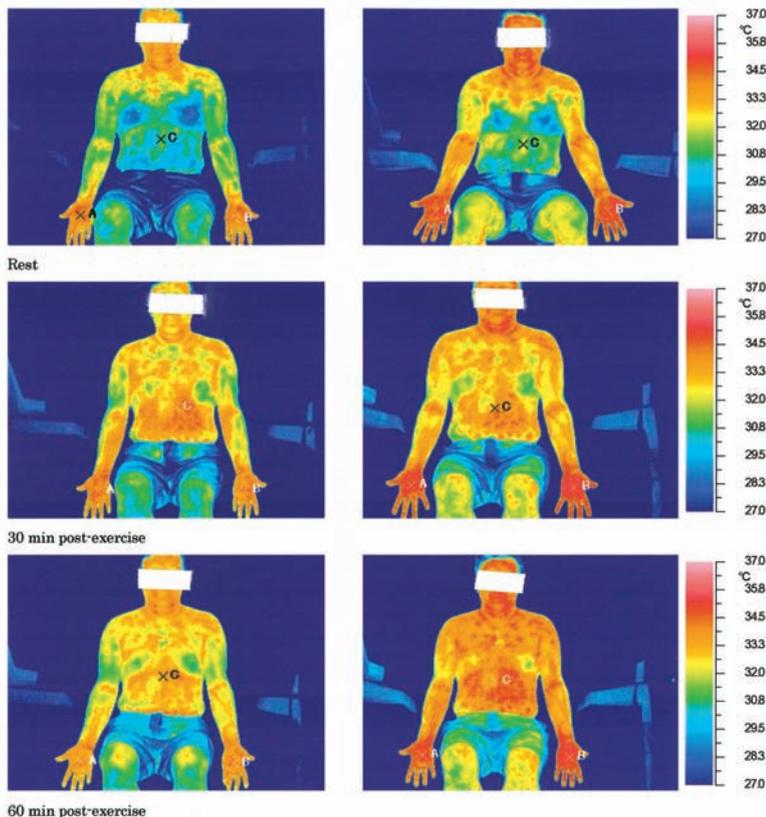


図1 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化（上体前面、被験者；A.I.）

左：常圧常酸素環境、右：低圧低酸素環境

Fig.1 Changes in skin temperature before (at rest) and post exercise in NE and HE (anterior aspect of upper body; subject; A.I.).

Left: NE (normobaric normoxic environment), Right: HE (hypobaric hypoxic environment)

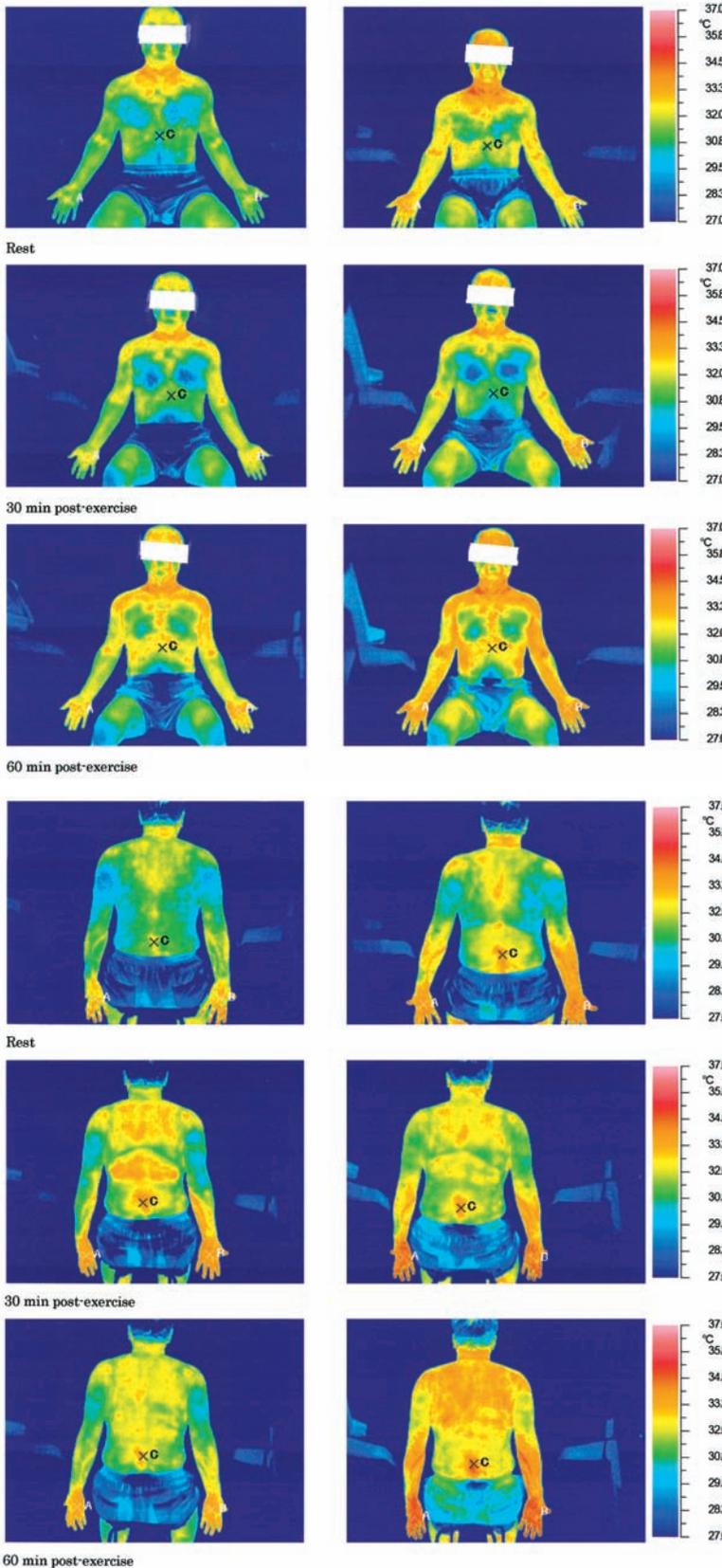


図2 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化(上体前面、被験者; Y.Y.)
 左: 常圧常酸素環境、右: 低圧低酸素環境
 Fig. 2 Changes in skin temperature before (at rest) and post exercise in NE and HE (anterior aspect of upper body, subject; Y.Y.).
 Left: NE (normobaric normoxic environment), Right: HE (hypobaric hypoxic environment)

図3 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化(上体後面、被験者; A.I.)
 左: 常圧常酸素環境、右: 低圧低酸素環境
 Fig. 3 Changes in skin temperature before (at rest) and post exercise in NE and HE (posterior aspect of upper body, subject; A.I.).
 Left: NE (normobaric normoxic environment), Right: HE (hypobaric hypoxic environment)

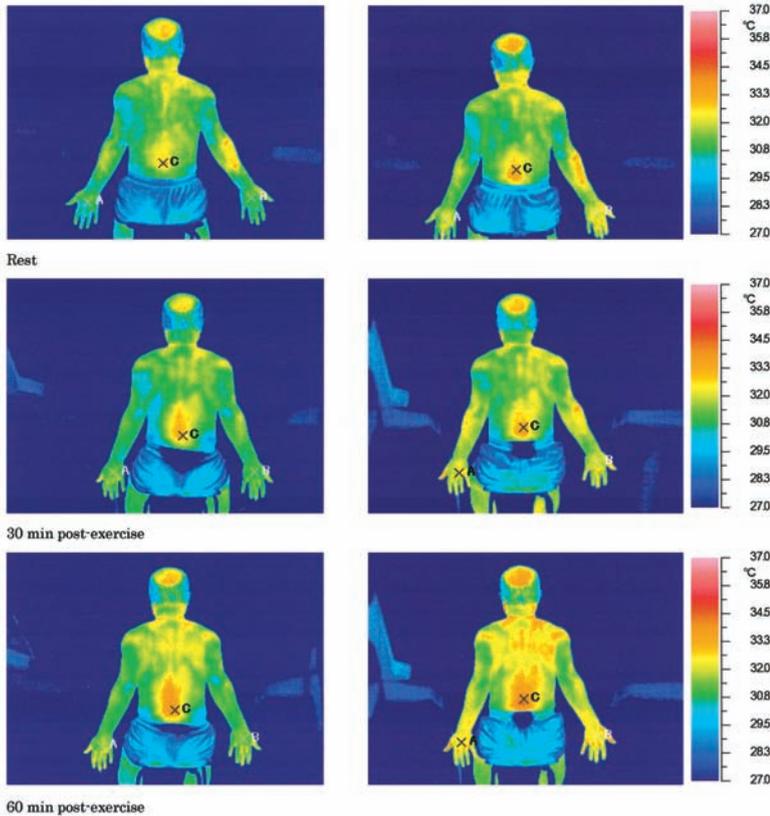


図4 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化(上体後面、被験者; Y.Y.)
 左: 常圧常酸素環境、右: 低圧低酸素環境
 Fig. 4 Changes in skin temperature before (at rest) and post exercise in NE and HE (posterior aspect of upper body, subject ; Y.Y.).
 Left: NE (normobaric normoxic environment), Right: HE (hypobaric hypoxic environment)

2. 一過性の歩行運動前後における定点温度の変化

一過性の歩行運動前後における定点温度の変化を図5～7に示した。安静時における各部位での定点温度は、HEがNEに比べて、手掌部や腰部でやや上昇傾向がみられた。運動終了後における各部位での定点温度では、HEが時間経過とともに上昇傾向がみられ、とくに、手掌部に顕著な変化が認められ、NEに比較して、運動終了30分、60分後で有意な上昇を示した ($p < 0.05$, $p < 0.05$)。

IV. 考 察

本研究は、減量・ウエイトコントロールを必要とする肥満者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時および一過性の歩行運動を行わせた場合、サーモグラフィーによる画像解析と定点温度から得られたデータを用い、安静時および運動終了後

の末梢血液循環の動態にどのような効果を及ぼすかを検討した。

その結果、HEにおける安静時の皮膚温度は、NEに比較して、高温のエリアが拡大していた。手掌部などの定点温度では、やや上昇傾向がみられた。これらの結果は、低圧低酸素環境が皮膚血流増加の効果にも大きく関与することが示唆される。これらの効果は、私たちが現在までに報告してきている低圧低酸素環境と加速度脈波による末梢循環に関する研究^{14, 15)}と密接に関連づけることができる。前報では、標高1500 m程度の低圧低酸素環境では平地よりも、この加速度脈波の波高比である d/a 値の上昇とともに加速度脈波の総合的指標である $APG\ Index$ ^{12, 13)}の上昇も認められ、末梢循環の評価が一時的に高い機能を維持できることを報告している。加速度脈波の b/a 値は、血管の伸展性(血管の柔らかさ)を示すもので、 d/a 値は機能的血管壁の緊張や動脈硬

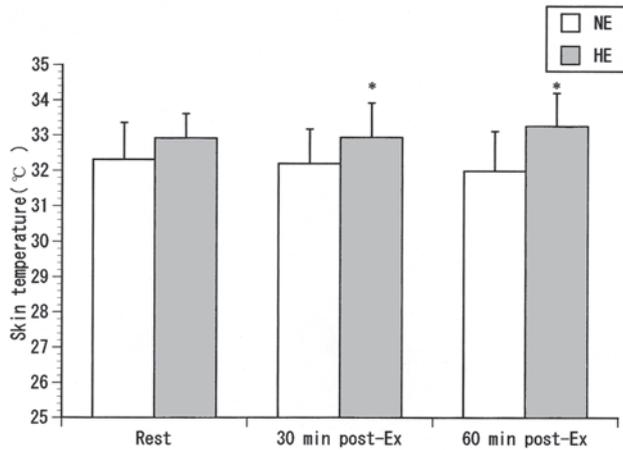


図5 一過性の歩行運動前後における定点温度の変化(手掌中央部)

Fig. 5 Changes in skin temperature of fixed point before (at rest) and post exercise in NE and HE (mid-palmar region).

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic Environment (* $p < 0.05$)

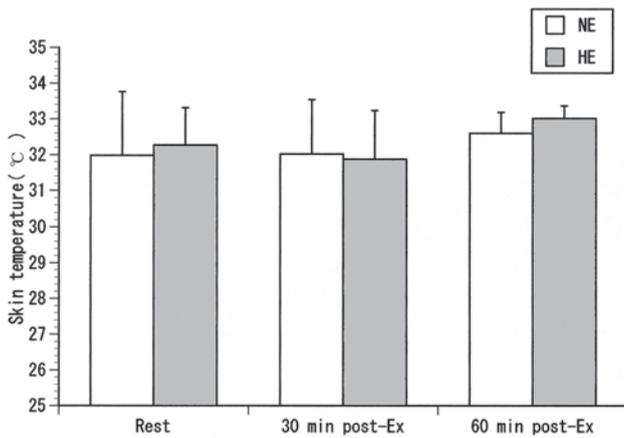


図6 一過性の歩行運動前後における定点温度の変化(腹部)

Fig. 6 Changes in skin temperature of fixed point before (at rest) and post exercise in NE and HE (abdominal region).

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic Environment

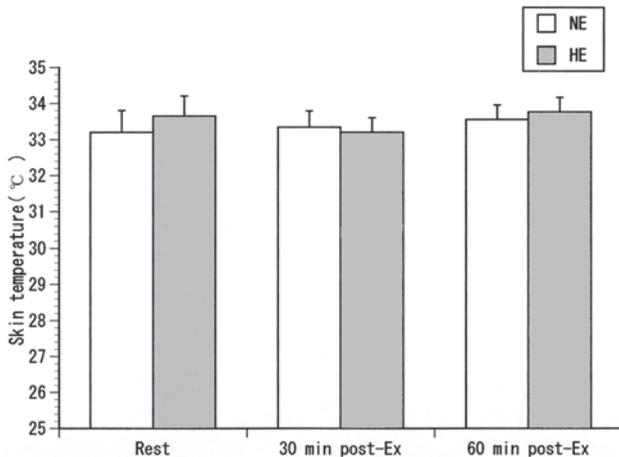


図7 一過性の歩行運動前後における定点温度の変化(腰部)

Fig. 7 Changes in skin temperature of fixed point before (at rest) and post exercise in NE and HE (lumbar region).

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic Environment

化による器質的硬化を反映する⁸⁻¹⁰⁾と考えられ、これらの波高比は、加齢とともにb/a値の上昇、d/a値の低下がみられること¹¹⁾が報告されている。また、虚血性心疾患の患者を対象に末梢血管収縮

剤の投与による昇圧時にはb/a値が増大し、d/a値は減少するのに対して、末梢血管拡張剤の投与による降圧時にはb/a値が減少し、d/a値は上昇すること^{8,9)}が認められている。血管拡張に伴

う加速度脈波の変化としては、とくに、顕著に現れるのが d/a の変化である。これらの結果および本研究における皮膚温度の変化等から、低圧低酸素環境下では、安静時でも末梢血管の拡張、血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが示唆される。

次に、運動終了後の皮膚温度は、HE が NE に比較して、時間経過とともに皮膚温度の上昇がみられ、胸部、腹部、背部および手掌部などに高温のエリアが拡大され、60分経過した後もなお高温の状態を維持していた。各部位での定点温度では、とくに、手掌部に顕著な変化がみられ、HE が NE に比較して、運動終了60分後で有意な上昇を示した。これは、運動終了後も循環経路の終末的な部位でもある手掌部が低圧低酸素環境の影響を受けやすく、血流増加効果の強く現れる部位であると考えられる。これらの効果は、安静時と同様に、加速度脈波による末梢循環の研究^{14, 15)}に関連づけることができる。先行研究では、加速度脈波の波高比である b/a 値は、HE が NE よりも運動終了60分後で有意な減少を示したのに対して、逆に、 d/a および APG Index は有意な上昇を示したことを報告している。加速度脈波波形パターンとその評価（高い機能、標準機能、機能低下）からみると、HE では、その効果が運動終了60分後でも高い機能を維持していたのに対して、NE では運動終了30分程度までは高い機能を維持していたこと等が本研究の結果とほぼ一致している。したがって、従来のエネルギー代謝^{1, 2, 6, 7)} および加速度脈波の成績^{14, 15)}と同様に、低圧低酸素環境である高地での運動の方が平地での運動よりも、皮膚温度の変化からも末梢循環動態により長く効果をもたらすことが示唆される。すなわち、標高1500 m に相当する低圧低酸素環境下で一定強度の運動を一定時間負荷すると、低圧低酸素刺激と運動刺激の相乗作用が運動終了後にも生理応答を増加させ、末梢血管の拡張、血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが考えられる。

そこで、近年、女性や中高年者が週末を利用し

てトレッキングなどでの高地登山（標高1000 m ~ 2000 m）の増加は、運動能力の改善は基より、登山後の長時間にわたるエネルギー代謝の亢進とともに、加速度脈波の変化、さらには本研究で得られた皮膚血流増加の面から末梢循環の一時的な改善もみられ、肥満の予防および疾病予防と健康増進の観点から推奨されるであろうと考えている。

以上、本研究の成績から、肥満者に対する標高1500 m に相当する低圧低酸素環境下における歩行運動は、運動終了後、末梢血管の拡張、皮膚血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが示唆された。

V. まとめ

本研究は、減量・ウエイトコントロールを必要とする肥満者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時および一過性の歩行運動を行わせた場合、サーモグラフィーによる画像解析と定点温度から得られたデータを用い、安静時および運動終了後の末梢血液循環の動態にどのような効果を及ぼすかを検討した。

その成績を示すと次のごとくである。

- 1) 安静時の皮膚温度は、HE が NE に比較して、高温のエリアが拡大していた。
- 2) 運動終了後の皮膚温度は、HE が NE に比較して、時間経過とともに皮膚温度の上昇がみられ、胸部、腹部、背部および手掌部などに高温のエリアが拡大され、60分経過した後もなお高温の状態を維持していた。
- 3) 各部位での定点温度では、とくに、手掌部に顕著な変化がみられ、HE が NE に比較して、運動終了30分、60分後で有意な上昇を示した。

以上、本研究の成績から、肥満者に対する標高1500 m に相当する低圧環境下における歩行運動は、運動終了後、末梢血管の拡張、血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが示唆された。

参考文献

- 1) 寺尾 保, 木村季由, 湯浅康弘, 袋館龍太郎, 恩田哲也, 有賀誠司, 中澤一成, 山並義孝, 中村 豊, 齋藤 勝: スポーツ選手の減量に対する低圧環境下の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 11: 22-29, 1999.
- 2) 寺尾 保, 木村季由, 恩田哲也, 有賀誠司, 中村 豊, サンドゥー・アダルシュ, 山並義孝, 齋藤 勝: 肥満者およびスポーツ選手の減量に対する低圧環境下における歩行運動の有効性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 13: 15-23, 2001.
- 3) Terrados, N., Melichna, J., Sylven, C., Jansson, E. and Kaijiser, L.: Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur.J.Appl. Physiol.* 57: 203-209, 1988.
- 4) 寺尾 保, 恩田哲也, 中村 豊, 有賀誠司: 低圧環境下における持久的トレーニングがスポーツ選手の形態, 身体組成および脂質代謝に及ぼす効果, 体力科学, 46(6): 916, 1997.
- 5) Terao, T., Onda, T., Aruga, S., Yamanami, Y.: Effects of walking exercise in a hypobaric environment on the body composition and energy metabolism of obese subjects. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, 4(4): 161, 1999.
- 6) 寺尾 保, 桑平一郎, 宮川千秋, 恩田哲也, 中村 豊, 三田信孝, 山並義孝, 齋藤 勝: 肥満者の減量に対する低圧環境下および常圧環境下における歩行運動の有効性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 15: 32-38, 2003.
- 7) Terao, T., Miyakawa, C., Yamanami, Y., Saito, M.: The effects of walking exercise in hypobaric and normobaric environments on resting metabolic rate and body composition in obese adults. *Osterreichisches Journal fur Sportmedizin*, 33(2): 26-31, 2003.
- 8) 高沢謙二, 伊吹山千春: 加速度脈波, 現代医療, 20: 948-955, 1988.
- 9) 高沢謙二, 伊吹山千春: 加速度脈波の有効性, 臨床検査, 33: 858-862, 1989.
- 10) 鈴木明裕, 山川和樹, 藤沼秀光, 須藤秀明, 小川研一: 弾性動脈の伸展度 (Distensibility) と, 加速度脈波との関係についての検討, 日本臨床生理学雑誌, 20: 113-123, 1990.
- 11) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用, 労働科学, 61(3): 129-143, 1985.
- 12) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用 (第2報) —波形の定量化の試み—, 体力研究, 68: 17-25, 1988.
- 13) 佐野裕司, 片岡幸雄, 小山内博: 身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響 (その2) —長期トレーニングの影響—, 千葉体育学研究, 16: 47-53, 1993.
- 14) 寺尾 保, 小澤秀樹, 桑平一郎, 三田信孝, 恩田哲也, 中村 豊, 山並義孝, 堀江 繁: 肥満者の減量に対する低圧低酸素環境下の歩行運動が運動終了後の末梢血液循環に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 16: 61-68, 2004.
- 15) 寺尾 保, 伊藤栄治, 小澤秀樹, 桑平一郎, 三田信孝, 山並義孝, 堀江 繁: 中高年者に対する低圧低酸素環境下の歩行運動が末梢循環に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 17: 16-22, 2005.



幼児の跳躍動作における運動伝導の評価

山田 洋 (体育学部体育学科) 加藤達郎 (体育学部体育学科) 三上恭史 (大学院体育学研究科)
金子公宏 (明治大学理工学部) 塩崎知美 (筑波スポーツ科学研究所) 横井孝志 (産業技術総合研究所)

Assessment for motor conduction during jumping in infants

Hiroshi YAMADA, Tatsuro KATO, Yasufumi MIKAMI,
Kimihiko KANEKO, Tomomi SHIOZAKI and Takashi YOKOI



Abstract

The purpose of this study is to examine the “skill” from the point of view in motor conduction during jumping in infants. Subjects were 17 healthy infants (Younger group, $n = 11$; Middle group, $n = 6$). Five college students were participated in the this experiment as control group. Their forms during jumping were recorded by using a digital video camera. Angular displacement, angular velocity and angular acceleration were calculated for hip, knee and ankle joints. Jumping movements were divided to take-off phase and land-on phase based on the displacement of center of gravity. Correlation coefficient (CC) function was calculated for relation between the hip joint angular curve and knee joint angular curve to discuss the motor conduction. CC was also calculated for relation between the knee joint angular curve and ankle joint angular curve. Behavior of CC function in infants was similar to in controls during take-off phase. On the other hand, CC was smaller in infants than in controls during land-on phase. Furthermore, the variance of time lag in peak of CC was larger in infants than in controls, indicating the inability of motor conduction in infants during land-on phase.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 62-68, 2006)

I. はじめに

スキヤモンの発育発達曲線にみられるように、幼児期には神経系の発達が著しい¹⁾。したがって、この時期に適切な運動を行うことが神経系の発達を促し、運動の「巧みさ」を獲得できると考えられる。しかしながら、これまで幼児期の「巧みさ」を評価する研究はあまり行われていない。この「巧みさ」の評価に関してマイネル²⁾は、『巧みな運動では、それぞれの四肢や関節に明らかな順次性が認められる』と述べ、これを「運動伝

導」と定義している。

本研究では、この「運動伝導」の考えに基づいて、ヒトの最も基本的な動作のひとつである“跳躍”をとりあげ、幼児における動作の「巧みさ」を評価することを試みた。幼児に跳躍動作を行わせ、矢状面からの二次元映像解析を行った。跳躍動作を離地局面と接地局面に分け、股・膝・足関節における角速度の変化曲線について相互相関関数^{3, 4)}を用い、各関節間における角速度変化の類似性や時間ずれについて検討した。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

神奈川県横浜市の幼稚園で測定を実施した。年少幼児11名、年中幼児6名を被験児とした。幼稚園と保護者には予め実験の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。コントロール群として健康な男子大学生5名を被験者とした。成人被験者にも予め実験の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。

2. 測定

測定に先立ち、幼稚園教諭から測定についての説明がなされた。その後、各被験児にデジタルサイズの標点を貼付した。標点に用いるマーカーは発泡スチロールの半円で、直径は3 cmと1.5 cmであった。マーカーの色は黒および黄色とし、それぞれの被験者の各部位の背景の色を考慮し、最も

目立つ色を選択した。これらのマーカーは、被験者の頭頂と胸骨上縁、左右の耳珠点、肩、肋骨下端、肘、大転子、手首、手、膝、外果、母指球、踵、爪先に貼付した。

測定時には、被験児に対し出来るだけ高くジャンプするように丁寧に説明をして、練習を数回行わせた。本番の試技は3回行わせ、2回目の試技を解析した。デジタルビデオカメラ（VX-2000、SONY）を用いて、跳躍動作中の矢状面の二次元映像を、毎秒30コマで撮影した（図1）。

3. 解析

得られた映像データをオフラインで処理・解析した。毎秒30コマでUltra EDIT（Canopus）を用いてコンピュータ（Dimension 3000、Dell）に取り込んだ。静止立位→膝の屈曲から離地→接地から膝屈曲→静止立位までを跳躍動作とした。画像解析ソフト（Frame DIAS、ディケイエイチ）を用いてデジタル化を行い、跳躍動作時の股関節



図1 測定概略図
Fig. 1 Experimental set up

節、膝関節、足関節における角度、角速度、および角加速度を算出した。本研究ではこれらのKinematicsパラメータのうち、特に角速度に着目した。また、跳躍動作における重心変位の正ピークを基準に、ピーク以前を離地局面、ピーク後を接地局面と定義した(図2)。この角速度変化曲線の所用時間を100%として規格化し、股関節-膝関節、膝関節-足関節間で相互相関関数を算出した。相関係数により各関節間における角度変化の類似性、およびそのときの時間ずれ(%)を評価した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 幼児の跳躍動作の特徴

跳躍動作時の股・膝・足関節の角速度変化曲線の例を図3に示す。この図では正方向が伸展、負方向が屈曲を表している。成人では、離地局面における離地前(沈み込み)の各関節の負のピークが小さく、離地直前にみられる正のピークが大きい。これに対し、幼児では、離地前の負ピークが成人と比較して大きく、股関節では跳躍前の沈み込みと踏み切り時の伸展がほぼ同じ速さで行われていることを意味している。接地局面では、接地

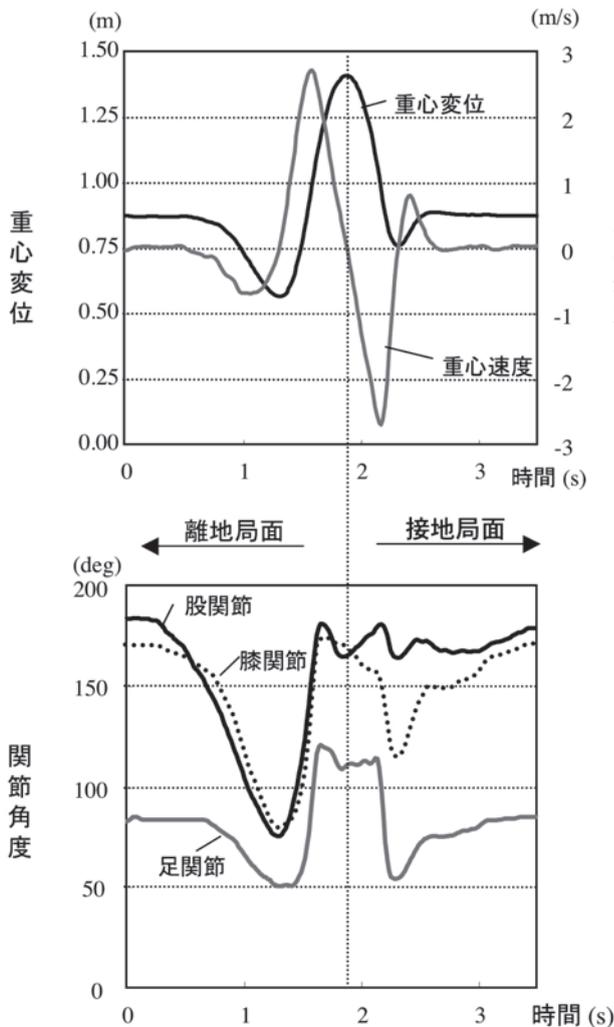


図2 重心変位および速度からみた跳躍動作時における局面分けとそれに対応する股・膝・足関節の角度変化
 Fig. 2 Analyzed phases during jumping movement based on the displacement and velocity of center of gravity

時の足・膝・股の屈曲を意味している各関節における接地直後の負のピークが、成人と比較して幼児では著しく小さい。これは、幼児では離地直後に膝を屈曲し、その屈曲を維持したままで着地し、その後の沈み込みが少ないためである。このように離地直後に膝を屈曲する例は、18人中6例で見られた。

図4は対応した股-膝関節間・膝-足関節間の相互相関関数を示す。この図において、横軸はそれぞれの局面を100%として表示した相関係数、

縦軸は時間ずれを示す。離地局面における相互相関関数をみると、幼児においても成人においても高い相関係数を示しており、股、膝、足関節の角速度は、同じような振る舞いをしているといえる。相互相関関数からみた角速度曲線の時間ずれについては、成人ではほとんどみられないのに対し、幼児では関数のピークがマイナス方向にずれて、股・膝・足の順序性がみとめられる。接地局面の相互相関係数は、幼児においても成人においても離地局面と比較して小さい。成人では、関数

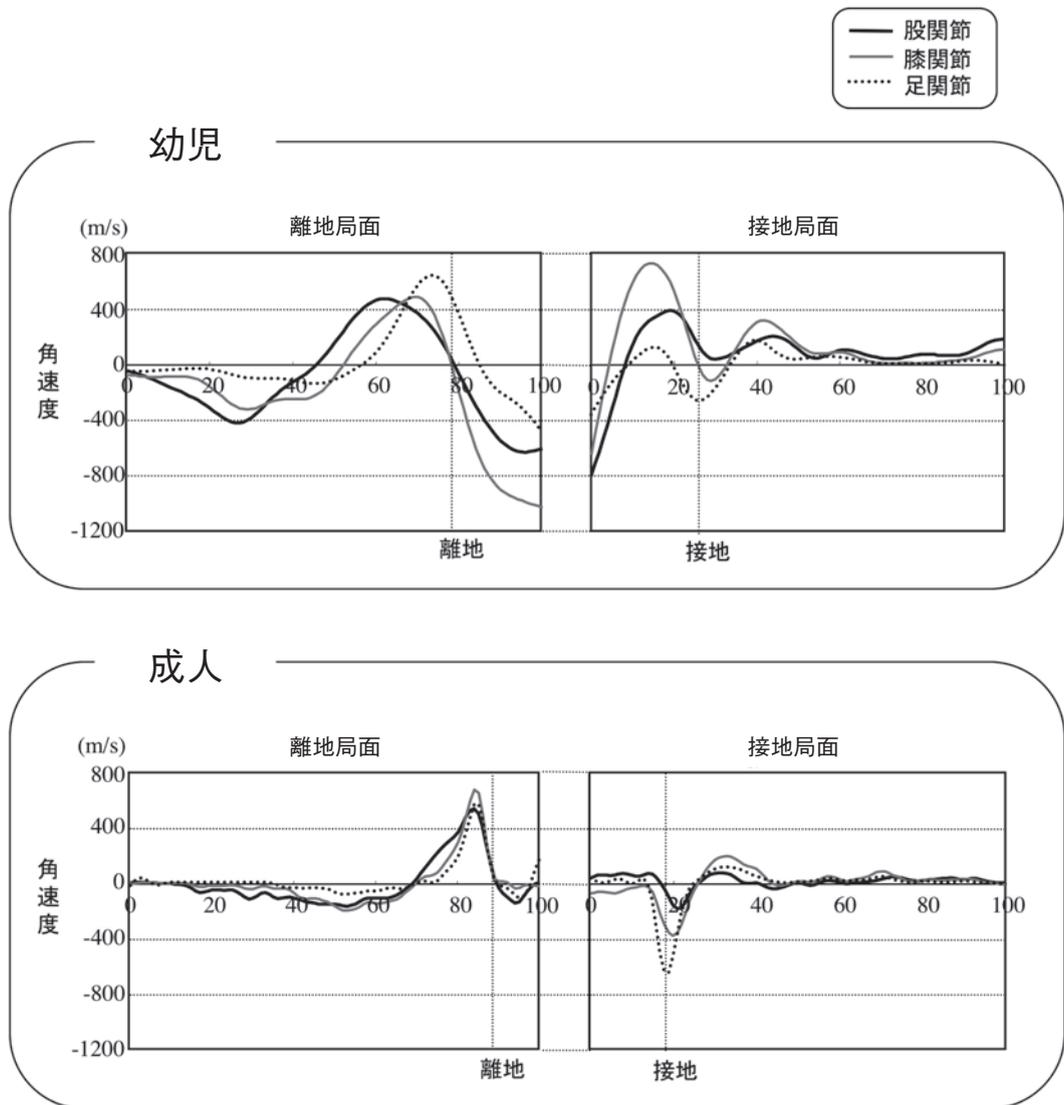


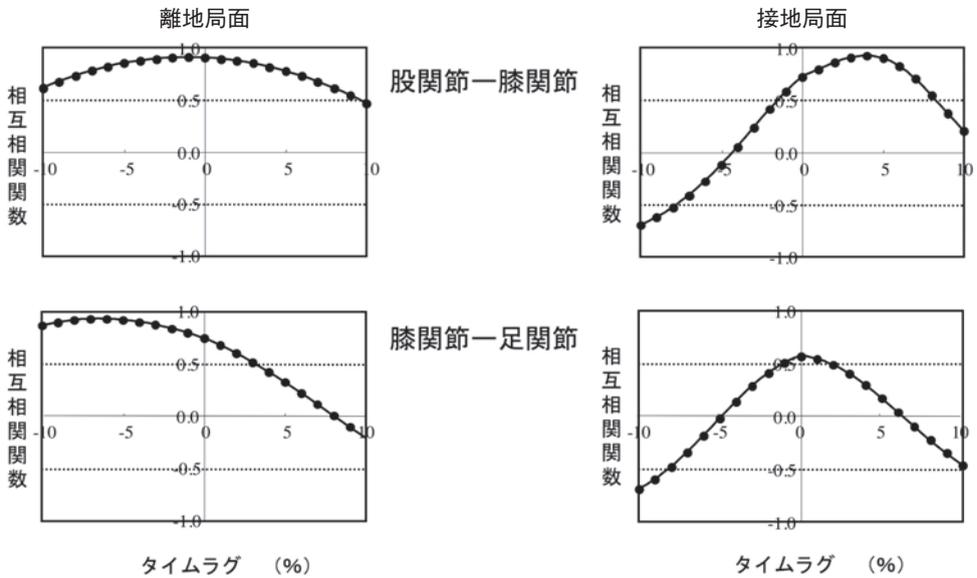
図3 幼児と成人における股・膝・足関節の角速度
Fig. 3 Angular velocity of hip, knee, and ankle joints in adults and infants

のピークがプラス方向にずれて、足・膝・股の順次性がみとめられるのに対し、幼児ではこれが見られない。

2. 相互相関関数からみた運動伝導

図5は、離地局面および着地局面における相互相関係数と、時間ずれ(%)を全被験者について示している。この図において、相関係数が高けれ

幼児



成人

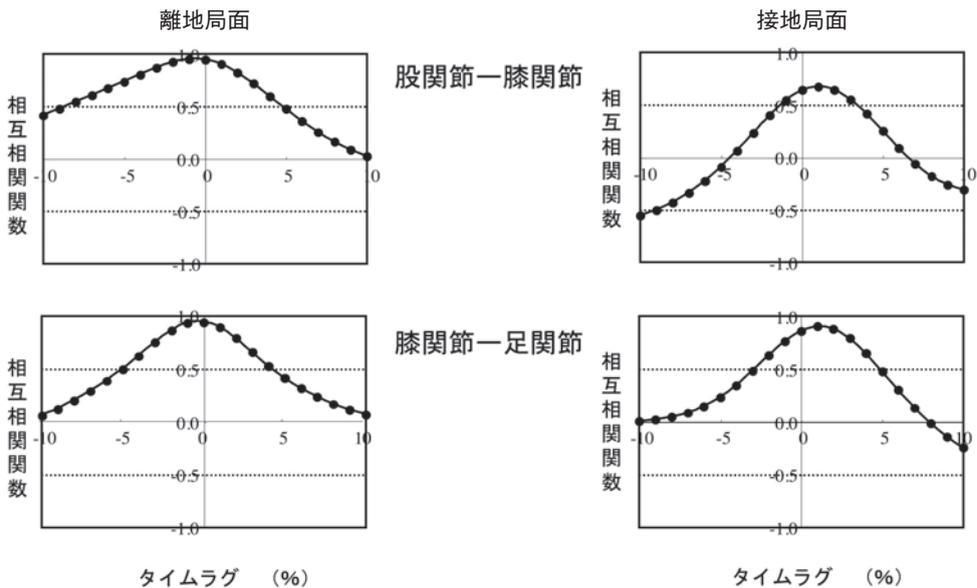


図4 幼児(上)と成人(下)における股-膝関節および膝-足関節間の相互相関関数の例
Fig. 4 Typical examples for cross correlation coefficient

ばその曲線間の類似性が高いことになる。時間ずれについては、近位の関節から遠位の関節（股関節→膝関節、膝関節→足関節）への順序性がある場合にマイナス（離地局面の総時間に対する%表示）、遠位の関節から近位の関節（足関節→膝関節、膝関節→股関節）への順序性がある場合にプラス（接地局面の総時間に対する%表示）で表示している。

離地局面においては、幼児、成人ともに、股関節 - 膝関節間、膝関節 - 足関節間の相互相関係数が高く、各関節の角加速度の変化曲線の類似性が高いことがわかる。時間ずれに関しては、時間ずれなしか、あるいは - 4% ~ + 2% ぐらいの範囲

にまとまっている。したがって、離地局面においては運動の順序性が高く、「運動伝導」がよいといえる。接地局面においては、各関節間の相互相関係数は高いものの、そのバラツキが大きい様子がわかる。時間ずれについても、バラツキが大きい。特に幼児では - 10% から + 10% の広い範囲に散らばっている。宮崎ら⁵⁾は幼児と大学生を対象として、各自の身長比の30%あるいは60%という一定の身長比による台高から飛び降り動作を行わせ、16 mm 映画、筋電図および地面反力記録から分析し、幼児は大学生よりも有意に着地時の体重当たり最大衝撃力が大きく、最大力出現時間や衝撃吸収時間が短いことを示している。彼らは、

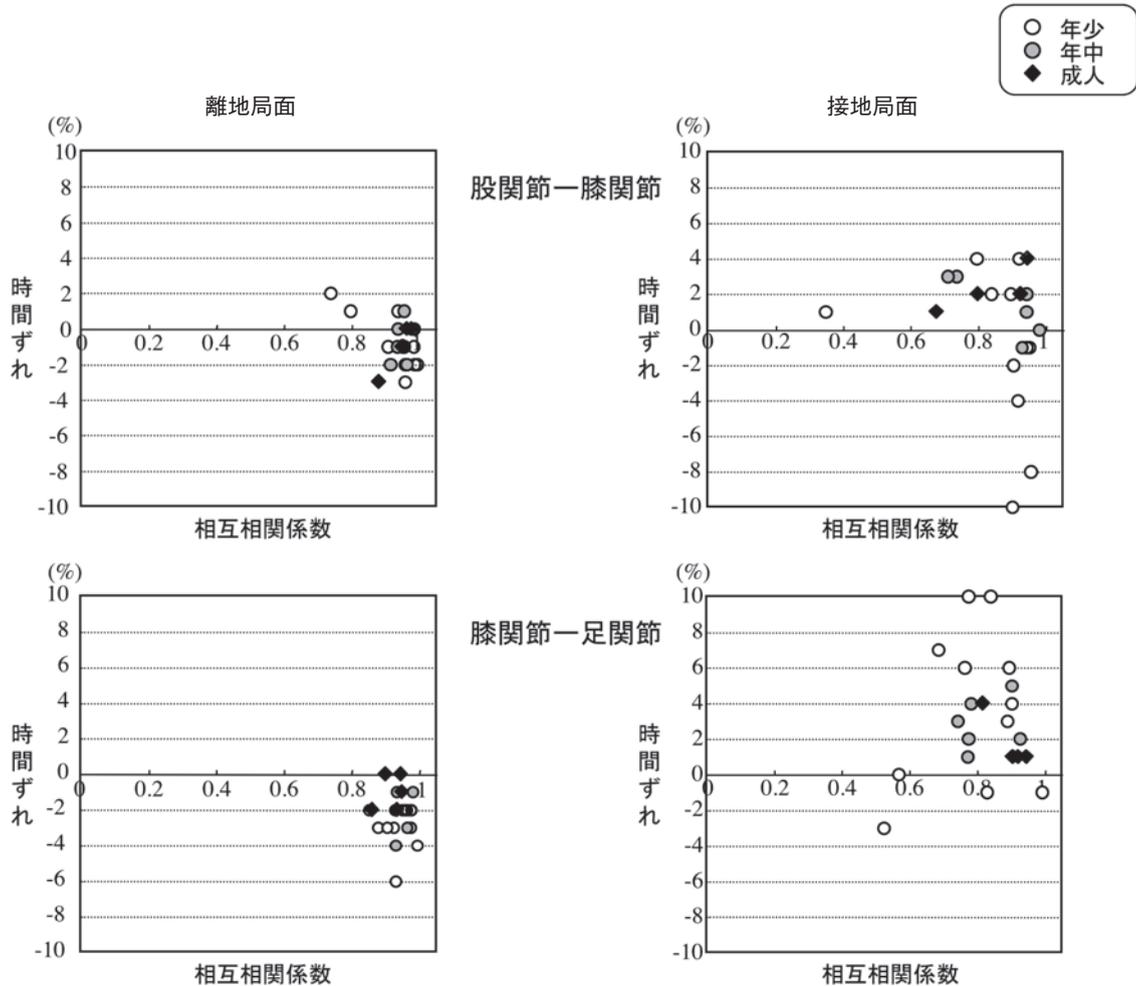


図5 離地および着地局面における相互相関係数と時間ずれ（全被験者）
Fig. 5 Cross correlation coefficient for all subjects

幼児が成人と比較して着地動作中における足関節、膝関節、あるいは股関節等の屈曲度が小さく、また膝関節や足関節伸筋群の筋活動が少ないために、これらの結果が生じたと考察している。これら先行研究の結果もふまえ、着地局面におけるバラツキの大きさは幼児の特徴であり、運動制御、すなわち「巧みさ」が未発達であることに起因していると推察される。今後は、この接地局面に着目して運動伝導の観点から幼児の「巧みさ」について検討していきたい。

引用文献

- 1) 高石昌弘：発育発達と子どものからだ，子どもと発育発達，1，9-12，2003.
- 2) クルト・マイネル著，金子明友訳：スポーツ運動学，大修館，第13版，2002，190-212.
- 3) 和田孝雄：生体のゆらぎとリズム，ゆらぎとリズム，講談社サイエンティフィク第1版，1997，11-27.
- 4) 林 直樹，古谷嘉邦，加藤達郎，関 豪：オーバーハンドの投と打の共通点，東京体育学研究，81-86，1999.
- 5) 宮崎義憲，関 和彦，王 偉，矢野博巳，鎌田俊司：幼児の着地衝撃緩衝能について，体育科学，18，140-148，1990.



講習会形式メンタルトレーニング プログラムの効果について（その2）

石井 聡 (大学院体育学研究科) 高妻容一 (体育学部競技スポーツ学科)

The effect of seminar style mental training program No.2

Satoshi ISHII and Yoichi KOZUMA



Abstract

The purpose of this study was to verify the hypothesis that there would be a positive change of athletes after participating in a mental training seminar conducted by a sport psychologist. One group received twelve 90-minute sessions of the mental training seminar conducted by the sport psychologist for a period of 4 months. The participants were 115 athletes assigned to the Seminar Group. The Control Group of 48 athletes did not participated in any seminar sessions. A seminar style mental training program included self-analysis, purpose of mental training, goal setting, relaxation, psyching-up, imagery, concentration, positive thinking, self-talk, and psychological preparation for competition. In the evaluation, these two groups were tested with the Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for Athletes (DIPCA.3). This standardized psychological test was used as a pretest at the start of the seminar, and as a posttest four months later at the end of the 12 sessions in Seminar Group. The Control Group was administered the same DIPCA.3 for pretest and posttest. A two way ANOVA (Analysis of Variance) was utilized for statistical analysis of the groups for positive influences received by the participants from the mental training seminar (Seminar Group). In the following test, significant differences were found in all 18 items out of 18 items for the Seminar Groups. However, the Control Group had only one factor of significant differences. In addition, 97% of the Seminar Group had positive answers in the survey administered to the participants. These results support the hypothesis that a seminar style mental training program has a positive effect.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 69-78, 2006)

I. はじめに

2004年のアテネオリンピックでは、日本のメダル獲得数が「東京オリンピックと並ぶ16個の金、合計のメダル数では史上最多の37個を獲得」¹⁾という快挙を成し遂げ、獲得したメダルの内訳は、金16、銀10、銅が11の合計37個であり、前回の2000年シドニーオリンピックと比較して2倍の獲得数であった。今回のアテネオリンピックで

の好成績の理由には、日本オリンピック委員会 (JOC: Japanese Olympic Committee) のゴールドプランにおける財政支援、および選手強化に必要なコーチングスタッフ、マネジメントスタッフの配置、また国立スポーツ科学センターなど情報・戦略スタッフ、医・科学スタッフの充実や科学的なサポートの役割が大きかったと言われている。2004年の日本スポーツ心理学会第31回大会においては、菅生 (国立スポーツ科学センター) や久木留目 (財団法人日本レスリング協会強化委員会委

員)らが、アテネオリンピックでの心理的サポートの取り組みについて報告した²⁾。さらに、2005年の日本スポーツ心理学会では、オリンピックでの「種目別心理サポート・メンタルトレーニングの経緯と現状について」、菅生(国立スポーツ科学センター)、荒木(大阪体育大学)、遠藤(山梨大学)、岡沢(奈良教育大学)らによって話題提供がおこなわれた³⁾。このようにアテネオリンピックでは、スポーツ科学という観点からのサポートが話題になり、その中でもスポーツ心理学の心理的サポートの重要性が話題となった。

ここで日本におけるスポーツ心理学や心理的サポートの歴史を紐解くと、ローマのオリンピック大会頃から試合に対する「心理的準備」として、競技力を高めるための心理面のトレーニングが注目され研究されるようになった。1964年の東京オリンピック大会に対する選手強化策では、「根性」の問題が大きく取り上げられた。たとえば射撃では、ジェコブソンの漸進的リラクゼーションやシュルツの自律訓練法や催眠法などの臨床心理の技法を適応する試みもなされた。さらに、「あがり」の防止や「あがり」の対策などの研究も進められた⁴⁾。猪俣⁵⁾によるとこれらの研究は、「主として試合の場における過緊張状態(あがり)をいかに防止するかをおもなテーマし、リラクゼーション法、自律訓練法、催眠法等を中心としたトレーニングが実施された。」としている。このようにわが国では、比較的早くからこの問題に対する臨床心理的研究がスポーツ選手を対象として実施されたが、それは射撃の選手に限定されていた。また「精神の強化については、体力や技術面のハードトレーニングの過程で身につけられるとされたり、コーチの経験に基づいて、いわゆる精神教育として行われてきた歴史がある」と松田⁶⁾は報告している。東京オリンピックでは、女子バレーボール(東洋の魔女)の活躍などもあり、当時の根性(精神・スパルタ)練習の影響から、日本のスポーツ界は根性主義と言われる心理面での強化が主流になっていった。しかし、1984年のロサンゼルスオリンピック大会にい

たって、日本代表選手の成績不振が精神面の問題にあったとする反省をもとに、再び日本体育協会のスポーツ科学委員会の中に「スポーツ選手のメンタルマネジメントに関する研究」プロジェクトが設けられ、日本における心理(メンタル)面の強化が再開されることになった。ロサンゼルスオリンピック大会後に開始された日本体育協会のスポーツ医・科学委員会のメンタルマネジメント研究で松田⁶⁾は、「メンタルマネジメント(Mental Management)」という言葉を用いている。これは、「精神の自己管理を意味している。スポーツ選手のメンタルマネジメントは、体力や技能のトレーニングと同様に、競技場面では最高のパフォーマンスを発揮するために必要な精神的な側面を積極的にトレーニングして精神力を高め、自分で精神の管理(またはコントロール)できるようになることをめざして行われる」と定義している。猪俣⁴⁾は、松田⁶⁾の述べているメンタルマネジメントの定義で使われている「自己管理」(またはコントロール)という言葉には心理的スキルが必要であると考え、次のように説明している。「代表的なものとして、緊張やストレスのコントロール、イメージ、注意の集中、積極的思考、目標設定などがあげらよう。これらのスキルは競技パフォーマンスを促進するために必要不可欠な心理的要素である。これらのスキルは、トレーニングによって習得もしくは向上させることが可能であり、このトレーニングを特にメンタルトレーニングと呼んでいる。」

このような研究プロジェクトを背景として、日本のスポーツ現場にもスポーツ心理学によるメンタル面強化やメンタルトレーニングの普及がされるようになった。しかし、この普及の過程で、自称専門家や企業によるスポーツ心理学を背景としないメンタルトレーニングを指導する人々が現れるようになり、スポーツの現場を混乱させるようになった⁷⁾。そこで日本スポーツ心理学会では議論を重ね、2000年には、日本スポーツ心理学会が認定する「スポーツメンタルトレーニング指導士・補」の資格認定制度が確立された。これにつ

いて杉原⁸⁾は、「スポーツの現場では心理“学”的な基礎を持たない経験だけに頼ったいい加減で怪しげなメンタルトレーニングというものが横行し始めている。選手の心の問題を扱うだけに、そのようなメンタルトレーニングは選手にとって有害であるばかりでなく、メンタルトレーニング、ひいてはスポーツ心理学に対する信頼を失わせる」と資格制度発足について述べている。この資格認定制度を確立させる中で、日本スポーツ心理学会は、メンタルトレーニングの定義を「スポーツ選手や指導者が競技力向上のために必要な心理的スキルを獲得し、実際に活用できるようになることを目的とする、心理学やスポーツ心理学の理論と技法に基づく計画的で教育的な活動」であるとしている⁹⁾。

一方、海外における心理的サポートやメンタル面強化の研究動向を紐解くと、「海外では、1950年代から旧ソビエト社会主義国家の威信をかけ、オリンピックでメダルを獲得することを目的として、メンタル面強化が始まった」¹⁰⁾と報告している。1970年代には、旧ソビエト連邦や旧東ドイツのオリンピックにおけるメダル獲得数などの影響から、北米を中心とした西洋諸国でもメンタル面強化のトレーニングや心理的サポートに関する研究が始まった。同時に、メンタル面強化を目的とした世界的な動向が、国際スポーツ心理学会 (ISSP: International Society of Sport Psychology)、国際応用スポーツ心理学会 (AAASP: Association for The Advancement of Applied Sport Psychology)、国際メンタルトレーニング学会 (ISMTE: International Society for The Mental Training and Excellence) の3つを中心に展開するようになっていった¹⁰⁾。現在、「メンタルトレーニング」を専門に取り扱う学会は、ISMTE、AAASP、および国際スポーツ心理応用学会 (ICPAS: International Congress on Psychology Applied to Sport) の3つがある⁷⁾。海外でのメンタルトレーニングの定義としては、1982年にISMTEの設立者で初代会長でもあったUnestahlは「メンタルトレーニングという言葉は、

個人の外的・内的・メンタル・身体行動や経験などをコントロールしたり、変化させることを目的とした心理学的テクニックに対して使われる。このメンタルスキル・行動・態度・ストラテジーの系統的なトレーニングは、精神力が身体的な強さと同じようにトレーニングできるという考えを基本としている」と定義している。またISMTEでは、メンタルトレーニングの国際的な指導者を育成するために、国際教育システム (国際ライセンス制度) を確立した。その中でメンタルトレーニングとは、「メンタルトレーニングとは、身体的な部分にかかわらない全てのトレーニングであり、ピークパフォーマンスとウェルネスを導くための準備である。スポーツのパフォーマンスや人生を向上させるための、ポジティブな態度、考え、集中力、メンタル、感情などを育成・教育することが中心である」と定義している¹¹⁾。

メンタルトレーニングの講習会形式の効果に対する先行研究として、中込¹²⁾は講習会の内容を週1回2時間のセッションを10回行い、心理テスト (心理的競技能力検査) および内省報告による分析を実施し、その結果メンタルトレーニング講習会は有効であったと報告している。また猪俣ほか^{13, 14)}は、大学競技者を対象としたより効果的なメンタルトレーニングプログラムの作成を試みた報告をしている。このような実践的研究を背景として、徳永¹⁵⁾はメンタルトレーニングの進め方について、講習会形式の指導をしており、「このような一般的な指導から、個々の課題に応じた実践的トレーニングを開始すべきである」と述べている。一方、海外での講習会形式のメンタルトレーニングプログラムは、Unestahl¹⁶⁾の「Inner Mental Training」、Orlick & Partington¹⁷⁾がオリンピック代表選手に実施した研究、Suinn¹⁸⁾の「VMBR: Visuo-motor behavior rehearsal」、Tukko¹⁹⁾の「Sports Psyching」などがあり、これらの研究や実践での効果が現在のメンタルトレーニングプログラムに多大な影響を与えている。

本研究に対する先行研究では、講習会形式のスポーツメンタルトレーニングプログラムがスポー

ツ選手の心理的側面にポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を立て、仮説検証その1という研究を実施した。この研究では、高妻²⁰⁾の作成したプログラムの有効性を分析するために2つのグループに同じ専門家が同じプログラムを実施し、講習会形式の指導が有効であったことを検証した²¹⁾。本研究は、先行研究に続いて仮説の検証その2とし、講習会を受講したグループ（講習群）と受講しなかったグループ（コントロール群）に対して分析を行い、メンタルトレーニング講習会がスポーツ選手に対してポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を立てた。

そこで本研究の目的は、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムがスポーツ選手にポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を検証することであった。

Ⅱ. 方 法

1) 本研究の対象者は、メンタルトレーニングの講習を受講した大学生スポーツ選手115名（18～22歳の男女）、および講習を受講しなかった大学生スポーツ選手48名（18～22歳の男女）であった。本研究では、メンタルトレーニングの講習を受けているグループ（講習群）と講習会を受けなかったグループ（コントロール群）の心理的影響を分析するために、心理的競技能力診断検査（DIPCA.3）という標準化されたスポーツ心理テストを使用した。このDIPCA.3は、5因子（競技意欲、精神の安定・集中、自信、作戦能力、協調性）に大別し、それをさらに12尺度（忍耐力、闘争心、自己実現意欲、勝利意欲、自己コントロール能力、リラックス能力、集中力、自信、決断力、予測力、判断力、協調性）に分類し、それぞれの結果が5段階に評価ができ、それに総合得点を加えた18項目に対して分析ができる^{22, 23)}。講習群には、講習会実施前にプリテストとしてDIPCA.3を実施し、同様にコントロール群にも同じ時期にDIPCA.3を実施した。その後、講習群

は、毎週1回のペースで合計12回（約4カ月）の講習会を実施し、12回目の講習が終了した後にポストテストとして2回目のDIPCA.3を実施した。コントロール群も同様に同じ時期にDIPCA.3を実施した。さらに講習群にはアンケート調査を実施し、講習会に参加した選手の感想や意見など質的データの収集も実施した。

2) 講習群は、高妻²⁰⁾が作成したメンタルトレーニングプログラムを教科書（今すぐ使えるメンタルトレーニング：選手用 ベースボール・マガジン社）とした。加えてこの教科書に沿って自己学習ができる用紙「メンタルトレーニング初級編：質問用紙（自己学習プログラム）」を使用し、その自己学習の方法を紹介した。また参加者は、この用紙の講習で終了できなかった部分を各自で実行し、講習会最終日に提出をする条件をつけた。今回実施したメンタルトレーニングプログラム²⁰⁾は、表1に示す18ステップで構成されていた。

3) 本研究で、講習群に実施した約4カ月にわたる合計12回の講習会の内容は、下記の通りであった。

第1回では、メンタルトレーニング開始前に参加者に対してプリテストとしてDIPCA.3を実施し、現在の心理面を自己分析した。また、この心理テストを用いて、現在のメンタル面の長所や短所の認識をし、今後どのようなメンタル面強化の必要性があるかを説明した。

第2回では、参加者にメンタルトレーニング講習会プログラムを実施する目的、理論、さらに歴史的背景などを説明した。特に、メンタルトレーニングとは何かを説明する目的で、日本オリンピック委員会作成のメンタルトレーニングを紹介するビデオを見せ、その内容や活用された心理的スキルなどを説明した。

第3回では、スポーツ現場でのメンタルトレーニング実践例のビデオを使い具体的な方法やプログラムを紹介した。そのビデオの内容は、試合当日の朝の散歩から試合場に行く前、試合場に到着して、ロッカールームでの時間の過ごし方、試合場への散歩、試合前の心理的準備、試合開始直前、

表1 メンタルトレーニングプログラム
Table 1 Mental training program

ステップ1	心理的競技能力診断検査を使用した自己分析
ステップ2	質問に答える形式の自己分析
ステップ3	メンタルトレーニングの目的や効果を理解する
ステップ4	目標設定
ステップ5	姿勢で気持ちをチェックし、セルフコントロールへ
ステップ6	自分の心拍数や脈拍を確認しよう
ステップ7	呼吸法の確認とコントロール
ステップ8	音楽の利用
ステップ9	リラクゼーション
ステップ10	サイキングアップ
ステップ11	理想的な心理状態（フロー、ゾーン、火事場の馬鹿力）
ステップ12	イメージトレーニング
ステップ13	集中力
ステップ14	ポジティブシンキング（プラス思考）
ステップ15	セルフトーク
ステップ16	サイキアウト
ステップ17	セルフコンディショニング
ステップ18	試合に応用するテクニック（試合に対する心理的準備）

試合中、試合後までの流れを紹介した試合当日のプログラムであった。

第4回では、実際に毎日の練習や試合の前に実践する心理的スキルを紹介し、それを体験するというプログラムを実施した。毎日の練習や試合に対する心理的準備として行う「リラクゼーション」と「サイキングアップ」のトレーニング方法を体験させ、その目的を説明した。またそこで使用する姿勢、心拍数、呼吸法、音楽の利用方法の紹介などもされた。

第5回では、スポーツ心理学には、「理想的な心理状態」、「フロー」、「ゾーン」と呼ばれる心理状態があることを紹介し、その理論的背景の説明、さらにスポーツ選手が最高能力を発揮する「理想的な心理状態」を自分自身で作り出すための具体的な方法の説明をした。またいろいろな競技選手が体験した具体的な理想的な心理状態についての紹介もした。特に、自分自身の理想的な心理状態についての経験を記述し、その状態をどのように作り出すかという方法を説明した。

第6回では、動機づけ（やる気を高める）を目的として「目標設定（結果目標）用紙」、「目標設定（プロセス目標）用紙」を記入し、その目標を達成するためのプランを作成させた。また「スポーツ人生物語用紙」を使用し、引退までのスポーツの人生を自由記述で書かせた。さらに、練習日誌で短期目標の達成を確認する方法を紹介した。最後に、朝起きたときと寝る前のセルフコンディショニングの方法も紹介され、毎日の生活で活用する方法の説明をした。

第7回では、スポーツ選手が最も多く活用しているイメージをどのようにトレーニングとして実施するかを説明した。たとえば、段階的なイメージトレーニングの方法を映像と実技を使い体験させた。また高校野球の部監督が作成した「イメージビデオ」を見せ、甲子園という目標を明確にイメージできる方法を紹介し、そのビデオの簡単な作成方法の説明もした。

第8回では、集中力を高めるための具体的なトレーニング方法や試合で活用できる集中力の高め

方、また毎日の練習の中で、何をどのように集中するかなどを紹介した。具体的には、試合前や試合中の集中力の高め方、プレー中の集中力欠如からの回復方法（気持ちの切り替え）などを実技として説明した。具体的には、大リーガーのイチロー選手の行うバット回しを「パフォーマンス・ルーティーン」というテクニックであることを説明した。また、「フォーカルポイント」や「呼吸」を使った集中のテクニックなど体験を通じて説明した。

第9回では、自信の向上や厳しい練習を楽しく行うためのテクニックとして「プラス思考（ポジティブシンキング）」のトレーニング方法を具体的に紹介した。この「プラス思考」を毎日の生活や練習においてトレーニングとして行い、いかに試合で活用するかを説明した。特に、自分自身がコントロールできるものとできないものの区別をし、プレーに対していい影響を与える自分がコントロールできるものに意識を集中する理論を説明した。また、「プラス思考用紙」(高妻、2002)を用いた自分の気持ちをプラス思考にするためのプログラムの体験もした。またセルフトーク（自己会話、内言、自己暗示）という心理的スキル活用して、試合中の気持ちの切り替えや自信の回復などの方法を説明した。

第10回では、この講習会で学んできた心理的スキルを応用して、試合に対して徹底的に勝つ可能性を高めるための心理的準備を行う方法の紹介をした。

第11回では、心理的スキルを毎日の生活や練習でいかにして活用するかの方法を紹介した。メンタルトレーニングの大きな利点は、1日24時間どこでも活用できる点であり、毎日の練習だけではなく、日常生活でもトレーニングできるという事を説明した。加えて、朝起きてから寝るまでのどのように心理的スキルを活用するのか、メンタルトレーニングを実施するかの自分のプログラムを作成し、それを1週間実践して感想を書いてくるという課題を出した。

第12回では、この講習会のまとめをした後、こ

の講習の効果を確かめる自己分析として講習会の参加者にDIPCA.3（ポストテスト）を実施し、1回目の講習会に実施したDIPCA.3（プリテスト）のデータを比較分析（評価）した。また、122ページに及ぶ教科書を読みながら実施していく「自己学習プログラム」の課題を提出させた。

以上のように実践群のメンタルトレーニング講習会は、メンタルトレーニングの実践編として理論と実践の方法を紹介し、毎日の練習や試合で活用する課題がだされた本格的な心理面強化の内容であった。

Ⅲ. 結 果

本研究は、講習会を受講したグループ（講習群）と受講しなかったグループ（コントロール群）に対して分析を行い、メンタルトレーニング講習会がスポーツ選手に対してポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を検証することであった。そこで、講習会の内容（講習群、コントロール群）と時期（メンタルトレーニング講習会前後）において、二元配置分の分散分析を実施した。その結果、DIPCA.3の18項目全ての項目において講習会前後と2群の間に有意な交互作用が認められた。そこで、単純主効果の検定を実施し、「メンタルトレーニング講習会前後」において、講習会内容を要因とした対応のない一元配置の分散分析を実施した。表2に示すように講習群では、総合得点を含む18項目の全てにおいて有意な差が認められた。一方、コントロール群においては、プリテストとポストテストの間に有意な値が見られたのは、判断力の1項目だけであった。さらに講習会前後・時期を要因とした対応のある一元配置分散分析を実施した。分析の結果、「講習会前」では、主効果が認められたのは、忍耐力、自信、決断力、予測力、判断力、自信、作戦能力、総合得点の8項目であった。また、「講習会后」では、主効果が認められたのは、18項目の全てにおいて有意差が見られた。また講習群の講習会に

表2 コントロール群と講習群のDIPCA.3のpretestとposttestの結果
Table 2 Result for pretest and posttest of DIPCA.3 between the control group and the seminar group

	コントロール群 (n=48)				有意水準	講習群 (n=115)				有意水準
	Pretest		Posttest			Pretest		Posttest		
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
忍耐力	13.96	3.00	14.13	3.49	15.12	3.36	19.10	1.76	**	
闘争心	16.60	3.20	15.94	3.77	17.23	3.05	19.17	1.53	**	
自己実現意欲	16.54	2.54	16.21	2.89	17.03	2.71	19.17	1.53	**	
勝利意欲	14.75	3.50	14.44	3.33	15.48	3.77	16.62	3.19	**	
自己コントロール能力	14.54	3.08	14.81	3.46	14.63	3.37	17.31	2.50	**	
リラックス能力	13.27	3.47	13.52	4.14	13.84	4.01	17.24	2.91	**	
集中力	15.10	2.64	15.31	3.23	15.94	2.89	18.35	1.77	**	
自信	12.13	3.15	12.75	3.70	13.71	3.79	17.21	2.73	**	
決断力	12.38	3.42	12.81	3.84	13.76	3.59	17.15	2.81	**	
予測力	12.15	3.02	12.35	3.74	13.42	3.40	16.62	2.72	**	
判断力	11.75	3.13	12.56	3.33	13.86	3.24	16.94	2.77	**	
協調性	16.38	3.37	16.21	3.75	17.20	3.36	19.19	2.12	**	
競技意欲	61.85	9.37	60.71	11.08	64.86	9.73	72.76	6.52	**	
精神安定・集中	42.92	8.07	43.65	9.92	44.42	9.28	52.90	6.44	**	
自信	24.50	6.07	25.56	7.09	27.47	7.08	34.36	5.21	**	
作戦能力	24.00	5.71	24.92	6.48	27.28	6.32	33.56	5.21	**	
協調性	16.38	3.37	16.21	3.75	17.20	3.36	19.19	2.12	**	
総合得点	169.38	23.97	171.04	29.45	181.23	29.73	212.77	21.01	**	

** p < .01

参加しての内省報告から、「(1) 非常によかった76%、(2) よかった21%、(3) 普通3%、(4) あまりよくない0%、(5) よくない0%」という回答を得た。

IV. 考 察

本研究の目的は、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムがスポーツ選手にポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を検証することであった。そこで、講習会を受講したグループ（講習群）と受講しなかったグループ（コントロール群）に対しての分析を実施した。その結果、本研究の分析からは、12回の講習を受講した講習群と講習会を全く受講しなかったコントロール群において、DIPCA.3の結果を比較して、明確な差が認められた。特に、DIPCA.3における総合得点の分析からは、コントロール群のプリテストにおける総合得点（平均）が169.38点、4カ月後のポストテストでは171.04点と1.66点の向上しか見られず、同時にこの群における統計処理による

有意差は認められなかった。一方、講習群は、プリテストが181.23点からポストテストが212.77点に向上し、31.54点の向上があり、加えて1%水準での有意差が認められた。このことからメンタルトレーニングの講習を受講することがスポーツ選手に対する心理的競技能力（精神力）の強化にポジティブな影響を及ぼすことが示唆されたと考える。また、講習会前後・時期を要因とした対応のある一元配置分散分析の結果、「講習会前」では、主効果が認められたのは、判断力、作戦能力、忍耐力、自信、決断力、予測力、自信、総合得点の8項目であった。また、「講習会後」では、主効果が認められたのは、18項目の全てにおいて1%水準で有意差が見られた。このことより、講習群は、コントロール群より講習会を実施する前から心理的競技能力が高かったことがわかった。また内省報告から、実施群の参加者は、多くが体育学部の学生であり、スポーツ心理学などの授業を受講（75.7%）していたことが判明した。一方、コントロール群は、スポーツを実施している大学生ではあるが体育学部以外の学部やスポーツ心理学関係の授業などはほとんど受講していなかった。

このような観点から、この実施群のDIPCA.3のプリテストの平均値が高かったと考える。しかし本研究の分析から、講習群はポストテストにおいて更なる心理的競技能力の向上が認められた。このことから、講習会が選手にポジティブ影響を与えたことが示唆されたと考える。

また講習群がDIPCA.3のプリテストとポストテストの結果を自分で比較分析した後、「メンタル面が強くなっていますか?」(総合得点)の質問では、「Yes」が97.3%、「No」が0.9%、「無記入」が1.8%という回答であった。このことから、DIPCA.3での分析という限られた範囲ではあるが、ほとんどの参加者に対してメンタルトレーニング講習会がポジティブな影響を与えたと考えられる。さらに「記録・試合の成績・自分のプレー・気持ちなど何が成果として現れましたか?」という自由記述形式の質問に対しては、「自己ベストがでた」という回答が7名、「プラス思考になった」が23名、「プレーに安定がでた」が6名、「ミスした後の気持ちの切り替えができるようになった」6名、「自信がついた」が5名、「セルフコントロールできるようになった」が5名、「落ち着いてプレーができるようになった」が5名などの回答があり、ネガティブな回答は全く見られなかった。このことから講習会形式というメンタルトレーニングプログラムにおけるひとつの有効性が、DIPCA.3での分析と内省報告から検証できたと考える。

加えて、先行研究では、Unestahl¹⁶⁾ スウェーデンのモスクワオリンピック代表チームに対して実施したメンタルトレーニング講習会プログラムの効果を報告している。その内容は、スウェーデンチームのオリンピック決勝進出者、また金・銀メダリストのうちメンタルトレーニングプログラムの訓練を受けていたものの比率が高くなっており、メンタルトレーニングの有効性を示しているものであった。高妻²⁰⁾のメンタルトレーニングプログラムは、このスウェーデンオリンピックチームで実証されたものを基本的に導入しており、先行研究と同じ傾向が確認できた。特に、リラク

ゼーションのトレーニングでは、Unestahlの漸進的筋弛緩法を取り入れ、セルフコントロール能力を伸ばす方法として活用している。現在は、世界レベルでこの漸進的筋弛緩法が多くスポーツ心理学者に使われ、その成果はAAASP(国際応用スポーツ心理学会)やISMTE(国際メンタルトレーニング学会)などでも多く報告されている¹¹⁾。また中込¹²⁾らは、講習会形式のメンタルトレーニングを実施し、その効果の検証をしている。その内容は、17名で10セッションを約2カ月半、講習会形式のメンタルトレーニングをおこない、心理的競技診断検査(DIPCA.1)を使用してその効果を検証している。さらに内省報告から「認知的変化が、対応するすべての行動的側面に変化をもたらすというわけではないが、今回の講習経験が総じて積極的な意味をもっていたことが確認される。」とし、その有効性を示している。KOZUMA²⁴⁾は、大学柔道部に対して3カ月の間メンタルトレーニングの講習を実施し、実験群がコントロール群と比較してメンタル面が強化されたと報告している。猪俣¹⁴⁾は、競技力向上を目的としてメンタルトレーニングの講習会を実施した。その講習会の結果は、プリ・ポストテストとして利用した心理的競技能力診断検査(DIPCA.2)の全ての項目で有意差が認められている。また福岡ユニバーシアードにおいてサッカーの日本代表チームにメンタルトレーニング講習会でTSMI(体協競技意欲検査)を利用し、選手にポジティブな影響を与えたと報告している²⁵⁾。サッカーにおいては、メンタル面強化を目的とした高妻の作成したメンタルトレーニングプログラムの講習会を実施した研究は多数報告されている²⁶⁻²⁸⁾。

このように、海外及び国内の先行研究からも専門家による講習会を受講することで心理的競技能力や競技意欲という観点での効果が検証されている。このことからメンタルトレーニングプログラムの有効性や講習会形式の実施方法を含めて、本研究では、高妻²⁰⁾の作成したメンタルトレーニングのプログラムを週1回の講習会形式で実践

することの有効性が検証できたと考える。今後は、内容の違う講習会を実施すれば選手に対して、どのような影響を及ぼすかという仮説3の研究が必要であろうと考える。さらに仮説4となる同じグループが初級編や中級編といった段階的なプログラムを実践するという研究にも発展させていきたい。

引用及び参考文献

- 1) 浅見敏雄：第2回 JISS 国際スポーツ科学会議 2004～アテネからトリノ、北京へ～ プログラム・抄録集，5，2004.
- 2) 楠本恭久，楠本恭久，菅生貴之，久木留毅，石井源信：アテネオリンピックと心理サポート，日本スポーツ心理学会第31回大会研究発表抄録集，11-12，2004.
- 3) 石井源信，笠原一也，菅生貴之，荒木雅信，遠藤俊郎，岡澤祥訓：より良い心理的サポートを目指して（その1）—心理サポートの弊害—，日本スポーツ心理学会第32回大会研究発表抄録集，4-5，2005.
- 4) 猪俣公宏：選手とコーチのためのメンタルマネジメント・マニュアル，大修館書店，1997，i-3.
- 5) 猪俣公宏：スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，25-28.
- 6) 松田岩男：スポーツ選手のメンタルマネージメントに関する研究—第1報—，日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，i-iv，1985.
- 7) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニングコーチ用，ベースボール・マガジン社，2003，1-19.
- 8) 杉原 隆：スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，1-5.
- 9) 吉川政夫：スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，15-19.
- 10) 高妻容一：世界のメンタルトレーニングの最新動向～資格制度の観点～，体育の科学，第51巻，第11号，852-855，2001.
- 11) 高妻容一：メンタルサポートの専門家育成教科書，東海大学メンタルサポート部門・メンタルトレーニング・応用スポーツ心理学研究会，2004.
- 12) 中込四郎：メンタルトレーニング・ワークブック，道和書院，1994.
- 13) 猪俣公宏，武田 徹，小山 哲，高妻容一，石倉忠夫，吉田行輝，辻中 圭，蔡 庚，澤木幸子，安藤賢治，巖永山：大学競技者を対象としたスポーツメンタルトレーニング講習プログラムの開発と実施，中京大学体育学研究紀要，No.10，71-76，1996.
- 14) 猪俣公宏，武田 徹，小山 哲，高妻容一，長岡由紀子，吉田行輝，石倉忠夫，杉山卓也，朴貞植，蔡 庚，澤木幸子：スポーツメンタルマネジメント講習会プログラムの開発，中京大学体育学研究紀要，No.11，127-131，1997
- 15) 徳永幹雄：メンタルトレーニングと心理的サポートメンタルトレーニングの進め方，臨床スポーツ医学，Vol.17，No.3，287-288，2000.
- 16) Lars-Eric Unestahl: Inner Mental Training: Training Instructions, Orebro University, 1980.
- 17) Orlick, T. & Partigton, J.: Mental links to excellence. The Sport Psychologist, 2, 105-130, 1988.
- 18) Richard M. Suinn: Seven Steps to Peak Performance, Hans Huber Publishers, 1986.
- 19) Tom Tutko: SPORTS PSYCHING, Mental Training for Coach and Athletes, The Coaching Association of Canada, 1983. (テリー・オーリック「スポーツサイキング」高妻容一，高妻ジョージアン訳。コーチング・クリニック，第3巻，第1号，ベースボール・マガジン社，16-17，1989.)
- 20) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニング選手用，ベースボール・マガジン社，2002.
- 21) 高妻容一，石井 聡：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について，東海大学紀要掲載予定
- 22) 徳永幹雄：ベストプレーへのメンタルトレーニング，大修館書店，1996，7-62.
- 23) 徳永幹雄：効果的なメンタルトレーニングのための心理検査の利用，体育の科学，第51巻，第11号，868-871，2001.
- 24) Yoichi Kozuma, Ryuji Okada: A Mental Training Program for National Collegiate Top Level Judo Team in Japan, 近畿大学教養部研究紀要，第26巻，第2号，1994.
- 25) 高妻容一，猪俣公宏，瀧 豊樹，宇野 勝，乾

- 真寛, 西田裕之, 宮崎純一: ユニバシアード '95 福岡大会 日本代表チームの科学的サポート・支援部隊 (その3) —メンタルトレーニングと心理的サポート—, サッカー医・科学報告, 第17巻, 41-46, 1997.
- 26) 宮崎純一, 高妻容一, 内藤秀和, 流郷吐夢: サッカーチームにおけるメンタルトレーニングの実践 その2—心理的コンディショニングの実践とパフォーマンスについて—, サッカー医・科学研究, 第18巻, 113-117, 1998.
- 27) 宮崎純一, 高妻容一, 加藤 譲: メンタルトレーニングの継続と競技意欲の向上について, サッカー医・科学研究, 第20巻, 159-162, 2000.
- 28) 内藤秀和, 高妻容一, 宮崎純一, 流郷吐夢: サッカーにおけるメンタルトレーニングの実践 その3, サッカー医・科学研究, 第18巻, 119-125, 1998.



講習会形式メンタルトレーニング プログラムの効果について（その3）

高妻容一（体育学部競技スポーツ学科） 石井 聡（大学院体育学研究科）

The effect of seminar style mental training program No.3

Yoichi KOZUMA and Satoshi ISHII



Abstract

The purpose of this study was to verify the hypothesis that there would be a positive change on two groups of athletes after participating in two different mental training seminars conducted by a sport psychologist. The two different groups received twelve 90-minute sessions conducted by the same sport psychologist for a period of 4 months. A control group did not participate in any mental training seminar. The Introduction group was one of the experimental groups which consisted of 147 athletes who received introductory seminar on mental training which included the basic ideas of sport psychology and mental training, such as motivation, anxiety, pressure, and psychological skills. The Practical group consisted of 116 athletes who participated in a practical mental training seminar which included self-analysis, goal setting, relaxation, psyching-up, imagery, self-talk, concentration, and positive thinking. The 48 participants of the Control group did not participate at all. These three groups were tested with the Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for Athletes for evaluation. This standardized psychological test was used as a pretest at the start of the seminar, and as a posttest at the end of the sessions. The Control group was tested at the same time with the other two groups. Two way ANOVA (Analysis of Variance) was utilized for statistical analysis for positive influences received by the participants. Significant differences were found in all 18 items out of 18 items for the Practical groups, in 10 items out of 18 items for the Introduction group, and in only one item out of 18 items for the Control group in the following test. These results support the hypothesis that a seminar style mental training program has a positive effect.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 79-88, 2006)

I. はじめに

2004年に開催されたアテネオリンピックでは、日本選手団が過去最高の金メダル16個を獲得し、前回のシドニーオリンピックと比較してもメダルの倍増となる37個のメダル獲得という多大な成果をあげた。この成果の背景には、文部科学省の取り組みや国立スポーツ科学センター（JISS：Japan

Institute of Sport Science）を中心としたスポーツ科学によるサポートの影響があったと考えられる。このスポーツ科学のサポートの中には、心理的側面からのサポートという新しい方法が注目され、選手がプレッシャーなどの心理的問題を「準備」、「強化」、そして「トレーニング」という観点が考えるようになってきた。しかしわが国では、スポーツ選手が競技で実力を発揮したり、優勝したりする時、「精神力」とか「根性」

という言葉がよく使われてきた歴史がある。一方、スポーツ心理学の分野では、「心理的スキル (Psychological Skill)」という表現がされ、この心理的スキルはトレーニング (学習) することで向上するという考えがある¹⁾。Griffith (1925)²⁾ は、スポーツ心理学者が行う重要なことは、「コーチや選手が直面する心理的な問題を科学的な方法を使いサポートすること」であると述べている。また彼は、「スポーツ心理学者がコーチや選手の経験をもっと研究すべきだ」と述べ、「より効果的な心理学的な原理を系統的に記録すべきだ」とも述べている。最近のスポーツ心理学の研究の多くは、これらの2つの重要な点を留意して展開されている。Suinn (1985)³⁾ は、1984年のオリンピックで実施されたスポーツ心理学のサポートについて調査をし、集中力、リラクゼーション、イメージ、セルフコントロール、目標設定、コーチと選手のコミュニケーション、ストレスマネジメント、セルフトーク、重大局面でのマネジメント、サイキングアップ、思考マネジメント (プラス思考) などの心理的スキルが使用されたことを報告している。また Orlick & Partington (1988)⁴⁾ は、夏季ロサンゼルスと冬季サラエボオリンピックに参加した235名の選手に調査を実施し、メンタルトレーニングなどの心理的準備は、選手のプレーに影響を及ぼす大きな要因であることを報告している。さらに Gould (2002)⁵⁾ は、32名のオリンピック金メダリストに対して質的研究をし、チャンピオンになれる特徴を、不安の処理やコントロール、自信、メンタルタフネス、スポーツに対するインテリジェンス、集中力、闘争心、ハードワーク、目標設定とそれを達成する能力、コーチ受容、プラス思考、最適水準、完璧主義の適応などがあると報告している。このような研究を背景に、多くのスポーツ心理学者たちがパッケージ化したメンタルトレーニングのプログラムを作成し、現場で効果をあげたことが報告されるようになった。たとえば、「Sport Psyching」(Tutco & Tosi, 1976)⁶⁾、「Attention Control Training」(Nideffer & Sharpe, 1978)⁷⁾、「Inner Mental Training」

(Unestahl, 1980)⁸⁾、「Peak Performance」(Kraus, 1980)⁹⁾、「Athletic Excellence」(Loehr, 1982)¹⁰⁾、「Psyching for Sport」(Orlick, 1986)¹¹⁾、「Head-up Baseball」(Ravizza & Hanson, 1995)¹²⁾などのメンタルトレーニングプログラムが紹介され現場での実践が報告されるようになってきた。

一方、日本体育協会スポーツ医科学委員会では、ロサンゼルスオリンピックにおける日本代表の実力発揮の問題や海外からのメンタル面強化の情報などにより、1985年より「スポーツ選手のメンタルマネジメントに関する研究」プロジェクトをスタートさせた。その後、2002年までの18年間にわたりこの研究プロジェクトは継続され、150以上の報告がされた¹³⁾。この研究プロジェクトでは、多くの競技団体に対して調査・研究・実践を実施し、その過程のなかで、スポーツ現場でもメンタル面強化に対する注目がされるようになった。しかし、メンタルトレーニングが普及されると同時に、メンタルトレーニングをビジネスとして利用する企業や自称専門家が現れ、スポーツの現場が混乱するようになって来た。このような背景のもと、2000年には日本スポーツ心理学会が、「スポーツメンタルトレーニング指導士・指導士補」の資格認定制度を発足させ、年に2回の研修を実施し、メンタルトレーニングの専門家育成を始めた¹⁴⁾。一方、このようなスポーツ心理学の現場での応用や実践は、研究として実施するには、実験室での研究とは違い、あまりにもコントロールしなければならないことが多く、日本スポーツ心理学会や日本体育学会などにおいてもメンタルトレーニングの研究報告は、少ない現状がある。土屋 (2005)¹⁵⁾ は、日本スポーツ心理学会が編集したメンタルトレーニング教本の中で「研究を目的にメンタルトレーニングが実践されることは稀である。しかし、だからといって研究が不要ということではない」と述べ、「実践には常に評価が必要とされるので、メンタルトレーニングの指導の現場では、実践と研究が一体となっていると考えたほうがよい」とも述べている。これまでの日本における研究の多くは、一般的に統制群法と言われる研

究方法が用いられている。しかし現場の事情から1つのチームをメンタルトレーニング実施群と非実施群に設定することは困難な現状がある。このような背景の元、先行研究の検索から、日本におけるスポーツ心理学の研究分野においては、メンタルトレーニングのプログラムの内容を検証した研究は少ないが、中込（1994）¹⁶⁾は筑波大学スポーツクリニックのメンタル部門において、メンタルトレーニングのプログラムを作成し、講習会を実践するという試みをしている。このような現状から見た場合、選手のメンタル面の向上をさせるには、講習会形式、チームへの心理的サポート、個人的指導、そして個人への心理的サポートの方法が一般的である。

このような背景から本研究では、一般的に多く使われる講習会形式のメンタルトレーニングプログラムを取り上げることとした。またこのピークパフォーマンスを向上させる選手の心理的要因を数字やデータで科学的に測定する必要もあると考え、心理的競技能力診断検査という標準化されたスポーツ心理テストを用いて、講習会が及ぼす選手への心理面の影響を分析することにした。本研究では、現場での実践研究を目的とし、研究における限界等を考慮した上で、高妻（2002）¹⁷⁾が作成したメンタルトレーニングプログラムの選手への影響を検証することをひとつの仮説とした。またそのプログラムを実践する上で、一般的に多く行われている講習会形式の指導を日本スポーツ心理学会認定資格スポーツメンタルトレーニング指導士の資格保持者である専門家により実施するという条件をつけた。その上で、この講習会形式のメンタルトレーニングプログラムが選手たちにポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説も立てた。しかしこの仮説を検証するには、いくつかの段階的な研究の必要性を感じ、下記のような4段階の研究を積み重ねることにした。仮説の検証その1として、高妻（2002）¹⁷⁾が作成したプログラムを講習会形式で実施し、単純にプリ・ポストテストでその効果を比較検討することにした。しかしそのプログラムの有効性（繰り返しの効果）

を深く確かめるために同じ講習会形式のプログラムを2つのグループに実施した結果、2つのグループに対する講習会形式のプログラムの有効性を検証できた¹⁸⁾。また仮説の検証その2では、講習会形式のプログラム実施の講習群と非実施群の比較検討をし、講習会形式でのメンタルトレーニングプログラム実施の有効性を検証した¹⁹⁾。

そこで本研究では、仮説の検証その3とし、2つの内容の違う講習会を実施し、その内容によりスポーツ選手に対する心理的影響が違うであろうという仮説を検証することにした。加えて、講習会を受講しなかったグループも含めて3グループでの比較検討を実施することと講習会形式のメンタルトレーニングプログラムの有効性を検証することにした。

II. 方 法

本研究への参加者は、大学生スポーツ選手（18歳から21歳までの男女）であり、この内訳は、(1) スポーツメンタルトレーニング入門編の講習会を受講したグループ（入門群）が147名、(2) スポーツメンタルトレーニング実践編の講習会を受講したグループ（実践群）115名、(3) 講習会を受講しなかったグループ（コントロール群）48名であった。本研究では、この3つの群の心理面の影響を検証するための道具として、標準化されたスポーツ心理テストである心理的競技能力診断検査を使用した。この検査は、選手が52の質問に対して5段階で回答したものを数値化して心理的競技能力の評価をし、5つの因子：競技意欲、精神の安定集中、自信、作戦能力、協調性、および12尺度：忍耐力、闘争心、自己実現意欲、勝利意欲、自己コントロール能力、リラックス能力、集中力、自信、決断力、予測力、判断力、協調性、さらに全項目を総合して評価する総合得点という18の項目に対して分析をすることができる²⁰⁾。そこで入門群と実践群は、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムを始める前にプリテストとし

て、心理的競技能力診断検査を使用して心理的競技能力を測定した。同時期にコントロール群も同じ検査を実施した。その後、入門群と実践群の2つのグループは12回の講習会を受講し、約4カ月の講習後に同じ心理的競技能力診断検査をポストテストとして実施した。コントロール群も同様に同じ時期にポストテストを実施した。

また2つのグループの講習会参加者に対しては、この講習会に対する評価を「(1)非常に良い、(2)良い、(3)普通、(4)悪い、(5)非常に悪い」という5段階で回答するアンケート調査を実施した。さらに毎講習会で自由記述形式の感想やいくつかの質問にも回答をさせた。

1. メンタルトレーニングプログラム

本研究では、2つのグループに対して内容の違う講習会を毎週1回のペースで12回(約4カ月)実施し、コントロール群は講習会の受講は全くなかった。

1) 入門群の講習会では、メンタルトレーニングというスポーツ心理学のプログラムに対しての知識がほとんどない大学生スポーツ選手を対象に、スポーツにおける心理的側面の重要性を認識させると同時に、不安やプレッシャーなどの心理面の問題を提起するメンタルトレーニングの入門編という内容であった。ここでは、メンタルトレーニングの知識を紹介するという観点が中心課題であった。その具体的な内容は下記の通りである。

- (1) プログラム開始前の評価：標準化されたスポーツ心理テストである「心理的競技能力診断検査」を使用して、メンタルトレーニングを開始する前の講習会参加者の心理的側面をプリテストとして実施した。またこの講習会の内容を説明するガイダンスとした。
- (2) 心理面の重要性：マラソンにおける選手の心理面での重要性やその感情の変化をビデオを使用して解説をした。特に、選手に強気(プラス思考)と弱気(マイナス思考)によるパフォーマンスへの影響を取り上げ

た。

- (3) 学問的・科学的な背景：スポーツ心理学とは何か、また体育やスポーツとは何かも含めての説明をし、学問的また科学的背景でのスポーツの紹介をした。また野球におけるプレッシャーについてのビデオを見せ、スポーツにおけるプレッシャーについての解説をした。
- (4) スポーツと不安：スポーツにおける不安についての理論的説明をし、特に不安があると選手たちはどのような行動を取り、最終的にパフォーマンスにどのような影響を及ぼすのかを解説した。またオリンピックにおける不安についてのビデオを見せ解説をした。
- (5) プレッシャー：ストレスやプレッシャーがスポーツに対してどのような影響を及ぼすのかを理論的背景から説明した。またサッカー選手のW杯におけるプレッシャーのビデオを見せ解説をした。
- (6) 心理面の強化法：心理面を強化するには、メンタルトレーニングというプログラムがあり、実際にどのようにして現場で応用しているのかの例を紹介した。
- (7) 試合に対する心理的準備：ある野球の投手が試合前の準備をどのようにしているのかのビデオを見せ、心理的準備の重要性を説明した。
- (8) スランプ：運動学習における選手の進歩の変化やスランプに対する理論的な背景や対処法について説明した。特にスランプという問題を心理面でどうとらえるかの解説をした。
- (9) やる気：動機づけ理論から理想的なやる気の持ち方ややる気を高めるための方法を紹介した。また「ほめる」というトピックスで、他人をやる気にさせる例を紹介した。
- (10) フィードバック：スポーツをするときの指導者のアドバイスの仕方や選手がそのアドバイスをどのように受け止めるかの考え方

についての説明をした。またある監督の選手に対するフィードバックの例を紹介し解説をした。

- (11) ケガの心理面：ケガをして復帰するまでのリハビリテーションの過程を取り上げ、逆境における心理面の重要性やその対処法について説明した。またあるオリンピック選手が怪我から復帰するまでの心理面での悩みやトレーニングを紹介し解説した。
- (12) 自己分析：ある選手のコメントやインタビューから、その選手を分析し自分と比較する内容の講習を実施した。また講習終了後には、第1回目の講習で実施（プリテスト）したと同じ心理的競技能力診断検査を2回目（ポストテスト）の実施をした。しかし、この群に対しては、検査のフィードバックは実施しなかった。

2) 実践群の講習は、大学生スポーツ選手を対象に、高妻（2002）⁸⁾ が作成したプログラムである「今すぐ使えるメンタルトレーニング：選手用（ベースボールマガジン社）を教科書とし、毎日の練習や試合ですぐに活用できる内容であった。またこの教科書に沿って自己学習ができる用紙（122ページの冊子）を使用し、この自己学習用紙は講習会を受講しながら専門家の指示に従って書き、書ききれなかった残りを課題として自己学習させることとした。実践群で実施した講習会形式プログラム12回の具体的な内容は、下記の通りである。

- (1) プログラム開始前の評価：標準化されたスポーツ心理テストである「心理的競技能力診断検査」を使用して、メンタルトレーニングを開始する前の講習会参加者の心理的側面を分析した。また分析したデータをフィードバックし、これから実施するメンタル面強化の必要性を認識させ、今後どのような強化が必要なのかを「自己分析」する内容であった。
- (2) 目的：ここでは、このプログラムを実施す

る目的や理論的背景を紹介し、ビデオを活用しメンタルトレーニングがなぜ必要なのか、またそれは何かを紹介し解説した。

- (3) 実践例の紹介：実際にメンタルトレーニングを実施しているチームの例をビデオ等で紹介し、このプログラムの理解を深めた。その内容は、あるチームが講習を受講し、強化合宿でメンタル面強化のトレーニングを実施、試合直前の心理的準備、試合後の結果までの流れを紹介した心理的準備の応用プログラムであった。
- (4) 心理的スキルの紹介：ここでは、実際に毎日の練習や試合で実践する心理的スキルを紹介し、それを体験するというプログラムを実施した。特に、練習や試合に対する心理的準備としての「リラクゼーション」や「サイキングアップ」というトレーニング方法を体験し、その目的やそれに含まれるテクニックや活用方法を解説した。
- (5) 理想的心理状態：「ゾーン」とか「火事場の馬鹿力」と言われる理想的心理状態を紹介し、このスポーツ選手が最高能力を発揮する理想的な心理状態を作るための具体的な方法を説明した。特に、約100名の選手たちのゾーン体験談を紹介し、その上で自分の経験を記述することを実施し、その理想的心理状態をいかに作るかという方法の具体的な例を説明した。
- (6) 目標設定：選手の動機づけを目的とした目標設定（結果目標）用紙、目標設定（プロセス目標）用紙、目標を達成させるためのプラン作成、さらに「スポーツ人生物語用紙」を使い引退までのスポーツ人生を自由記述で書かせ、最後に練習日誌の必要性や日誌を活用してその目標達成度を確認する方法があることなどを紹介した。
- (7) イメージトレーニング：ここでは、選手が最も多く活用しているイメージをいかにトレーニングとして実施するかを説明した。特に、ビデオを活用して段階的にイメージ

トレーニングをする方法を体験させた。また高校野球監督が作成した「イメージビデオ」を見せ、目標とする甲子園へのイメージ強化の具体例を紹介し、そのビデオの作成方法も説明した。

- (8) 集中力：ここでは、集中力を高める具体的な方法、試合で活用する集中力の高め方、毎日の練習でいかにして集中するかなどを紹介した。具体的には、プレーや試合前の集中力の高め方、プレー中に起こる集中力の欠如からの回復の方法などを実技として体験した。特にイチロー選手の活用するバット回しを、「パフォーマンスルーティーン」というテクニックであることを説明し、実際に自分が応用できる方法を見つけるところまで実施した。またサッカー選手のPK（ペナルティキック）における成功例と失敗例をビデオで分析し、この成功例を自分のパフォーマンスルーティーンとすることも解説した。
- (9) プラス思考：自信を高めたり、厳しい練習を乗り越える目的で行う「プラス思考」を具体的に紹介し、毎日の生活や練習においてトレーニングを実施し、これを試合でどう応用するかという点に焦点を絞り説明した。特に、コーチと選手の間関係、選手同士のコミュニケーション、試合における審判のミス、試合場のコンディションや天候の問題など、自分自身がコントロールできない物事に対して、どのような考え方をすればプレーにいい影響を及ぼすのかなどの方法を説明した。また「プラス思考用紙」というものを使い、プラス思考とはどのようなものであるかを理解するための50の質問に回答をさせた。さらにセルフトーク（自己会話、内言、自己暗示）と言われる心理的スキルを活用し、試合中に自信を高めたり、気持ちの切り替えに対しての方法を紹介した。具体的に、どのような言葉遣いや声の出し方をすれば、自分のプレー

が良い方向に向かうのかを説明した。

- (10) 試合に対する心理的準備：この講習で学んできた心理的スキルを応用して、試合に対して勝つ可能性を高める徹底した準備をしていくという方法を紹介した。たとえば、試合前日、試合当日の朝、食事、試合場への移動、試合場にて、試合前のウォーミングアップ、試合中（ハーフタイム・タイムアウト・1回戦と2回戦の間など）の使い方、個人やチームとしての雰囲気作り方など勝つ可能性を高めるための準備の方法を説明した。またあるオリンピック選手が心理的準備をして、オリンピックで満足の行く結果を残したというインタビューのビデオを見せ、心理的準備の重要性を解説した。
- (11) 24時間を活用したトレーニングの方法：メンタルトレーニングの利点は、24時間が活用できる点であり、毎日の練習に加えて、日常生活でもトレーニングができることを紹介した。次に、朝起きてから寝るまでの1日のメンタルトレーニング実施のプラン作成をし、これを1週間実施しての感想を書いてくるという課題を出した。
- (12) まとめとポストテスト：12回の講習会のまとめを実施し、最後に心理的競技能力診断検査を実施した。ここでは、この講習会の1回目に実施した心理テストと2回目に実施した心理テストのデータを比較分析（評価）した。つまり、この講習会の受講が自分の心理面に対してどのような影響を与えているのかを自己分析することを実施した。またこの講習会の感想等も自由記述で書き、まとめとした。最後に、122ページに及ぶ自己学習プログラム実施の課題提出をした。

3) コントロール群は、入門群や実践群同様にスポーツを実施している大学生（18～21歳の男女）が対象であった。しかしこのコントロール群に対しては、講習会等の心理面に影響する試みは

全く実施しなかった。

Ⅲ. 結 果

本研究は、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムの有効性の検討、および実施したメンタルトレーニングの内容が異なれば、心理面での影響が異なるか否かについて検討するために、内容の違う2つの講習会を受講したグループと講習会を受講しなかったグループの3つの群の分析をおこなった。そこで、3つの群における心理的競技能力診断検査の12項目と5因子に総合得点を含めた18項目の得点の平均値の差を二元配置分散分析の統計処理をした。その結果、すべての項目において時期とトレーニングの間に有意な交互作用が認められた。その後、単純主効果の検定として、入門群、実践群、およびコントロール群共に、トレーニング前後ごとにトレーニング内容を要因とした一元配置分散分析をおこなった。その結果、入門群では、心理的競技能力検査の勝利意欲、リラックス能力、自信、決断力、予測力、判

断力、自信、作戦能力、精神の安定集中および総合得点の10項目において有意な大きな値が認められた。また実践群は、18項目すべてにおいて有意な大きな差が認められた。しかしコントロール群では、判断力の1項目のみに有意な値が認められた。表1は、この3つの群における心理的競技能力診断検査のデータを示すものである。

本研究では、今回使用した心理的競技能力診断検査の総合得点に注目し、この総合得点について時期とトレーニングの内容を要因とした二元配置分散分析をおこなった結果、時期とトレーニング内容の間に有意な交互作用が認められた。そこでトレーニング内容ごとに、トレーニング前後（時期）を要因とした一元配置の分散分析をおこなった。その結果、入門群および実践群においては、トレーニング時期において有意な主効果が認められ（入門群 $F(1, 146) = 12.329, p < 0.01$ 、実践群 $F(1, 114) = 202.866, p < 0.01$ ）、トレーニング前と比較してトレーニング後で有意に大きな値であった。またコントロール群においては、トレーニング時期においては有意な主効果は認められなかった（ $F(1, 47) = 0.482, ns$ ）。

表1 入門群、実践群、およびコントロール群の心理的競技能力診断検査の分析結果

Table 1 The Result of Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for athletes among introduction, practical, and control groups.

	入門群 (n=147)					実践群 (n=115)					コントロール群 (n=48)				
	Pretest		Posttest		有意差	Pretest		Posttest		有意差	Pretest		Posttest		有意差
	M	SD	M	SD		M	SD	M	SD		M	SD	M	SD	
忍耐力	15.13	2.79	15.52	2.99		15.12	3.36	19.10	1.76	**	13.96	3.00	14.13	3.49	
闘争心	17.19	3.01	17.02	3.04		17.23	3.05	19.17	1.53	**	16.60	3.20	15.94	3.77	
自己実現意欲	16.89	2.46	17.02	3.00		17.03	2.71	19.17	1.53	**	16.54	2.54	16.21	2.89	
勝利意欲	15.63	3.07	14.87	3.46	**	15.48	3.77	16.62	3.19	**	14.75	3.50	14.44	3.33	
自己コントロール能力	14.73	3.37	15.03	3.18	**	14.63	3.37	17.31	2.50	**	14.54	3.08	14.81	3.46	
リラックス能力	13.09	4.08	14.04	3.51		13.84	4.01	17.24	2.91	**	13.27	3.47	13.52	4.14	
集中力	15.93	2.82	15.03	3.23	**	15.94	2.89	18.35	1.77	**	15.10	2.64	15.31	3.23	
自信	12.36	3.51	13.63	3.43	**	13.71	3.79	17.21	2.73	**	12.13	3.15	12.75	3.70	
決断力	12.79	3.55	14.06	3.31	**	13.76	3.59	17.15	2.81	**	12.38	3.42	12.81	3.84	
予測力	12.78	3.18	13.91	3.45	**	13.42	3.40	16.62	2.72	**	12.15	3.02	12.35	3.74	
判断力	12.85	3.31	14.00	3.40		13.86	3.24	16.94	2.77	**	11.75	3.13	12.56	3.33	
協調性	17.17	3.08	17.33	2.97		17.20	3.36	19.19	2.12	**	16.38	3.37	16.21	3.75	
競技意欲	64.84	8.61	64.44	9.12		64.86	9.73	72.76	6.52	**	61.85	9.37	60.71	11.08	
精神安定・集中	43.74	9.18	45.10	8.90	*	44.42	9.28	52.90	6.44	**	42.92	8.07	43.65	9.92	
自信	25.15	6.55	27.70	6.37	**	27.47	7.08	34.36	5.21	**	24.50	6.07	25.56	7.09	
作戦能力	25.63	6.06	27.90	6.36	**	27.28	6.32	33.56	5.21	**	23.73	5.91	24.92	6.48	
協調性	17.17	3.08	17.33	2.97		17.20	3.36	19.19	2.12	**	16.38	3.37	16.21	3.75	
総合得点	176.54	24.49	182.48	26.16	*	181.23	29.73	212.77	21.01	**	169.38	23.97	171.04	29.45	

*p<.05 **p<.01

また、トレーニング前後ごとにトレーニング内容を要因とした一元配置分散分析をおこなった。その結果、トレーニング前では、トレーニング内容に有意な主効果が認められた ($F(2, 307) = 3.469, p < 0.05$)。シェフェの手法を用いて多重比較をおこなったところ、コントロール群と比較して実践群の値は有意に大きな値を示した。またトレーニング後でもトレーニングの内容に有意な主効果が見られた ($F(2, 307) = 67.495, p < 0.01$)。多重比較の結果、コントロール群と比較して実践群が有意に大きな値を示した。

また、この講習に対する内省報告では、入門群が「(1) 非常に良かった71%、(2) 良かった23%、(3) 普通5%、(4) 悪かった1%、(5) 非常に悪かった0%」、一方、実践群は、76%が「(1) 非常に良かった」、21%が「(2) 良かった」、3%が「(3) 普通」、0%が「(4) 悪かった」、0%が「(5) 非常に悪かった」という結果であった。

IV. 考 察

本研究の目的は、2つの内容の違う講習会を実施し、その内容によりスポーツ選手に対する心理的影響が違おうであろうという仮説を検証することであった。加えて、講習会を受講しなかったグループも含めて3グループでの比較検討を実施することと講習会形式のメンタルトレーニングプログラムの有効性を検証することでもあった。

入門群は、心理的競技能力診断検査の18項目中、総合得点を含む10項目について有意差が認められ、また総合得点を取り上げたとき、平均値が176.54点から182.48点の向上(5.94点)し、有意差も認められた。このことから、講習会の内容がスポーツにおける心理的側面の重要性やメンタルトレーニングの紹介(知識)であったことを考えたとき、入門編としての効果は検証できたのではないかと考える。しかし、競技意欲や協調性の項目で有意差が認められなかったことを考えた場合、メンタルトレーニングの知識を学ぶだけでは自分のテ

クニックとして身につかないため、トレーニングとして実践する必要があると考えられる。また実践群は、先行研究の仮説の検証1および2で講習会形式メンタルトレーニングプログラムの有効性を検証された高妻(2002)⁸⁾が作成したメンタルトレーニングプログラムを使用し、本格的(実践的)な講習とその課題(毎日の練習や試合で応用するという宿題)を実施した。その結果、心理的競技能力診断検査の18項目中すべての項目に対して有意差が認められたことから、本研究でも講習会形式の実践的メンタルトレーニングプログラムの有効性が示唆されたのではないかと考える。また図1に示すように、総合得点を見たとき、平均値が181.23点から212.77点という31.54点の向上を示し、有意差も認められたことから、この講習の内容が選手に対してポジティブな影響を及ぼしたことが検証できたと考える。このことから入門編で紹介した知識だけの講習会より、現場での応用を目的とした実践形式の講習会のほうが、選手に与える影響は大きくなると考える。一方、講習等を全く実施しなかったコントロール群は、心理的競技能力診断検査による分析でも有意差が認められず、総合得点の平均値も169.28点から171.04点とほとんど変化が見られなかった。このことから講習会形式の紹介プログラムやメンタル面強化(トレーニング)プログラムを導入する方が何も導入しないよりも、選手の心理的側面に対してポジティブな影響を与える可能性が高いことが示唆されたと考える。つまり、本研究からメンタル面強化を目的に講習会を実施することの有効性が検証できたと考える。また講習会の内容によって選手に対する影響も違おうことが分析でき、今後はこの講習会の内容をさらに吟味することも必要であろうことが示唆されたと考える。

さらに、この講習に対する内省報告では、入門群が「(1) 非常に良かった71%、(2) 良かった23%、(3) 普通5%、(4) 悪かった1%、(5) 非常に悪かった0%」という分析ができた。このことから講習会形式メンタルトレーニングプログラムの入門群という内容に対して、94%の講習会参加者から

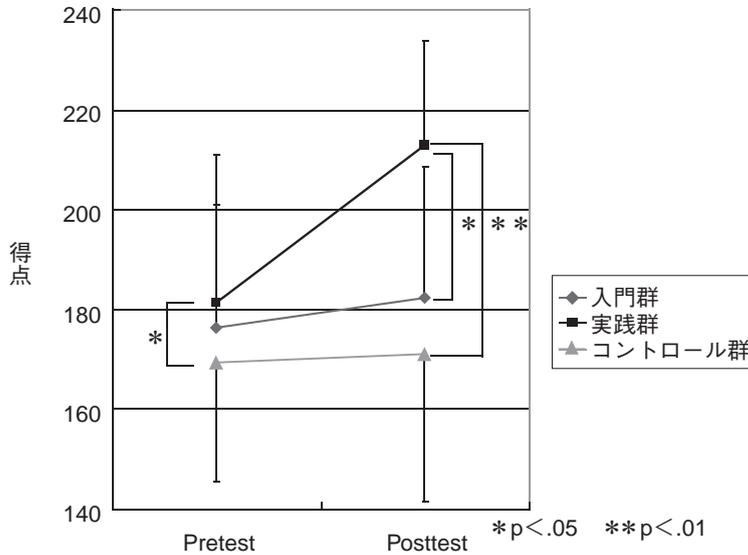


図1 心理的競技能力診断検査の各群における総合得点の変化
Fig. 1 The total score of Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for three groups.

ポジティブな回答を得ることができた。一方、実践群は、76%が「(1)非常に良かった」、21%が「(2)良かった」、3%が「(3)普通」、0%が「(4)悪かった」、0%が「(5)非常に悪かった」という結果であり、97%の選手が講習会の受講に対してポジティブな回答している。このことは、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムの有効性を示すひとつの材料になったと考えるし、この講習会形式の方法が肯定されたのではないとも考える。

最後に、本研究の結果から、講習会形式のスポーツメンタルトレーニングプログラムの有効性および専門家による内容の異なる講習会プログラムがスポーツ選手に対して心理的によい影響を与えるであろうという仮説を検証できたと考える。今後は、この研究を発展させて、講習会形式メンタルトレーニングプログラム入門編を実施し、同じ参加者が継続して実践編の講習会を実施した場合の効果の検証をすれば、より効果的なプログラムの作成ができると考える。

参考文献

- 1) 徳永幹雄：競技者に必要な心理的スキルとは教養としてのスポーツ心理学，大修館書店，2005，10-17.
- 2) Griffith, C. R.: Psychology and its relation to athletic competition. *American Psychological Education Review*, 30, 193-199, 1925.
- 3) Suinn, R.: The 1984 Olympic and sport psychology. *Journal of sport psychology*, 7, 321-329, 1985.
- 4) Orlick, T. & Partington, J.: Mental links to excellence. *The Sport Psychologist*, 2, 105-130, 1988.
- 5) Gould, D., Dieffenbach, K. & Moffett, A.: Psychological characteristics and their development. *Olympic champions*, 14, 172-204, 2002.
- 6) Tutco, T. & Tosi, U.: *Sport Psyching*. Los Angeles, CA: Teacher. 1976.
- 7) Nideffer, R. & Sharpe, R.: *Attention Control Training* NY: Wyden, 1978.
- 8) Unestahl, L.: *Sport psychology in theory and practice*. VEJE Publ. Inc. Orebro Sweden, 1986.
- 9) Kraus, D.: *Peak Performance*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1980.

- 10) Loehr, J.: Athletic Excellence. Denver, CO: Forum, 1982.
- 11) Orlick, T.: Psyching for Sport: Mental training for athletes. Champaign, IL: Leisure Press, 1986.
- 12) Ravizza, K. & Hanson, T.: Heads-up Baseball Lincolnwood, IL: Master Press, 1995.
- 13) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニング：コーチ用，ベースボールマガジン社，2002，20.
- 14) 杉原 隆：まえがき，スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，3-4.
- 15) 土屋裕陸：メンタルトレーニング実施後の振り返り，スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，52.
- 16) 中込四郎：メンタルトレーニングワークブック，道和書院，1994.
- 17) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニング：選手用，ベースボールマガジン社，2002.
- 18) 高妻容一，石井 聡：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について（その1），東海大学紀要，記載予定，2006.
- 19) 石井 聡，高妻容一：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について（その2），東海大学スポーツ医科学研究所雑誌，18，69-78，2006.
- 20) 徳永幹雄：ベストプレイへのメンタルトレーニング，大修館書店，1996，26-48.



健常者における微小血栓の形成について

河乃建仁 (医学部分子生命科学) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)

新居利広 (体育学部競技スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科) 山村雅一 (医学部分子生命科学)

Formation of plasma micro-plug in the healthy persons

Kenji KOHNO, Suketsune IWAGAKI, Toshihiro ARAI, Sakae OSAKI and Masaichi YAMAMURA



Abstract

【Background】 Silent cerebral infarction can occur in healthy individuals; however, the formation process of the micro-plug is not clearly understood. We have found micro-particles in the blood, which have not been reported.

【Methods】 The subjects were 6 healthy male students (19 ± 0.8 years old). Blood was collected every two hours for one day. We examined the size of the plasma micro-particles using flow-cytometry (EPICS-ALTRA).

【Results】 The largest micro-particle before breakfast was $6.9 \pm 2.6 \mu\text{m}$ in diameter, and that of half an hour after breakfast was $11.3 \pm 4.1 \mu\text{m}$ ($p < 0.01$). The largest micro-particle before running exercise was $13.9 \pm 6.5 \mu\text{m}$, that immediately after exercise was $75.1 \pm 43.7 \mu\text{m}$ ($p < 0.001$), and that of after 1 hour was $46.1 \pm 28.2 \mu\text{m}$ ($p < 0.001$). The largest micro-particle immediately after getting up in the morning was $6.9 \pm 2.6 \mu\text{m}$, and that at noon was $8.3 \pm 2.3 \mu\text{m}$ ($p < 0.02$).

【Discussion】 These results showed that micro-particles increased in size after eating, daily activity or exercise. Since the diameter of capillary tubes is 8 to 20 μm in humans, the micro-particles increased up to 3.8 to 9.3 times the diameter of the tube, causing a blockage. At this point, the micro-particles become micro-plugs and this phenomenon can occur in healthy individuals. This study showed a new process-related embolism.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 89-92, 2006)

I. 背景

近年、臨床検査機器の飛躍的進歩により、これまで検出できないさまざまな病変が検出できるようになった。脳ドックによる微小脳梗塞（隠れ脳梗塞ともいう）の発見はその一例であった。これまで、健常者において40代では4人に1人、50代では3人に1人、60代では8割以上の割合で微小脳梗塞の痕跡が発見されていた¹⁻³⁾。このようなデータは、健常者においても血栓が形成されていることを示唆した。

これまで、我々は、70名の健常者を対象に4年間に亘り研究した結果、健常者の血液には「血漿微粒子」が存在していることを発見し、それについて報告してきた⁴⁻¹⁰⁾。本研究では、健常者において血漿微粒子が微小血栓の形成との関係について検討した。

II. 研究方法

対象者は、6名の大学生健常者であった。本研究の対象者に対しては、研究の内容、方法並びに

結果の取り扱いについて、本人に説明し、書面承諾を得た。また、本研究については、東海大学湘南校舎の倫理委員会に提出し、承認を得た。

対象者は普段と同様な日常生活をし、2時間おきに指先部から0.2 mlの血液を採取し、ヘパリン入り毛細採血管を用いて採血し、毛細管遠沈管を用いて1500×gで10分間を遠心分離し、上清血漿を得た。得た血漿をpH7.4のリン酸緩衝液(phosphate buffer saline; PBS)で希釈し、フローサイトメトリー(Flow-cytometry, EPICS-ALTRA, Beckman Coulter Inc.)にて、血漿微粒子の大きさを測定し、一日中における特徴的な変化を示す食事前後と、運動前後と、早朝日中との変化について比較検討した。

フローサイトメトリーの精度管理には、「Flow-Check」(Cat#: 6605359, Beckman Coulter Inc. USA)、日差変動管理には「Flow-set」(Cat#: 6607007, Beckman Coulter Inc. USA)、微小血栓のサイズ同定には、「Coulter CC size standards」(Cat#: 6601329, Beckman Coulter Inc. USA)、微小血栓の数の測定には「Flow-Count」(Cat#: 7547053, Beckman Coulter Inc. USA)を、それぞれ用いた。

フローサイトメトリーで得た粒子大きさの値は、長さ単位ではなく、相対的蛍光強度単位(チ

ャンネル)であるので、長さ単位(μm)に変換した。単位の変換には、直径 $2\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ 、 $20\ \mu\text{m}$ 、 $40\ \mu\text{m}$ の標準粒子(「Coulter CC size standards」)を用いた。まずは、既知サイズの各粒子の前方散乱光強度値を、フローサイトメトリーに付属されている専用データ解析ソフト(Flow-cytometry analyzer Expo 2, Beckman Coulter Inc. USA)で割り出した。次に、Microsoft Excel 2003を用い、割り出した値と粒子のサイズにより、チャンネル/サイズ換算式「 $y = ax - b$ 」を得た。尚、「y」は前方散乱光強度である。この換算式を用い、粒子の大きさ「x」の値(μm 単位)を割り出した。「Flow-Set」でフローサイトメトリーの日差変動を管理している場合、換算式における「a」と「b」の値は、変動がなく、定数となる。

Ⅲ. 研究結果

健常者の血漿微粒子の最大大きさ(直径)は、朝食前の $6.9 \pm 2.6\ \mu\text{m}$ に対し、朝食後では $11.3 \pm 4.1\ \mu\text{m}$ までに有意に上昇した($p < 0.01$, 図1)。

運動(走行練習)直前の $13.9 \pm 6.5\ \mu\text{m}$ に対し、運動直後では $75.1 \pm 43.7\ \mu\text{m}$ (最大で $140\ \mu\text{m}$)ま

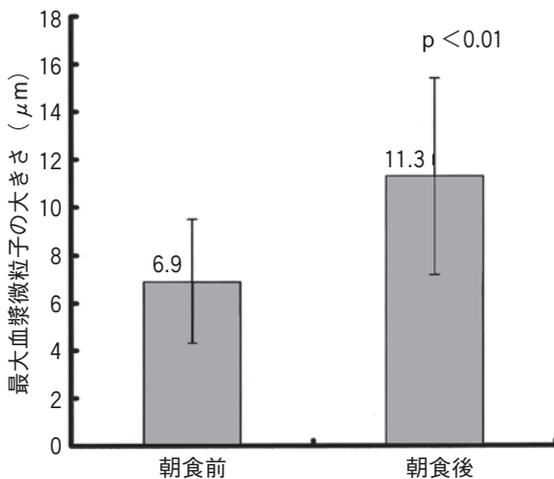


図1 最大血漿微粒子の大きさにおける食事の影響
Fig. 1 Effect of breakfast on the largest micro-particle size

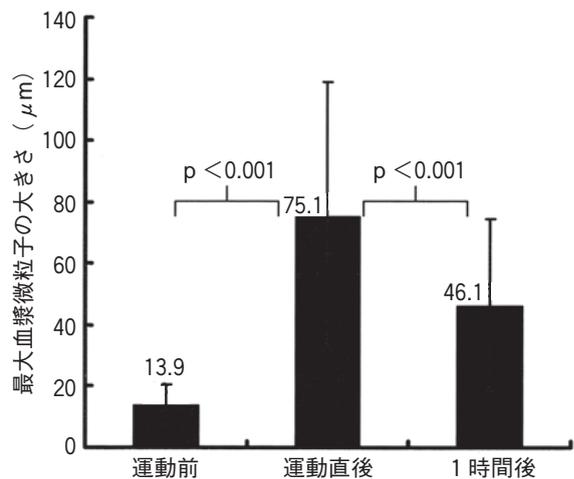


図2 運動前後における最大血漿微粒子の大きさの変化
Fig. 2 Changes of the largest micro-particle size before and after running

でに上昇し、1時間を休養した後では、 $46.1 \pm 28.2 \mu\text{m}$ までに回復した。これらの変化は、いずれも統計学的に有意に認められた ($p < 0.001$ 、図2)。

早朝起床直後の $6.9 \pm 2.6 \mu\text{m}$ に対し、日中 (11~13時) では $8.3 \pm 2.3 \mu\text{m}$ までに有意に増大した ($p < 0.02$ 、図3)。

血漿微粒子の数もサイズの変化と同様な傾向の変動を示した。朝食前の 17.7 ± 12.6 個 / μl に対し、朝食後では 45.6 ± 20.6 個 / μl までに有意な上昇

を示した ($p < 0.001$ 、図4)。

運動 (持久走) 直前は 23.4 ± 21.2 個 / μl に対し、運動直後は 58.9 ± 29.7 個 / μl までに有意に上昇した ($p < 0.02$)。1時間を休養した後は、 40.6 ± 30.3 個 / μl までに回復したが、統計学的に有意に認められなかった ($p > 0.05$ 、図5)。

早朝起床直後の 17.7 ± 12.6 個 / μl に対し、日中 (11~13時) では 51.5 ± 47.8 個 / μl までに有意に上昇した ($p < 0.001$ 、図6)。

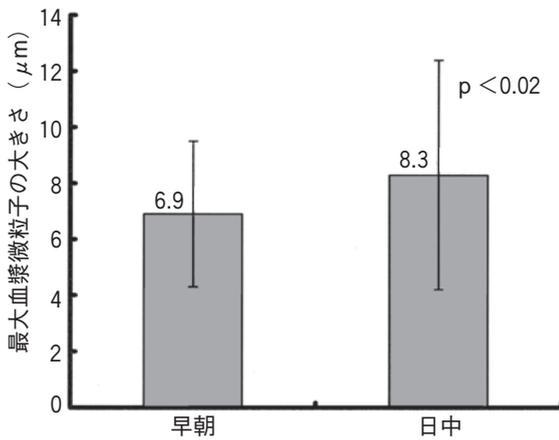


図3 日中での最大血漿微粒子の増大
Fig. 3 Increase of the largest micro-particle size at noon

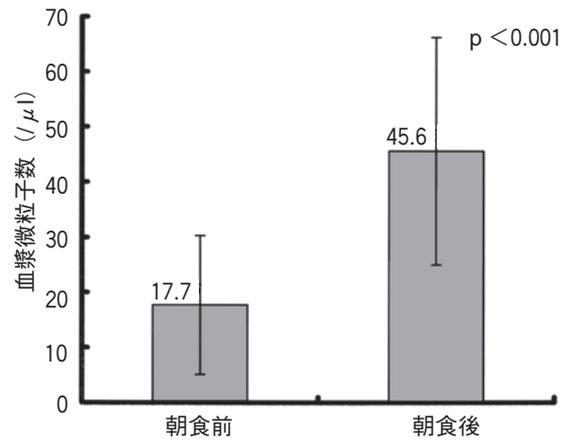


図4 血漿微粒子数における食事の影響
Fig. 4 Effect of breakfast on the largest micro-particle count

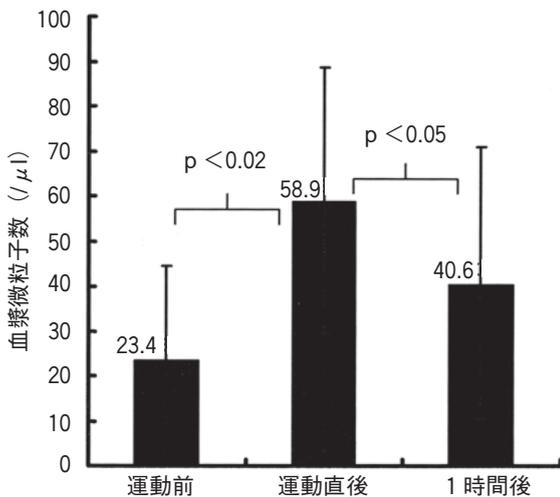


図5 運動前後における血漿微粒子数の変化
Fig. 5 Changes of the micro-particle count before and after running

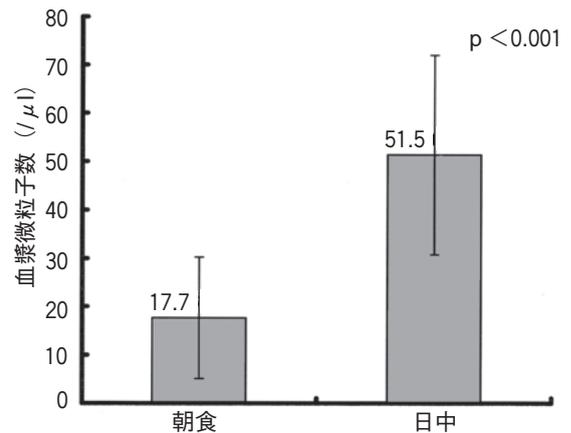


図6 日中での血漿微粒子数の増加
Fig. 6 Increase of the micro-particle count at noon

IV. 考 察

起床直後の血漿微粒子のサイズが最も小さく、その数も最も少なかった（図1、3、4、6）ことは、休養（睡眠）下では、血漿微粒子が小さくなり、その数も減少していることを示した。

一方、運動後（図2）、または日中（図3）では、血漿微粒子が大きくなり、その数も増加した（図5と図6）ことは、日常活動または運動などの行動は、血漿微粒子を大きくし、数を増やす働きを有することが明らかとなった。

このような事柄から、血漿微粒子は、ヒトの身体的活動にとって必要なものであると考えられる。

このように、血漿微粒子は、ヒトの活動にとって必要とされいながら、場合により、毛細血管の直径の数倍までに大きくなることもあった（図2）。このような大きな粒子は、毛細血管を通りにくく、やがて、血管を塞ぐことになるだろう。血管を塞いだ時点で、血漿微粒子は微小血栓になる。このような事柄からは、「血漿微粒子から微小血栓へ」という血栓形成における新たな機序が存在していることを示唆した。このような大きな血漿微粒子、即ち微小血栓は、健常者においても日常的に発生していることが判明された。

参考文献

- 1) 松村 賢：無症候性脳血管障害患者におけるサッケードの分析，群馬医学，64，135-141，1996.
- 2) 吉田 聡，浦田幸朋：高血圧と認知機能，超高齢者軽症高血圧に対する降圧療法の有用性，治療，84(11)，2853-2859，2002.
- 3) 西脇祐司：血管系・神経系の加齢変化に関する6年間のコホート研究，無症候性脳梗塞の予防学的意義を中心にして，総合健康推進財団研究報告書，1998，120-128，2001.
- 4) Lujian XING，岩垣丞恒，山村雅一：Plasma particle imaging について，体力科学，49(3)，451，2000.
- 5) Lujian XING，Suketsune IWAGAKI: Characteristics of the plasma particle image in long distance runners, *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 6(4), 162, 2000.
- 6) Lujian XING，岩垣丞恒，山村雅一：Plasma particle image における jogging の影響，体力科学，49(6)，734，2000.
- 7) Kenji KOHNO，Suketsune IWAGAKI: Components of the plasma particle, *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 7(4), 188, 2001.
- 8) 河乃建仁，岩垣丞恒，山村雅一：Plasma 粒子の形態的特徴における持久性トレーニングの影響，体力科学，50(6)，842，2001.
- 9) Lujian XING，山村雅一，岩垣丞恒，王 惠珍：長距離選手の plasma particle image による metabolic field の検討，*Tokai J. Sports Med. Sci.* 13, 41-48, 2001.
- 10) 河乃建仁，岩垣丞恒，山村雅一，新居利広，大崎 栄：高濃度酸素吸入による plasma 粒子への影響及びその背景について，体力科学，51(6)，622，2002.



足趾力に関する研究

第2報

加門正行 (スポーツ医科学研究所研修員) 東福寺規義 (医学部附属東京病院診療協力部技術支援科)

野中拓馬 (医学部附属病院リハビリテーション技術科) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

An improved dynamometer for toe strength measurement Second Report

Masayuki KAMON, Noriyoshi TOUFUKUJI, Takuma NONAKA and Yutaka NAKAMURA



Abstract

The purpose of this study is to examine the performance of an improved toe strength dynamometer, the prototype of which we described in our previous paper. We confirmed the reproducibility of the strength values for all five toes measured together and for each of the five toes measured independently. Next, we tested the machine's ability to measure concentric and eccentric muscle strength. The test subjects were 32 student athletes: 24 male (average age of 19.9 ± 1.9 years) and 8 female (average age of 20.5 ± 1.8 years). The reproducibility of measurements of concentric and eccentric muscle strength was high, with intraclass correlation of $r = 0.893-0.972$ for the former and $r = 0.806-0.934$ for the latter. The values for eccentric toe muscle strength showed significantly higher reproducibility than those for concentric toe muscle strength. In the previous report there were many missing data on the fourth and fifth toes; in the test of the improved dynamometer, there were fewer missing data. We were able to obtain almost all the measurements of toe strength, both those for all five toes measured together and those for each toe measured independently. The improvements were shown to make the prototype dynamometer more effective at measuring toe strength. The machine showed high measurement reproducibility, and it accurately displayed the strength of the subjects' toes. The number of measured values, however, was insufficient for comparison of toe strength between athletes of different sports. It will be necessary to study more subjects.

Keywords: athlete, toe strength, concentric and eccentric contraction force, all toes, each toe

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 93-99, 2006)

I. はじめに

前回我々は足趾力測定器を自家考案し、スポーツ選手を対象に筋力測定を行った。足趾力測定器による測定では各足趾の求心性筋力、および遠心性筋力の測定を実施し、その測定値は高い再現

性を示したが、反面、微小な筋力の測定が装置の構造上不可能であった点、すべての足趾を同時に測定できなかった点の2つが課題として残された。今回、これら2つの問題点を補うべく足趾力測定器の改良を行い、前回と同様にスポーツ選手を対象として、得られた測定値と測定値の信頼性を検討したので報告する。

Ⅱ. 対象と方法

1. 対象

被験者は運動部所属の大学生で、足趾と下腿に機能障害が認められない東海大学体育会所属の部員32名（柔道9名、バスケットボール4名、サッカー3名、バレーボール2名、ハンドボール2名、テニス2名、陸上2名、硬式野球1名、バドミントン1名、その他6名）である。男性は24名（年齢 19.9 ± 1.9 歳）、女性は8名（年齢 20.5 ± 1.8 歳）を対象とした。なおこれら被験者には事前に研究の目的と方法を十分に説明し同意を得た上で測定を行った。

2. 測定器具

今回使用した測定機器は、前回のデジタル表示のものを改良し市販の竹井機器工業のアナログ握力計（0 kg 以上、0.5 kg 単位で表示）を用いた。本体に握力計（a）をL字鋼でスライド板に固定した。巻き取り軸（b）の直径3 mmの鋼鉄製ワイヤーは、足固定台（c）に対し求心性、遠心

性に移動できる構造である。握力計の力点にはジュラルミンをJ時状に加工した伝達棒（d）を取り付け、その先にワイヤーで足趾リング（e）を取り付け、足趾筋力が足趾リングから力点へ水平にかつ外力を受けずに力が伝達できるように改良した。さらに今回は新たに全足趾の足趾力を測定する為に全足趾測定棒（f）を作成し、足趾リングと同様の手順で求心性、遠心性の測定を行った。この形状は足趾において全足趾測定棒の把持しやすさを考え、試作として水平軸に約35度に屈曲している。足固定台にのせた足は固定用ベルトにより固定され、各足趾を足趾リングに固定させ求心性、遠心性の測定を行った。足趾リングは前回のものを改良し足趾の大きさにあわせ4種類を作成した。今回改良を加えた測定器は従来からの特徴である求心性と遠心性の筋力測定が可能であると同時に、各足趾と全足趾の筋力が測定できることが変更点となった（図1、2）。

3. 測定方法及び測定項目

測定は被験者を座位にし、まず求心性筋力を第一趾に対し3回測定した後、同様に第二～第五

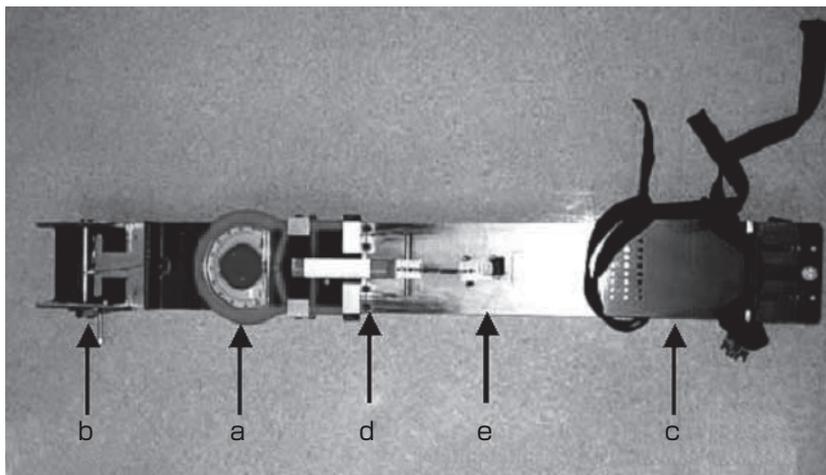


図1 足趾力測定装置

Fig. 1 Strength of foot flexor device

a : 竹井機器工業アナログ握力計（0.5 kg で表示）
 b : 巻き取り軸（S45C製）
 c : 足固定台（一般工業用鋼材製）
 d : 伝達棒（ジュラルミン製）
 e : 足趾リング（ジュラルミン製）

a: Grip strength measuring device (It displays more and 0.5 kg)
 b: Take up stick (S45C)
 c: Foot stabilizer (steel materials)
 d: Transfer stick (duralumin)
 e: Thumb ring (duralumin)

各趾及び全足趾についても3回測定した。次に遠心性筋力を求心性筋力と同様に、第一～第五各趾と全足趾の測定を行った。片方の足の求心性筋力、遠心性筋力を測定した後、他方の足を測定した(図3)。

求心性筋力はまず足趾リングの位置決めを行う。測定を行う足趾に足趾リングを挿入し遠心方向に一定の緊張がかかり、足趾リングが落下する限界点を測定開始点とした。位置を決めた後に、足趾リングを被検者の最大努力下で求心方向への屈曲したときの力を測定した。全足趾については足趾リングと同様の手順で測定を行った(図4)。

遠心性筋力は足趾にリングを挿入し、最大屈曲位をとりワイヤーに一定の緊張をかけた位置を測定開始地点とした。巻き取り軸のワイヤーを遠心性に巻き取ることにより足趾リングを遠心性に

スライドさせ、足趾が伸展され、被検者が痛みにより足趾リングを保持不可能となった時点、もしくはリングが外れた時点を終了とし測定を行った。求心性筋力、遠心性筋力ともに痛みが生じたときの値も測定値とした(図5)。

4. 統計処理

足趾筋力値の再現性については、級内相関係数によって検討した。

Ⅲ. 結 果

1. 全足趾および第一～第五各趾足趾力測定及び再現性について

求心性筋力、遠心性筋力において左右の級内相関係数は $r = 0.806 \sim 0.972$ であり、良好な再現性が得られた。

全足趾足趾力と第一～第五各趾足趾力の測定値から求心性筋力、遠心性筋力及びその左右の平均値と標準偏差を求めた。左全足趾足趾力と第一～第五各趾の求心性筋力の平均値と標準偏差は $12.3 \text{ kg} \pm 4.0$, $10.7 \text{ kg} \pm 4.6$, $5.4 \text{ kg} \pm 2.2$, $4.7 \text{ kg} \pm 2.3$, $4.0 \text{ kg} \pm 2.1$, $1.9 \text{ kg} \pm 1.6$ となった。右全足趾足趾力と足趾における足趾力の平均値と標準偏

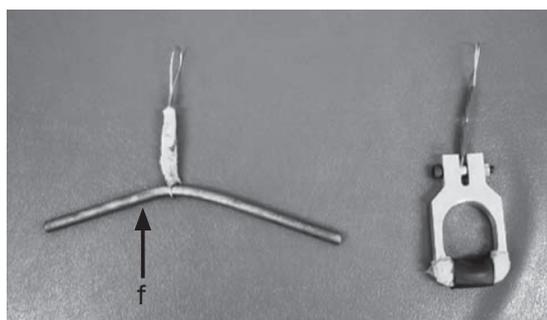


図2 全足趾測定棒及び足趾リング
f: 全足趾測定棒 (S45C 製)
Fig. 2 New device and Thumb ring
f: New device (S45C)



図3 足趾力測定装置
Fig. 3 Strength of foot flexor device

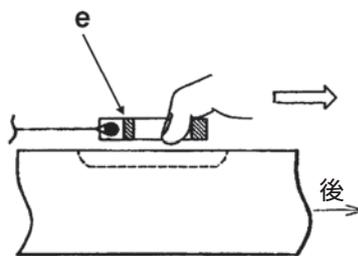


図4 求心性筋力
Fig. 4 Concentric contraction

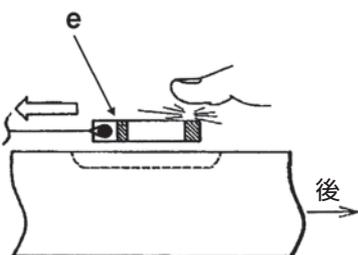


図5 遠心性筋力
Fig. 5 Eccentric contraction

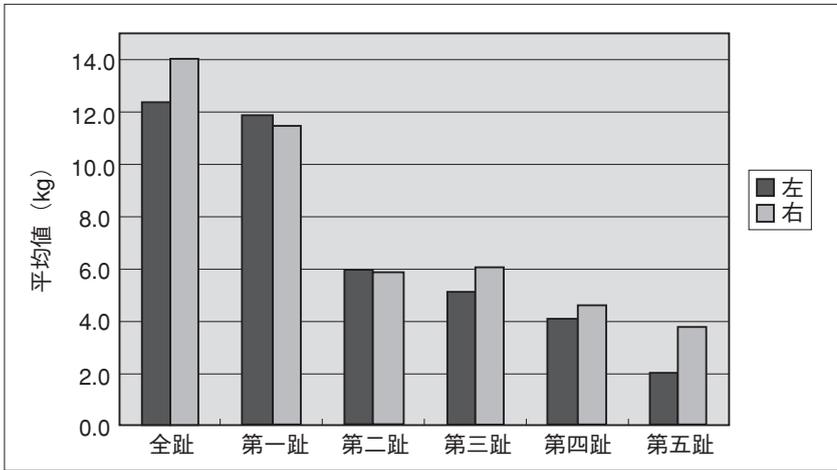


图6 求心性筋力平均値(男性)
Fig. 6 Flexional force out put (male, Concentric contraction)

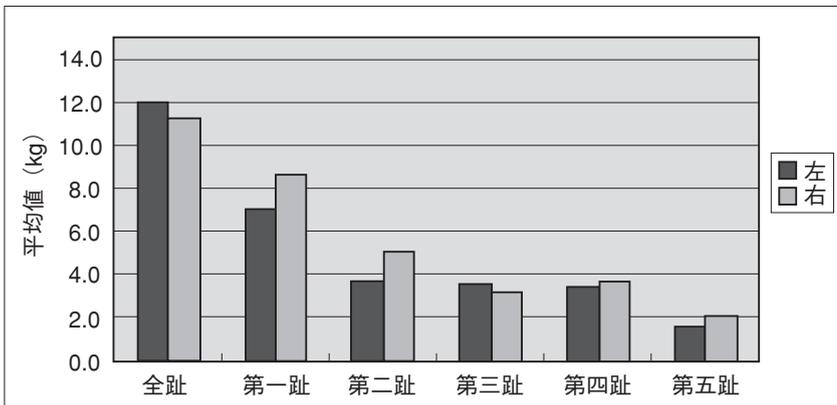


图7 求心性筋力平均値(女性)
Fig. 7 Flexional force out put (female, Concentric contraction)

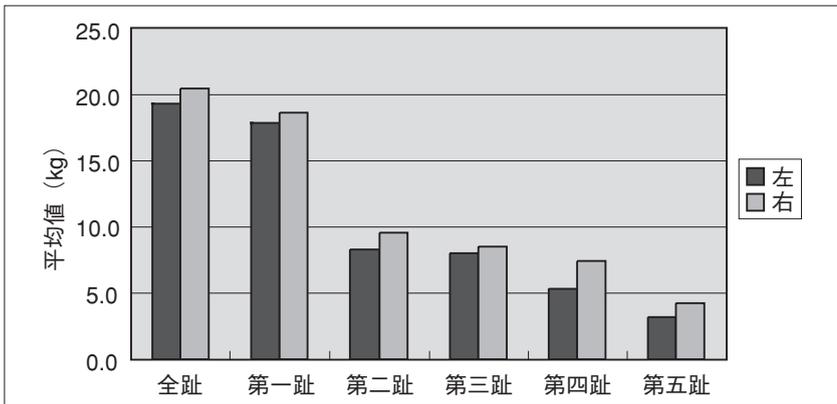


图8 遠心性筋力平均値(男性)
Fig. 8 Flexional Force out put (male, Eccentric contraction)

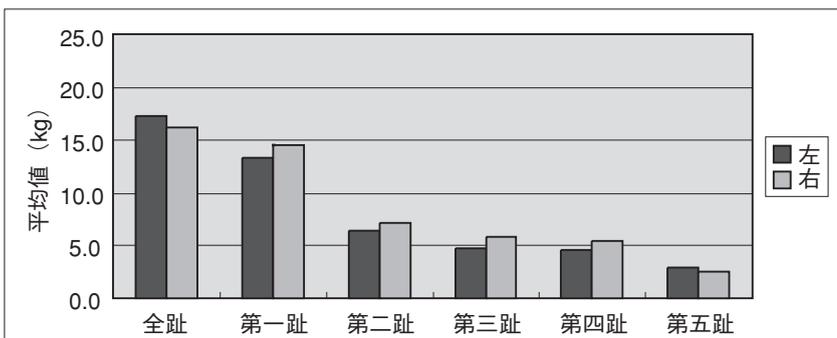


图9 遠心性筋力平均値(女性)
Fig. 9 Flexional Force out put (female, Eccentric contraction)

差はそれぞれ13.3 kg±4.6, 10.9 kg ±4.4, 5.7 kg ±2.3, 5.4 kg ±2.7, 4.5 kg ±2.6, 2.8 kg ±2.1となった。左全足趾足趾力と第一～第五各趾の遠心性筋力の平均値と標準偏差は18.8 kg ±6.6, 16.9 kg ±5.2, 7.9 kg ±2.5, 7.2 kg ±3.2, 5.2 kg ±2.4, 3.1 kg ±2.3となった。右全足趾足趾力と足趾における足趾力の平均値と標準偏差はそれぞれ19.5 kg ±6.2, 17.6 kg ±5.3, 8.9 kg ±3.1, 7.8 kg ±3.5, 6.9 kg ±3.6, 3.8 kg ±2.8となった。今回は平均値が得られたデータは全データ中95.4%であった (図6～9)。

2. 全足趾と第一趾における足趾力の比較

1) 全足趾および第一趾求心性筋力

男性についての値は全足趾では最低値4.5 kg、最高値28.0 kg、第一趾では最低値4.0 kg、最高値32.0 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は全足趾では左足12.4 kg ±4.3、右足14.1 kg ±4.9、

第一趾では左足11.9 kg ±4.7、右足11.5 kg ±4.7となった。また女性についての値は全足趾では最低値7.0 kg、最高値17.5 kg、第一趾では最低値3.5 kg、最高値12.5 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は全足趾では左足11.9 kg ±3.8、右足11.2 kg ±3.6、第一趾では左足7.1 kg ±2.1、右足8.6 kg ±2.6となった (図10、11)。

2) 全足趾および第一趾遠心性筋力

男性についての値は全足趾では最低値7.0 kg、最高値33.5 kg、第一趾では最低値6.0 kg、最高値34.0 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は全足趾では左足19.3 kg ±7.0、右足20.5 kg ±6.3、第一趾では左足17.8 kg ±5.2、右足18.6 kg ±5.1となった。また女性についての値は全足趾では最低値10.0 kg、最高値26.0 kg、第一趾では最低値7.0 kg、最高値25.0 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は全足趾では左足17.3 kg ±5.9、右足

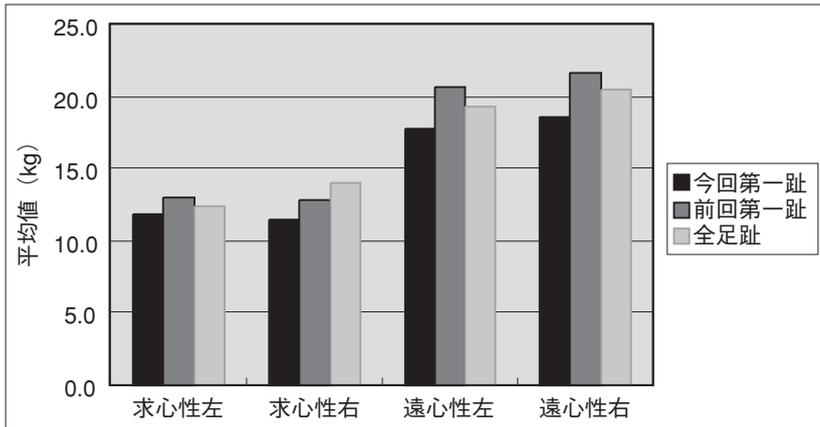


図10 足趾力平均値 (男性)
Fig. 10 Ave. of flexional force output (male)

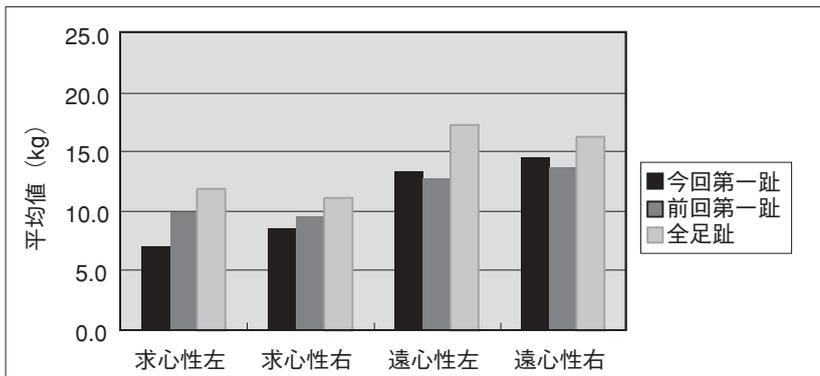


図11 足趾力平均値 (女性)
Fig. 11 Ave. of flexional force output (female)

16.3 kg \pm 4.8、第一趾では左足13.4 kg \pm 5.0、右足14.6 kg \pm 4.9となった（図10、11）。

IV. 考 察

前回の報告では試作した足趾力測定器による測定値が高い再現性を得たことを確認した。第一～第三各趾において測定値の再現性は確認できたものの、第四、五趾では欠損値が得られ測定方法に課題を残した。本研究では前回試作した足趾力測定器に改良を加え、それを用いて足趾力を測定し全足趾と第一～第五各趾において求心性筋力、遠心性筋力の測定が可能となった。第一趾においては前回と同様すべての値を得られ高い再現性が認められた。

今回測定した測定値の再現性に関して、級内相関係数は $r = 0.806 \sim 0.972$ であり、前回と同等に良好な再現性が得られた。前回の測定では装置の測定能力上、5 kg 未満の値と全趾の値が測定できなかったが、今回は足趾力測定器の改良により、5 kg 未満の測定と全足趾の測定を可能となった。また、求心性筋力及び、遠心性筋力の2つの筋力についてそれぞれの値を測定することが可能であった。前回と同様に今回の測定は、ほぼすべての値において測定値を得ることが可能となり、さらに全足趾の測定値も得ることができ、改良効果が見られたと考えられる。前回においては第二～第五各趾の測定の場合に、数値が5 kg 未満となり欠損値となった。測定値が得られたデータは、全データ中77.5%であった。しかし今回は得られたデータは全データ中95.4%であり、これは前回よりも高い数値を示している。すべての測定値において0 kg もしくは値が得られなかったという欠損値は前回は22.5%であるのに対し、今回は4.6%であり大幅に減少している。これより、今回の改良は前回の数値より高い再現性が得られ、さらに今回の測定は前回よりも微小な筋力の測定が可能となったと考えられる。また4.6%の欠損値が発生した理由としては、測定開始時にうまく屈曲で

きない、足趾が足趾リングの内径と外径の幅よりも小さいなどで足趾リングを把持できない事柄があげられる。また、測定後に、隣接する足趾に痛みが生じた症例があり、これは足趾リングを握る際に、隣接する足趾にも力が入ることで、足趾リングの側面の金属部分に接触した為であると考えられる。今後これらの疼痛発生の予防に、足趾リングの横の幅を薄くしたり、もしくは緩衝材を用いることによる足趾リングの改良が必要だと考えられる。

村田¹⁾らの報告によると足把持力は男性平均12.7 kg \pm 3.6、女性平均8.3 kg \pm 2.8であった。本研究においては全趾の値は男性の求心性筋力における平均値と標準偏差は左12.4 kg \pm 4.3、右14.1 kg \pm 4.9、遠心性筋力左19.3 kg \pm 7.0、右20.5 kg \pm 6.3であった。女性は求心性筋力左11.9 kg \pm 3.8、右11.2 kg \pm 3.6、遠心性筋力左17.3 kg \pm 5.9、右16.3 kg \pm 4.8であった。村田らの報告による足把持力と本研究の双方の共通点は求心性筋力で男性は類似した値を示しており、女性は若干高い値を示している。本研究は日頃からトレーニングを行っているスポーツ選手を対象とした為、日頃のトレーニング効果から足趾筋力が優れているのではないかと推測された。しかし、今回の測定値の比較からは有意な差は見出せなかった。このことは、各スポーツ間の特性を比較検討するには十分な被験者数を獲得することができなかった為と考えられ、スポーツ間の特性を比較するため、対象者を増やす必要があるという点が課題となった。

中村ら²⁾の文献によると足趾の屈曲運動において、主動作筋は長指屈筋と長母指屈筋であるといわれている。これより全足趾と第一趾足趾力の比較を行うと全足趾の値と第一趾足趾力の値では求心性、遠心性共に全足趾の測定値の方が高い値を示した。これは全足趾の屈曲運動が第一趾足趾筋の単独の運動を表すのではなく、長指屈筋と長母指屈筋の複合運動により屈曲運動が行われていることを示唆している。また結果より第二～第五趾の値と比べても全足趾の値と第一趾の値が近い値を示している。これからも、全足趾の測定におい

て第一趾が足趾筋力に重要な役割を果たしていると考えられた。

V. まとめ

本研究は、前回作成した足趾力測定器を改良し、その測定値の再現性を確認し、スポーツ選手を対象として全足趾および各足趾の求心性筋力、遠心性筋力の測定が可能かどうかを検証し、今回、得られた数値を検討し、以下の結果が考えられた。

- 1) 前回作成した足趾力測定器を改良し、スポーツ選手の全足趾と第一～第五各趾の求心性筋力、および遠心性筋力の測定を実施した。
- 2) 改良した足趾筋力測定器による測定は、全足趾および第一～第五各趾の測定値において高い再現性を示した。
- 3) 得られた測定値は前回よりも欠損値が少なく、微小な筋力の測定が可能となった。
- 4) 裸足で行われるスポーツ種目、靴を履くスポーツ種目による測定値の差は見出すことはできず、今後、各々のスポーツ種目に対する対象数を増やし比較検討する必要があると考えられた。

参考文献

- 1) 村田 伸, 忽那龍雄: 足把持力測定の試み, 理学療法の科学, 17(4): 243-247, 2002.
- 2) 中村隆一, 齋藤 宏, 長崎 浩: 足関節と足の運動, 基礎運動学第6版, 250-261, 2003.



野球選手の手指血行障害の実態

西村典子 (スポーツ教育センター) 中村 豊 (スポーツ医学研究所)

恩田哲也 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

伊藤栄治 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

Circulatory disturbances in the fingers of baseball players

Noriko NISHIMURA, Yutaka NAKAMURA, Tetsuya ONDA and Eiji ITOH



Abstract

The purpose of this study is to report the factors of circulatory disturbances in the fingers of baseball players and the symptoms of those and to investigate the incidences by the administration of a questionnaire. The respondents were 804 players belonging to clubs in junior high school, high school, and universities. According to questionnaires, 202 players (25.1%) were aware of circulatory disturbances in their fingers, and there were most replies having circulatory disturbances in the catching hand with index finger.

Especially players of a position with much catching balls frequency, such as a catcher and a first baseman, seem to have the high rate of having circulatory disturbances from repetitive ball impact. No relation to their positions, the appearances of circulatory disturbances in the fingers was remarkably increased from 4 to 7 years from beginning baseball that suggested this period would be needed the device and the measure of practice method for prevent or relief from repetitive ball impact.

The various factors seem to be relative causing the appearances of circulatory disturbances in the fingers, such as years of experience playing baseball, their position, their using globes or mitts, temperature, ground condition, smoking custom and so on.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 100-106, 2006)

I. はじめに

野球における手指血行障害は以前から認知されている障害の一つであり、その発生頻度や程度などについては捕球動作の反復ストレスによるものや投球動作そのものがもたらす指の過伸展ストレスによるものなどが散見されるが、肩や肘に比べるとその傷害に対する予防や治療については依然不明な点も多い¹⁻⁵⁾。野球の競技シーズンが主に

春から秋にかけての比較的気温の高い時期にあるため、低温環境によって発生しやすい手指血行障害の実態を十分に把握するにはいたっていないのが現状である。野球の現場では手指血行障害による疼痛や感覚障害などから、競技パフォーマンスの低下をきたしていることが問題となっている。

今回手指血行障害を訴える野球選手を経験し、競技に対する影響や発生過程など、長年にわたる野球競技における手指血行障害の実態を明らかにする。

Ⅱ. 対象および方法

1. 対象

中学校、高等学校、大学の硬式野球部に所属する選手804名を対象とした（表1）。

2. 方法

804名の硬式野球選手に対し、手指血行障害（疼痛や冷感、しびれ感などの感覚障害等）に関するアンケート調査を実施し、調査分析を行った。主な調査項目は、手指の疼痛やしびれ感、冷感などの感覚障害の自覚の有無、症状発生手指、症状

を感じる時期とその程度、主な守備位置、競技年数、喫煙の有無（大学生のみ）等である。

Ⅲ. 結 果

野球の競技中に手指の疼痛やしびれ感、冷感などの感覚障害の発生を自覚する選手の割合を図1に示す。全体では804名中202名（25.1%）の選手が手指の疼痛や感覚障害を自覚している。所属別では、大学生246名中67名（27.2%）、高校生524名中133名（25.4%）、中学生34名中2名（5.9%）であった。

表1 手指血行障害調査の対象

Table 1 Subjects of our investigation about circulatory disturbances on fingers

	大学生	高校生	中学生	全体
投手	70	110	3	183
捕手	26	53	2	81
内野手	80	211	12	303
外野手	70	150	17	237
合計	246	524	34	804
年齢	20.6±13.3	16.4±0.53	13.5±0.50	17.6±7.7
競技年数平均	11.07±2.2	7.74±1.9	5.56±1.5	8.67±2.6

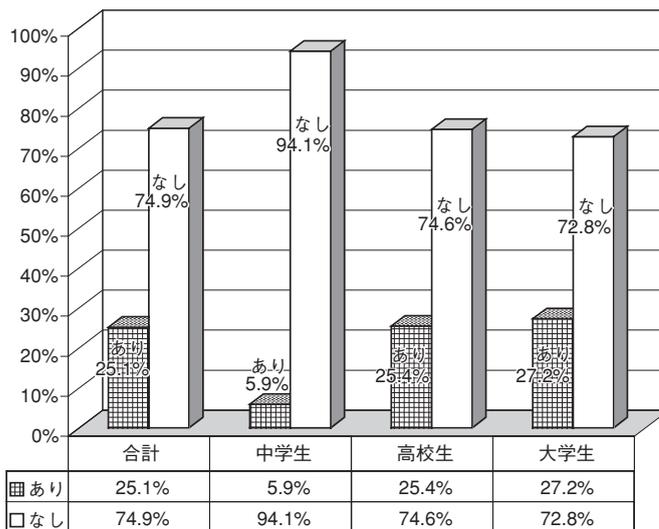


図1 手指の疼痛や感覚障害を自覚する選手の割合

Fig. 1 Percentage of players having pain or sensory disturbances on fingers

守備位置別に手指の疼痛や感覚障害を自覚する選手の割合（図2）では、内野手303名中88名（29.0%）、投手183名中51名（27.9%）、捕手81名中21名（25.9%）、外野手237名中42名（17.7%）の順で症状発生頻度が高くなっている。また守備位置別にみた症状発生部位では、投手は投球側示指49.0%、捕手は捕球側示指が81.0%、内野手は捕球側示指76.1%と捕球側示指に高い割合を示した（図3）。

であり、捕手は捕球側示指が81.0%、内野手は捕球側示指76.1%と捕球側示指に高い割合を示した（図3）。

競技年数別にみた手指の疼痛や感覚障害などの症状発生率では競技開始後4～7年で症状を自覚する選手の割合が顕著に増加し、その後はほとんど変化なく推移している。守備位置による顕著な

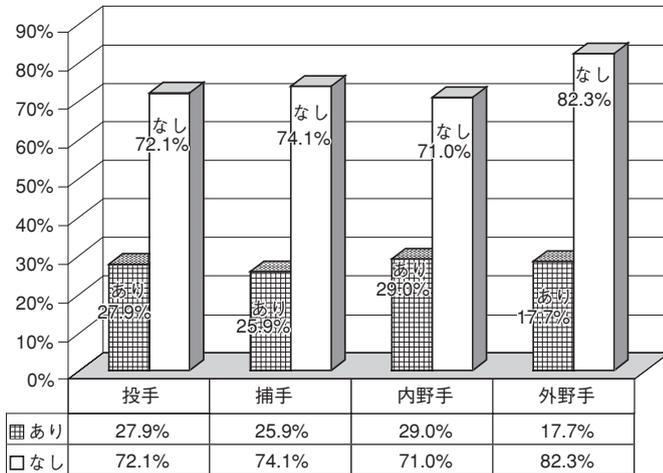


図2 守備位置別にみた手指の疼痛や感覚障害を自覚する選手の割合

Fig. 2 Percentage of players having pain or sensory disturbance on fingers in each position

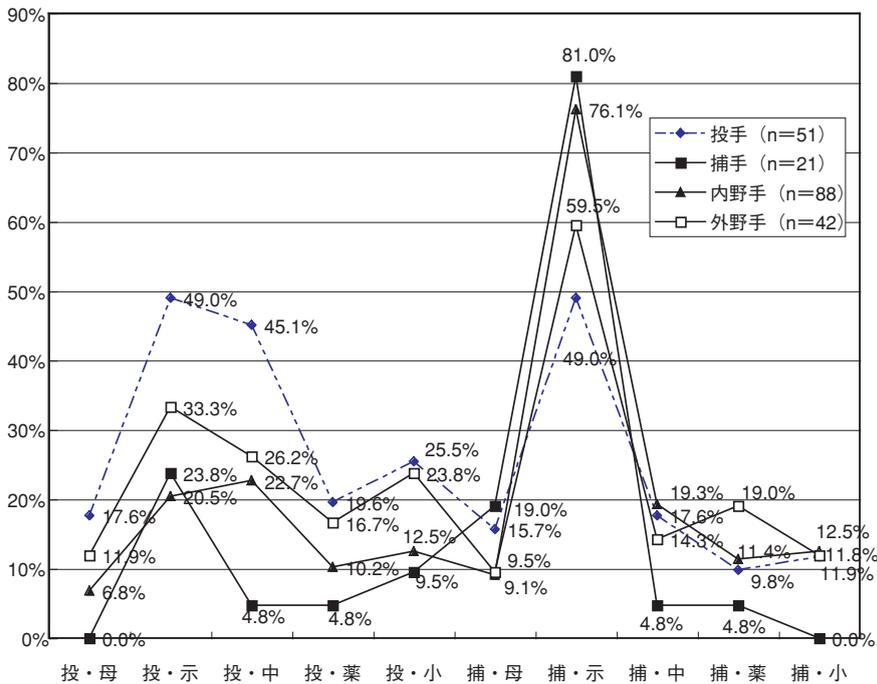


図3 守備位置別にみた自覚症状発生部位の割合

Fig. 3 Percentage of fingers having symptom in each position

野球選手の手指血行障害の実態

差は特には認められなかった (図4)。

大学生を対象とした喫煙に関する項目では、非喫煙群で手指の疼痛や感覚障害などの症状があると答えた選手が116名中22名 (19.0%)、なしと答えた選手が94名 (81.0%) なのに対し、喫煙群で

はこれらの症状があると答えた選手が126名中42名 (33.9%)、なしと答えた選手が82名 (66.1%) であった。これらの値にはそれぞれt検定による有意な差が認められた (図5)。

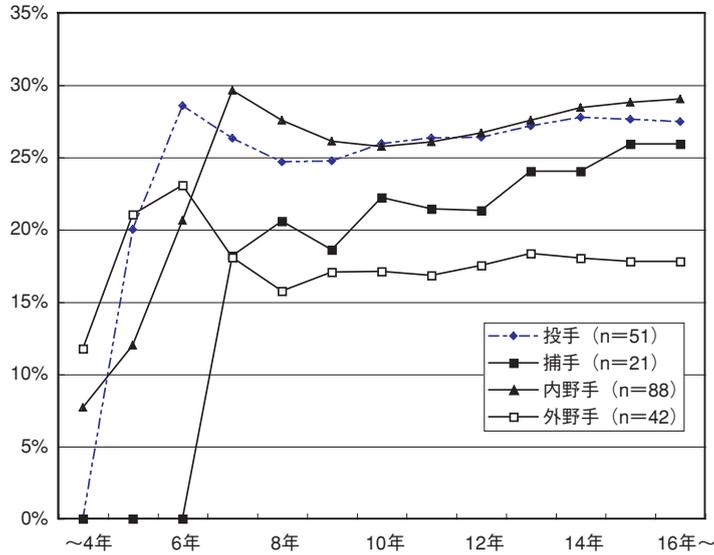


図4 守備位置別にみた競技年数と自覚症状の推移
Fig. 4 Relation between years of playing baseball and symptom of circulatory disturbance in each position

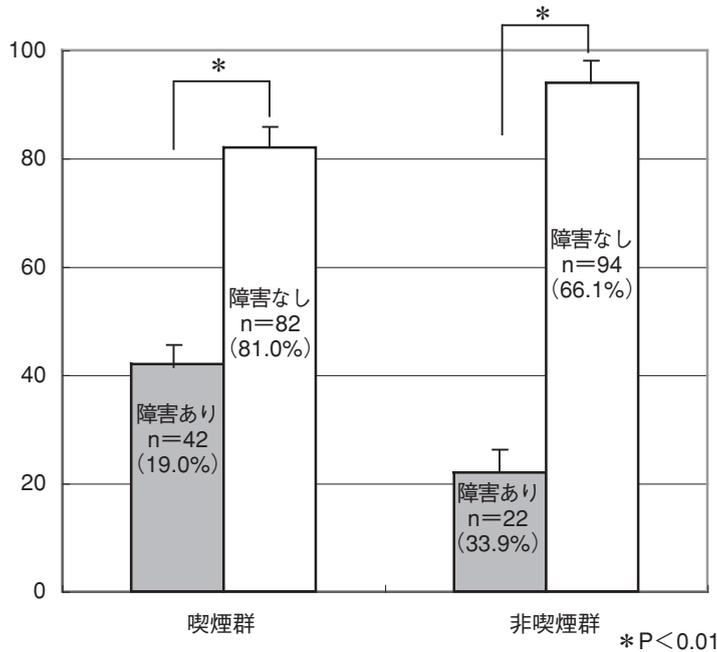


図5 喫煙と手指血行障害の関係
Fig. 5 Relation between smoking and symptom of circulatory disturbances on fingers

V. 血行障害が起こる発生要因と症状

1. 症状

血行障害を呈している手指は冷感、しびれ感、疼痛、チアノーゼ、血色不良などを伴うことがある²⁾。これらの症状によって手指のもつ巧みな感覚が麻痺することがあるため、捕球動作が十分にを行うことが出来ず、競技に支障をきたす場合がある。また一度衝撃を受けて痛めた手指の創傷、擦過傷などは非常に治りにくく、捕球動作が繰り返されることで痛みを伴う場合がある。これには末梢血液循環の不良が治癒遅延に影響を及ぼすことが考えられる。

2. 発生要因

1) 衝撃によるもの

グラブ捕球側にはボールの衝撃による振動ストレスが頻回に加わり、特に示指の付け根（MP 関節）付近で捕球することが基本的技術として要求される⁶⁾。示指 MP 関節に局限した捕球動作を繰り返すことは、掌側中手動脈を圧迫し、末梢血管

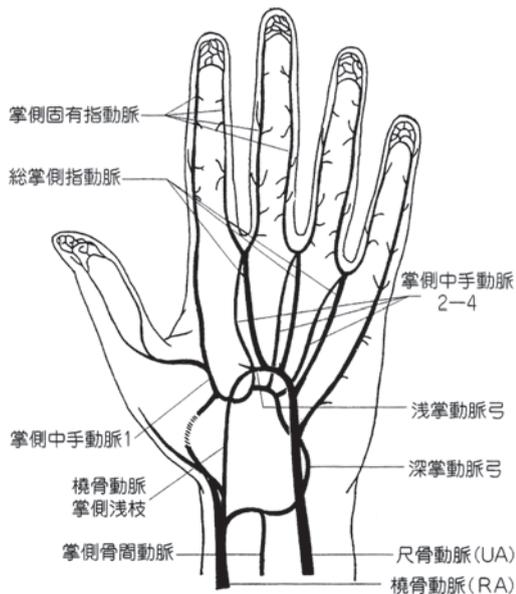


図6 手と手指における動脈の分枝 (文献7より引用)
Fig. 6 Arterial branching of hand and fingers (it quotes from reference 7)

への微細損傷によって示指先端部までの血行不良を引き起こす一因と考えられる (図6)⁷⁾。

捕球頻度が他のポジションに比べて高い捕手や一塁手などは、ポジション特性として手指血行障害を考慮した衝撃吸収緩和機能に優れているミットを使用しているが、末梢血管への微細損傷が回復する前に捕球による衝撃ストレスが繰り返されるため、やがては手指血行障害へと症状が進行する可能性がある。

2) 投球動作によるもの

投球動作に関連したものとしては、投球側示指および中指の伸展ストレスによるものがあげられる。投手は競技レベルがあがるにつれて、多種多様な変化球を投げることが要求され、過度な伸展ストレスが繰り返されることで手指血行障害を起こすことが報告されている (図7)⁴⁾。

VI. 考 察

上肢を使った野球選手の動作において、投球動作による肩や肘などの血行障害が重要視されているが、捕球動作やバッティング動作での衝撃ストレスによる血行障害についても考慮する必要がある。今回アンケート調査を行った選手の25.1%

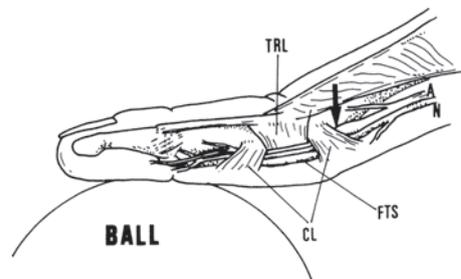


図7 ボールリリース時にみられる指伸展による血管神経束のentrapment (文献4より引用)

Fig. 7 Entrapment of blood and nerve bundle causing hyperextension of a finger releasing a ball (it quotes from reference 4)

TRL: 横支靭帯
CL: Cleland 靭帯
FTS: 屈筋腱鞘

(202名)が手指の疼痛やしびれ感、冷感などの感覚障害の発生を自覚しており、これらの症状は反復する衝撃ストレスもしくは投球時の伸展ストレスが手指の血行障害を引き起こしているものと考えられる。投手では投球による投球側示指、投球側中指、捕球側示指への血行障害と思われる自覚症状が多くみられたが、捕手や内野手では捕球動作における反復ストレスが原因と思われる捕球側示指への血行障害に関連する自覚症状が顕著にみられた。

捕球側示指への血行障害を訴えるポジションとしては捕手、一塁手があげられる。他のポジションに比べて捕球動作が圧倒的に多く、衝撃吸収を考慮されたミットを使用しているが、現状ではミットを使用しているも手指血行障害が起こりやすいといえる。池田は捕球側示指の血行障害に対し、スポーツ医学的な見地から緩衝材料を用いたミットの有益性を述べているが⁶⁾、現状ではその啓蒙が十分には活かされていないといえる。また次に遊撃手があげられるが、このポジションでは二塁への送球に対する捕球の反復ストレスがある。遊撃手は内野手の中でも守備機会の多いポジションであり、このポジションを守る選手は、衝撃吸収性よりも捕球のしやすさを重視したグラブ薄手のグラブを好む傾向があり、捕球時の手指血行障害を引き起こしやすいと考えられた。捕球のしやすい薄手のグラブは、結果として捕球による衝撃の反復ストレスによる手指血行障害を起こしていると考えられる。外野手は送球を捕球するという機会が少ないため手指血行障害の発生率は他のポジションに比べて低く、フライ捕球やゴロ捕球などによる衝撃は手指血行障害を起こすまでにはいたらないと考えられた。

手指血行障害の発生の多くは、選手の自覚的症状などから秋・冬などの低気温時に多く発生し、環境因子に左右されるといえる一方で、寒い地域にある高校が必ずしも血行障害発生率が高いとはいえず、環境因子以外の因子も関与していると考

えられた。

競技年数別にみた手指血行障害発生率ではポジションに関わらず、競技開始後4～7年で手指血行障害の発生率が顕著に増加しているが、その後競技年数を重ねても特にその発生率に変化はみられなかった。4～7年というこの時期に手指血行障害が著しく増加する原因として考えられるのは、個体の発育段階による成長期特有のものであるか、単なる競技年数によるものなのかは明確ではないが、両方の要因がからむと考えられる。

今回対象となった野球選手の平均競技開始年齢が8.58歳（最年少2歳、最年長15歳）であり、小学校低学年頃から野球をはじめの選手が多く、中学から高校にかけては練習量や専門的なポジション特有の練習が増えるなど練習環境が変化することが想定され、この時期が競技年数4～7年に相当すると思われる。練習量とともに捕球動作、特にグラブをはめたときの示指の扱いなどで、反復ストレスによる衝撃は変化するため、この年代にあたる野球指導者は手指血行障害に対する予防策や指導法などを検討することが重要であると考えられる。

大学生を対象とした喫煙に関する項目では喫煙群での手指血行障害発生率が非喫煙群に比べて有意な差がみられた。喫煙は末梢血液循環に影響を与え、手指血行障害の発生を助長させるため、行っていない習慣として、広く認知されているものである。本来はスポーツ選手が喫煙習慣をもつことはスポーツ道徳に反することであるが、現状ではスポーツ選手の喫煙習慣も黙視されている。喫煙によって末梢血液循環が悪くなり、そこに捕球による反復ストレスが繰り返されることで手指血行障害が増悪することが考えられる。

今回の調査において、喫煙習慣のある選手と喫煙習慣のない選手では手指血行障害の発生頻度に有意差がみられることから、改めて、喫煙は末梢血液循環に悪影響を及ぼすと考えられる。

Ⅶ. まとめ

- 1) 野球選手の手指血行障害について、アンケート調査をもとに検討したところ、25.1%の選手に手指血行障害と思われる自覚症状がみられた。
- 2) 手指血行障害の発生には競技年数、守備位置、気温、喫煙、使用グラブ、練習環境などが複合的に関与することが推察されるため、練習量の増加やポジション特性を考慮した練習を行うことが予想される競技開始後4～7年の選手を指導する者は手指血行障害に対する予防策や指導法などを検討することが重要であると考えられる。
- 3) 手指血行障害が競技パフォーマンスに影響を及ぼす実態を把握し、適切な予防策と障害に対する効果的な改善法の確立を検討することが望まれる。

Ⅷ. 要 約

本研究は野球選手の手指血行障害についての発生要因と症状について報告し、アンケート調査をもとにその実態を把握し、検討したものである。アンケート結果においては804名中202名(25.1%)の選手が手指血行障害を自覚していると回答し、捕球側示指への血行障害の発生率が最も高い結果となった。捕手や一塁手など捕球頻度の多いポジションの選手は特に血行障害の発生率が高く、

捕球衝撃の反復ストレスが手指血行障害を引き起こす一因と考えられる。またポジションに関わらず、野球競技開始後4～7年で手指血行障害の発生率が顕著に増加することから、この時期に衝撃による反復ストレスを回避もしくは軽減させるための練習方法の工夫や対策を取る必要があると考えられる。手指血行障害の発生には競技年数、守備位置、気温、喫煙、使用グラブ、練習環境などが複合的に関与することが推察される。

参考文献

- 1) Lowrey CW, Chadwick RO, Waltman EN: Digital vessel trauma from repetitive impact in baseball catchers. *J. Hand Surg.* 1: 236-238, 1976.
- 2) Sugawara M, Ogino T, Minami A, Seiichi I: Digital ischemia in baseball players. *Am. J. Sports. Med.* 14: 329-334, 1986.
- 3) 宮本俊和: スポーツ領域のサーモグラフィの応用. *Biomedical Thermology*, 21(2): 45-51, 2001.
- 4) Itoh Y, Wakano K, Takeda T, Murakami, T: Circulatory disturbances in the throwing hand of baseball pitchers. *Am. J. Sports. Med.* 15: 264-269, 1987.
- 5) 伊藤恵康, 久保井二郎, 鶴飼康二, 綾部敬生, 奥山訓子, 平野圭司: 投球による手および指の障害—その治療と予防—. *臨床スポーツ医学*18号2巻: 143-148, 2001.
- 6) 池田浩之: 野球選手の手指血行障害. *臨床スポーツ医学*5号8巻: 891-896, 1988.
- 7) 伊藤恵康: Lumbrical canal syndrome, *OS Now* スポーツ整形外科新装改訂版, 四肢スポーツ外傷の手術的治療. 林 浩一郎編, メジカルビュー社, 1996, 132-137.



大血管冷却による体温変化

中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 吉田早織 (体育学部非常勤講師)

筒井稔久 (医学部付属大磯病院リハビリテーション技術科)

金子雅明 (医学部付属大磯病院リハビリテーション技術科)

Change of the temperature by cooling a great vessel

Yutaka NAKAMURA, Saori YOSHIDA, Toshihisa TUTUI and Masaaki KANEKO



Abstract

Although lowering temperature by cooling the great vessel which runs a hypodermic shallow place is a method performed at the time of a heat disorder, since it is complicated, man's regulation mechanism of body temperature of whether temperature falls is not clear. Two healthy college students were made into the subject in this experiment. By cooling the great vessel which runs a hypodermic shallow place, it experimented in how much temperature is lowered. As an index of core temperature, the temperature of external acoustic meatus was measured and the temperature of the skin was measured as an index of a peripheral shell temperature.

The picture obtained from thermography was analyzed and a peripheral skin temperature was measured.

A measuring method stuffs ice into the ice back, and cools directly the neck to which a great vessel runs the portion shallow from the surface of the skin, axillar and inguinal region. Cooling time was made into 20 minutes by the longest. The position of a cooling part and a temperature measurement part set up eight conditions. It observed how much the neck would be cooled and core temperature and a peripheral shell temperature would change. It observed how much axillar portion would be cooled and core temperature and the skin temperature of the upper extremity would change. It observed how much inguinal portion would be cooled and core temperature and the skin temperature of lower limb would change. Temperature change when cooling the neck, axillar portion, and inguinal portion simultaneously was measured. Next, the subjective symptoms in these conditions were recorded.

The fall tendency was not looked at by the skin temperature of the limbs made into the peripheral index. and the temperature of external acoustic meatus made into the index of the core temperature. And as for such temperature, the upward tendency was felt a little. However, in the analysis of the skin temperature by thermography, the fall of temperature accepted by the tip from the cooling portion. And the extent accepted so notably that it goes to a tip. It is thought that this experiment may have become the factor from which a cooling act raises temperature since it is not not high temperature environment but the situation which carried out the temperature rise again, either. Moreover, a possibility of having become the factor to which cooling in a great vessel reduced blood temperature, and lowered temperature can be considered.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 107-113, 2006)

I. はじめに

人間は恒温動物であるから体温はほぼ一定に保たれ、高温環境では熱の放散がなされ、寒冷環境では熱の産生が行われ、この両者の熱のバランスが保たれて人間は一定体温を保っているのが通常である。近年ではこの熱の平衡が破綻し熱が体内にうつ熱する状態に至ったのが熱中症であることは広くスポーツ界に理解されることとなっている。

高温多湿環境で発生する熱中症はスポーツ現場で起こる死亡事例としていまだに重要性が高く、不慮の事故による死亡を除いてスポーツ現場で起こる死に至る問題としては突然死と並んで大きな問題である。

しかし実際に熱中症が発生した時のスポーツ現場の処置としては患者を日陰や風通しの良い環境へ移し、体を冷却することは行われているが、この具体的な方法は是非や有効性の目安は不明瞭な点が多い。

推奨される冷却方法として15℃程度の水と45℃程度の空気を一緒に噴霧したり、皮下の浅い部分の大血管を直接冷却する方法などが紹介されている¹⁾が、これらの方法で体温の低下がどの程度もたらされるかは不明瞭である。

本稿では健康人を対象とした大血管の冷却により皮膚温及び深部体温がどのように変化するかを検討した。

II. 研究方法

1. 対象

健康成人（大学生）2名で、内分泌疾患および発汗に特別に異常のない者とした。年齢は19～20歳の男性で、身長は164～170 cm、体重は62～65 kg で特にスポーツ歴はない者であった。

2. 方法

実験期間内の平均室温は約23℃、平均湿度58%の無風の室内環境での実験で、床にストレッチマットを敷き、その上に仰臥位になり体温測定を行った（図1）。皮膚測定は日本アビオニクス社赤外線サーモグラフィー TVS-200による温度解析にて測定し、さらに末梢皮膚の温度としてテルモ社製の定点皮膚温測定器（深部温モニターコアテンプ CNM-210）にて表面温度を測定し、深部温度として耳式体温測定器 M30（EM-30CPLB）にて外耳道部の温度測定を行った（図2）。

冷却方法はアイスバックにブロック氷を充填し、大血管が皮下の浅部を走行する頸部、腋窩部、単径部を直接冷却した（図3）。

測定時間は20分を原則とし、被験者の冷感限界をもって測定時間を設定した。経過は測定前と冷却開始後2分間隔で測定を行った。

測定条件は表1の如くに8条件を設定し測定を行った。冷却開始とともに冷却部の自覚症状を記

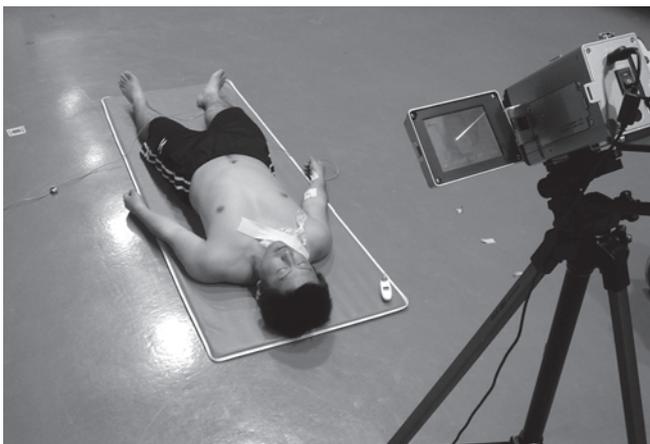


図1 サーモグラフィー撮影
Fig. 1 Thermography

大血管冷却による体温変化

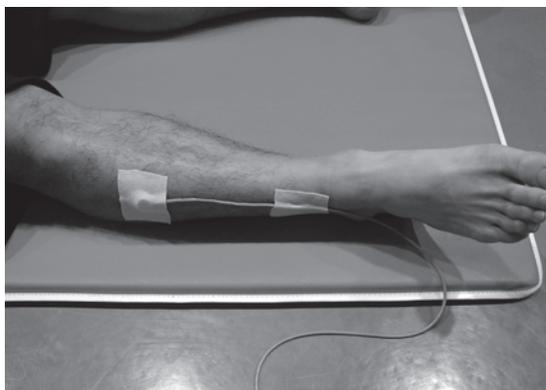


図2 体温測定器
Fig. 2 Instrument for measuring of body temperature



図3 冷却方法
Fig. 3 Cooling method

表1 測定条件
Table 1 Conditions of measurement

測定条件	冷却部位						皮膚温測定部位					耳温度	
	右頸部	左頸部	右腋窩	左腋窩	右前脛部	左前脛部	右前腕	左前腕	右下腿	左下腿	前胸部	右耳	左耳
1)	●						●						●
2)	●						●					●	
3)			●				●					●	
4)				●			●					●	
5)					●				●			●	
6)						●			●			●	
7)			●	●	●	●					●	●	
8)	●	●	●	●	●	●					●	●	

●：実行条件

載し、頸部冷却の場合は冷却側と同側の外耳道温度（深部体温）と反体側の測定との2条件を設定し測定を行った。腋窩部の測定では冷却側と同側の前腕皮膚温度と反体側の前腕皮膚の温度の2条件で測定し、深部体温として右側の外耳道温度を測定した。単径部冷却でも同様に冷却側と同側の下腿前面と反体側との皮膚温度の測定し、深部体温として右側の外耳道温度を測定した。さらに両側単径部および両側腋窩部の同時冷却による前胸部の皮膚温度変化と外耳道温度を測定し、最後に両側頸部、腋窩部、単径部の同時冷却を被験者の冷感限界内で行い、前胸部皮膚温度と外耳道温度を測定した。

3. 観察項目

以下の点に着目して冷却経過における外耳道温度、皮膚温度、サーモ画像分析から得られた温度計測値を用いて体温変化を検討した。

- ①頸動脈部冷却による外耳道温度および顔面皮膚温度の変化
- ②腋窩部冷却による深部体温変化と上肢皮膚温度の変化
- ③単径部冷却による深部体温変化と下肢皮膚温度の変化
- ④頸部・腋窩部・単径部同時冷却による深部体温変化と体幹皮膚温度の変化
- ⑤各冷却条件下における自覚症状

Ⅲ. 研究結果

頸動脈部の冷却による体温変化は20分の経過で深部体温の外耳道温度や前腕部での温度測定では大きな変化は見られず、外耳道温度は 36.5 ± 3 ℃内を推移し、前腕皮膚温度は冷却側においても反対側の皮膚温度においても差が見られず、 32.7 ± 3 ℃で推移したがいずれも冷却前の皮膚温度から若干の温度上昇傾向が感じられた。サーモグラフィからの解析温度では特に顔面皮膚温度に低下は認めなかった。

腋窩部冷却による深部体温変化と上肢皮膚温度の変化では深部体温の指標とした外耳道温度の数値には変化が見られず低下傾向は示されなかった。冷却側の上肢皮膚温度は前腕にてモニターされたが、数値上は変化が少なく 31.8 ± 2 ℃で推移した。しかし8分経過頃より第4、5指にシビレ感を覚え、終了の20分経過頃では手全体のシビレ感を訴えていた。サーモグラフィからの定点温度解析では $1.0 \sim 1.7$ ℃の皮膚温低下を示していた（図4）。

図5に示されているように単径部冷却による深部体温変化と下肢皮膚温度の変化では上肢の場合と同様に深部体温の指標とした外耳道温度には大きな変動が見られず、また下腿前面に貼り付けた皮膚温度測定の数値には大きな変化はなく、むしろ若干の上昇傾向をも示した。しかしサーモグラフィからの温度解析では低下傾向を示し、足部や足趾では10分経過頃より低下が著明となり、表2が示すように踵部 1.41 ℃の低下で低下率は5.79%で下肢全体の定点解析では第2位の低下率となった。自覚的症状は8分経過頃より足趾にシビレを覚え、20分経過頃には足全体に動かしづらさを訴えていた。

頸部・腋窩部・単径部同時冷却による深部体温変化と体幹皮膚温度の変化では深部体温としての外耳道温度にはほとんど変化が見られず、むしろ冷却以前より体温が上昇している経過を示した。前胸部の皮膚温に低下傾向はなく、冷却前より $0.7 \sim 1.0$ ℃上昇した値で推移した。自覚症状は冷感が強く冷却直後の2～4分後より四肢のシビレ感が出現し、6分頃では足趾全体のシビレ感となり10分以降は四肢末端から腕全体のシビレ感や指・足趾を自動運動させる行為が頻回となり16分で冷却の許容限度となった。

Ⅳ. 考 察

皮下の浅い部分を走行する大血管をアイスバックにて直接冷却することによる体温変化をみる今回の実験では温度計の測定数値からは体温低下を

確認することはできなかった。深部体温の指標とした外耳道温度と、末梢の体温指標としての定点皮膚温度の変化に関しては温度の低下傾向はなく、設定した各条件下でほとんど温度変動が見られないかむしろ若干の上昇傾向を示した。しかしながらサーモグラフィ画像による赤外線皮膚温度解析では冷却部位の末梢部分に相当する四肢には温度の低下が見られ、その傾向は末梢になればな

るほど顕著に見られた。

人間における体温調節システムにはさまざまな機構が存在する。今回の研究では著熱環境下でもなくまた寒冷環境下でもない平均室温23℃程度で湿度約58%の室内環境での体温測定であるために熱中症が発生する高温多湿環境とは異なるために体温調節機構の関わり方も熱中症が発生する時の体温調節反応とは異なると考えられる。

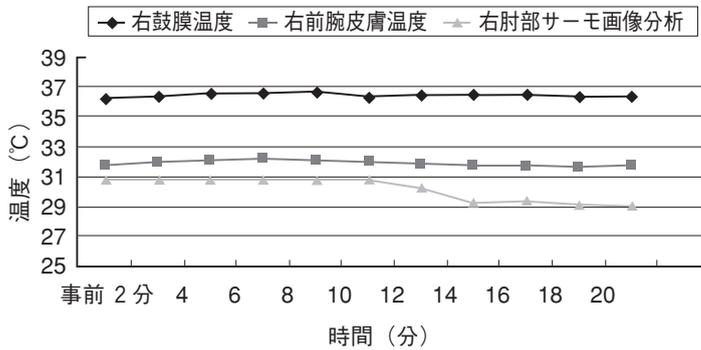


図4 腋窩部冷却時体温変化
Fig. 4 Change of temperature at the time of cooling by axillar portion

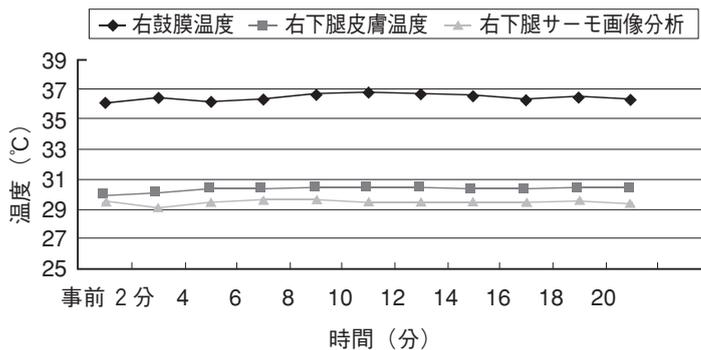


図5 単径部冷却時の体温変化
Fig. 5 Change of temperature at the time of cooling by inguinal portion

表2 サーマグラフィ画像解析による体温変化
Table 2 Change of temperature by analysis of thermography picture

	事前	16分後	低下温度	低下率 (%)
膝部	29.48	29.4	0.08	0.27%
下腿部	29.61	29.47	0.14	0.47%
足関節部	26.86	26.05	0.81	3.02%
踵部	24.36	22.95	1.41	5.79%
足趾部	22.8	20.25	2.53	11.10%

熱中症が現場で発生した際に行われる冷却方法として皮下の浅いところを走行する大血管を冷却する方法が推奨されているが、今回の実験結果からは数値として体温低下を認めることはなく、むしろアイスパックが皮膚に当てられたための低温刺激がフィードフォワード (feed forward) として体温調節システムに機能したことも考えられる²⁾。このことは冷却前の皮膚温度に対し深部体温の指標とした外耳道の温度がわずかに上昇傾向を示し、その後低下傾向を示したことでフィードフォワード (feed forward) として皮膚の感覚受容器が機能し体温調節システムに関与したためとも考えられるが、今後さらに症例を重ね詳細に検討する余地があると考えられた³⁾。

今回の研究から皮下の浅いところを走行する大血管を冷却する方法の妥当性に関してはフィードフォワード (feed forward) として機能したことも妥当性はあると思われるが、主にサーモグラフィーの画像分析からその方法の有効性が判断された。サーモグラフィー画像解析による温度測定では明らかに冷却部の末梢に行く程に皮膚温の低下が見られ、非冷却側との比較でも指尖や足趾では程度が著しく、また自覚症状でもシビレ感覚の出現や、足趾を動かす行為が見られたことなどから判断できると思われる (図6)。足趾を動かす行為は一つの行動性の体温調節とも考えられ、求

心性の冷刺激が中枢に作用しているためと考えられる。

熱中症などの高温多湿環境下で起こる体温調節と今回の実験条件は被験者の身体状況と周囲環境が異なるため同等に有効性を検討することは困難であるが、皮下の浅いところを走行する大血管を冷却する方法は冷却部より末梢の皮膚温度を下げる効果は明らかであると考えられた。

V. まとめ

- 1) 健康成人2名を対象として、皮下の浅い部分を走行する大血管を冷却することにより皮膚温度及び深部体温がどのように変化するかを検討した。
- 2) 深部体温の指標とした外耳道の温度と体表面の皮膚温度の変化は温度計の測定数値からみて体温低下を確認することはできなかった。
- 3) 皮下の浅いところを走行する大血管を冷却する方法による体温低下作用への有効性はサーモグラフィーの画像解析から判断され、その程度は末梢になるに従い顕著になると考えられた。
- 4) 今回の研究環境は高温多湿環境下でもなくまた寒冷環境下でもなく、被験者の身体状況も

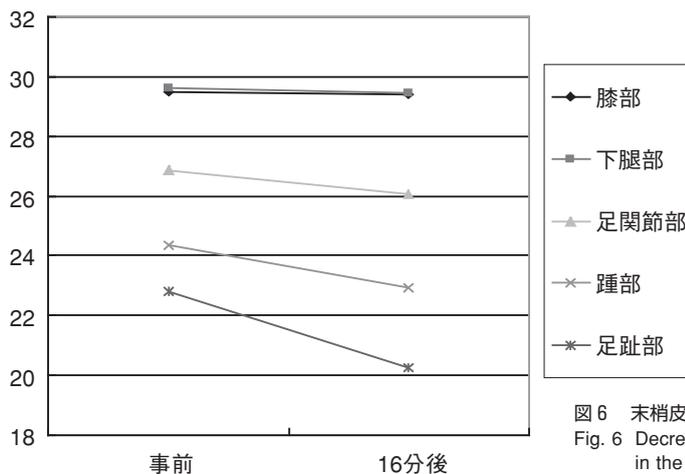


図6 末梢皮膚温度の低下率

Fig. 6 Decreasing rate of the skin temperature in the peripheral portion of the limbs

健常者であるため体温調節機構の関わり方も熱中症が発生する時の体温調節反応とは異なるものと考えられた。

参考文献

- 1) Khogali, M.: Management and therapy regimen during cooling and in the recovery room at different heat stroke treatment centers, in Heat strokes and temperature regulation, Academic Press, 171, 1983.
- 2) 平田耕造, 井上芳光, 近藤徳彦: 体温, 有限会社ナップ, 2002, 6-16.
- 3) Richards D, Schofield PJ, Ross V, Sutton JR: Management of heat exhaustion in Sydney's the Sun City-to-Surf fun runners. Med. J. Australia 2: 457-461, 1979.
- 4) 川原 貴: 夏のスポーツ事故と応急処置 熱中症, 臨床スポーツ医学, Vol.3, No6, 585-588, 1986.
- 5) 彼末一之, 中島敏博: 脳と体温, In: 大村 裕, 中川八郎編, 著熱・寒冷環境との戦い, ブレインサイエンスシリーズ23, 共立出版, 2000.



運動中の脳波計測手法の開発

曲谷一成 (電子情報学部電気電子工学科) 田中絢也 (電子情報学部電気電子工学科)
穂坂直也 (電子情報学部電気電子工学科) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

A development of the EEG measurement method under exercising

Kazunari MAGATANI, Junya TANAKA, Naoya HOSAKA and Tamotsu TERAO



Abstract

Our objective of this research is a development of the method that can detect Electroencephalograph (EEG) of an athlete under exercising. If EEG under exercising can be measured, we can assess the mental condition of the athlete. However, it is said that if a subject moves his/her body, EEG of subject cannot be measured without artifact. Because, signal level of EEG is very small, and body movements cause the electric noise between a skin and an electrode. Therefore, usually, EEG is measured in the shield room, and a subject is required rest in bed while measurement.

In this paper, we will discuss about our new measuring method that can detect EEG under exercising by using Independent Component Analysis (ICA). In our method, true EEG that is included in measured EEG is estimated and extracted by ICA. Five normal subjects under exercising were tested with our method, and in all cases EEG without artifact was able to be measured. So, we think our new method will be useful for the research of mental condition of the athlete.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 89-95, 2006)

I. はじめに

一般に脳波、筋電図等の生体から発生する電気信号を記録する場合、シールドルームのように電磁雑音を遮蔽した空間において行うことが多い。これは、多くの生体信号が非常に微弱であり、外来雑音の影響を受け易いことによる¹⁾。記録する信号の帯域をある程度制限し、商用電力からのハム雑音をハムフィルタによりカットし、雑音の混入を極力避ける手法をとれば、電磁遮蔽せずにこれらの信号を記録することは可能である。

しかしながら、被験者が動いている際の生体信号の記録は一般には不可能であると言われている。

これは、上記の電磁雑音以外に、電極が体動に伴い振動することにより、雑音が混入することを防げないからである。特殊な用途を除いて生体信号の導出には皮膚表面に貼付するいわゆる表面電極が用いられる。多くの場合、この表面電極としては銀-塩化銀 (Ag-AgCl) 電極が用いられるが、皮膚表面とのコンタクトを良好に保つために、皮膚はエタノールにより脱脂され、その上に導電性ペーストを塗布して電極を貼付する。このように電極を装着した場合、皮膚表面と電極面の間には少なからぬ分極電圧 (数10 mV から数100 mV) が発生する²⁾。この分極電圧は被験者が安静にしている場合には、ペーストの乾き具合等によりある程度ドリフトするものの、ほぼ一定の値をとる。

しかしながら被験者の体が動いた場合、それに伴い電極が振動し、電極—ペースト間の間隔が変動することになる。この変動は分極電圧の変化を引き起こすため、体動による電極の振動に同期して分極電圧も振動的に変化することになる。

この体動に伴う分極電圧の変化は脳波のような微弱な信号（数10 μV から数100 μV ）に対して著しく大きい（数10 mV から数100 mV）ため、測定した場合には信号対雑音比は劣悪なものとなる。この体動に伴って発生する雑音は周波数的に見ると低周波成分（数10 Hz 以下程度）が殆どで、多くの場合測定したい生体信号と周波数帯域が重複する。従って単純な周波数帯域を制限するフィルタで、雑音を排除しようとするれば、測定したい生体信号までも排除してしまうことになる。このような理由から、脳波のように信号が微弱な生体信号を運動時に測定することは困難であると言われている。

一方、脳波は脳のマクロな活動状態を表す指標の一つである。ミクロな脳の活動状態を評価するには適していないが、脳波は電極の貼付位置の直下を中心として広がる比較的広範囲な部分の脳の活動状態を電気信号として記録することができる。測定手法が比較的簡易であることから、古くから脳研究に用いられており、精神状態と脳波の持つ周波数スペクトルとの関係がある程度解明されている。このため、運動中の脳波を記録することが可能であるならば、運動している被験者の精神状態をある程度把握することが可能となり、スポーツ選手の練習における有力な評価指標の一つとなる可能性がある。

我々はこのような理由から、運動する被験者の脳波を雑音を除去して記録する手法の開発を試みている^{3,4)}。上述のような状態で導出される、雑音の混入した脳波では、主たる雑音成分だけが計測できるならば、非線形デジタルフィルタを構成して雑音の除去ができる可能性がある。ここでは、加速度センサを被験者の頭部に装着し、運動時に現れる体動を原因とした頭部の加速度を、脳波と同時に計測した。この雑音の混入した脳波と、雑音の主たる成分である頭部の加速度とを用い、独立成分分析（ICA：Independent Component Analysis）を適用して雑音成分の除去を試み良好な結果を得た。以下ではこの運動時の脳波を測定するための我々のシステムについて述べる。

II. システム構成

1. ハードウェア

図1に本システムのブロック図を示す。図より分かる通り、システムは脳波の測定系と頭部の加速度の測定系の二つの測定系を持つ。脳波は耳介をコモン、頭頂部を+、前額正中部を-とする双極誘導により導出され、およそ10000倍の増幅、ハムフィルタによる商用電力からの雑音のカット、および40 Hz 以上の帯域制限を行った後14 bit 分解能のA/D 変換機（マイクロサイエンス社製 ADM681PCI）によりデジタル化されパーソナルコンピュータに入力される。一方被験者頭部の加速度を検出するため頭部に固定された加速度センサ（スター精密社製 ACB302）の出力は増幅器

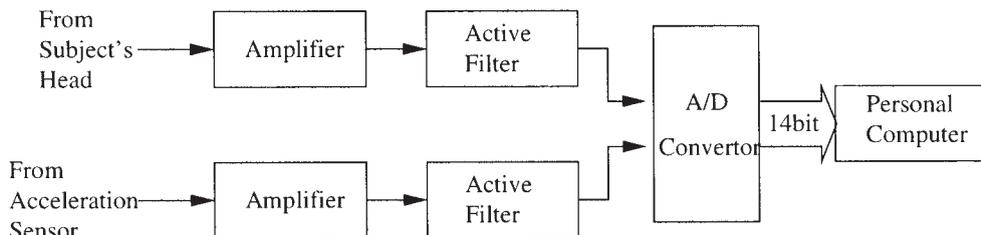


図1 システムのブロック図
Fig. 1 A block diagram of our system

により10倍され、フィルタにより0.1~100 Hzに帯域制限された後、脳波と同じく14bitでデジタル化されパーソナルコンピュータに入力される。パーソナルコンピュータ内では、加速度センサの出力を元に脳波からの雑音の除去を行っている。

2. ソフトウェア

前述の通り、運動時に計測した脳波に混入する雑音は、多くの場合、その帯域が脳波と重複するため、アナログ回路による帯域制限フィルタにより雑音だけを取り除くことは不可能である。また、脳波に混入する雑音の主たる成分は、体動により頭部に取り付けられた電極が振動することによる、分極電圧の変動であると考えられる。従って本システムでは被験者の頭部に取り付けられ

た加速度センサ出力を利用し、パーソナルコンピュータにより脳波に混入した雑音成分を推定し、計測された脳波に混入している雑音の除去を行う。この作業は独立成分分析 (ICA: Independent Component Analysis)^{5, 6)}により行う。

図2は被験者をトレッドミル上で走行させ、その際に記録した脳波の一例である。周期的に現れる大きな変動は脳波ではなく、被験者がトレッドミル上を走るときに生じる体動が分極電圧の変化となって現れたものである。この大きな変動の上に重畳している小さな振動が脳波成分である。また、これと同時に被験者の頭部に装着した加速度センサから記録した垂直加速度波形を図3に示す。図2、3より明らかなように、脳波に混入する雑音成分と頭部の加速度は非常に似た波形を示

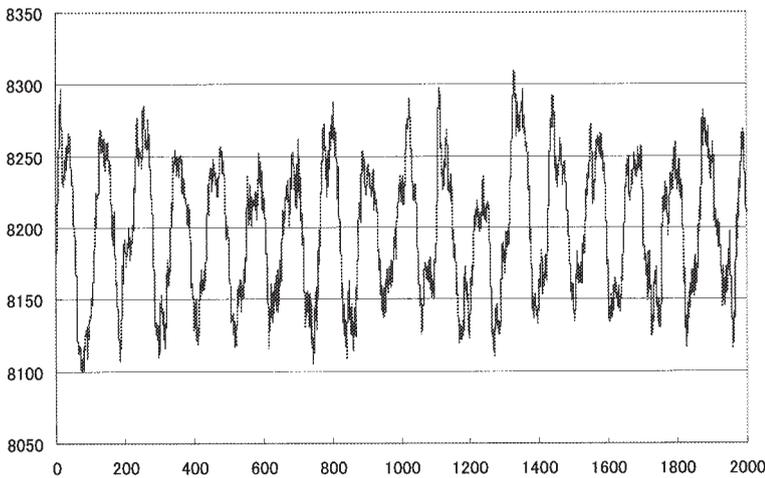


図2 雑音を含んだ脳波
Fig. 2 EEG data with noises

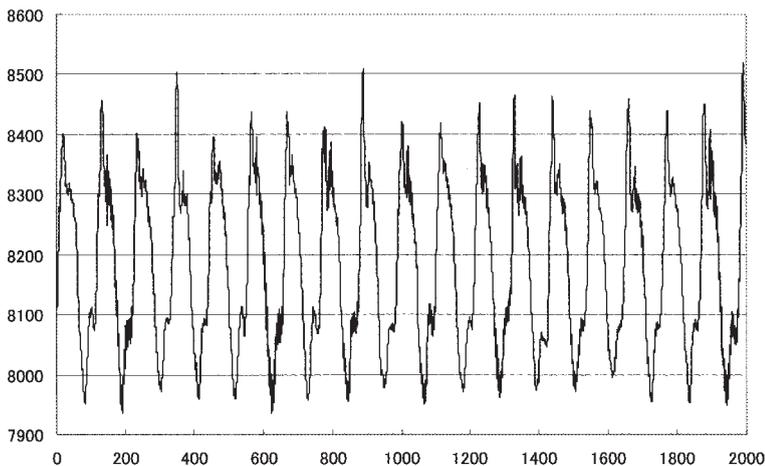


図3 被験者の頭部に装着した加速度センサの出力
Fig. 3 Output of an acceleration sensor that is set on subject's head

す。実際にこの二つの波形の時間軸を合わせ相関係数を求めると0.83程度となり高い相関を示す。

ここでは、脳波に混入する主たる雑音成分は体動の加速度に起因する分極電圧変動であると仮定し、脳波を $s_1(t)$ 、加速度を $s_2(t)$ とする。すなわち信号源ベクトルを

$$S(t) = (s_1(t), s_2(t)) \quad (1)$$

とし、ある線形作用素を A とすれば、我々が計測する雑音の混入した脳波 $x_1(t)$ 、および加速度センサ出力 $x_2(t)$ はやはりこれらのベクトル表記

$$X(t) = (x_1(t), x_2(t)) \quad (2)$$

を用いて

$$X(t) = AS(t) \quad (3)$$

と書くことができる。実際の計測においては電極

に塗布した導電性ペーストの経時変化等により A は時間とともに変動すると考えられるが、ここでは簡単のため A は時不変であるとした。我々が求めたい物は(1)に示される $S(t)$ であるが、このためには A^{-1} が求められれば良い。しかしながら、計測により得られるものは $X(t)$ だけであり、我々は原信号 $S(t)$ および作用素 A に関する情報を得ることはできない。そこで、原信号に対して脳波と雑音は独立であると仮定し、計測された信号 $X(t)$ を用いて、ある線形作用素 W により

$$S'(t) = WX(t) \quad (4)$$

で決定される $S(t)$ の復元信号 $S'(t)$ の各成分が、互いに独立になるように W を定めることにする。ここで $W = A^{-1}$ が成立すれば $S'(t)$ は原信号の正確な復元になるが、実際には原信号のエネルギー等に関する情報がないため、復元信号は原信号のあ

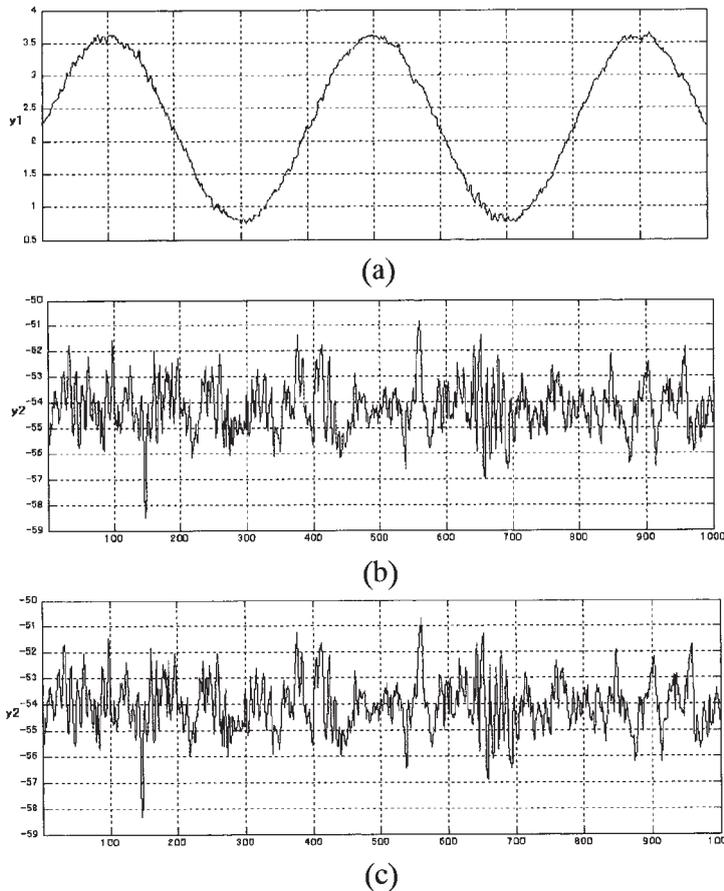


図4 ICAのシミュレーション結果
Fig. 4 Results of ICA simulation

る定数倍の大きさとなる。

本システムにおいては、これらの独立成分分析の計算は MATLAB 上に実装された Thin-ICA アルゴリズムを用いて行っている。図 4 に本システムを用いて行ったシミュレーションの結果を示す。同図 (a) は振幅の大きな正弦波に安静時に測定した脳波 (b) を重畳して作った波形であり、(c) は独立成分分析の結果である。これより信号が良好に分離されている様子が確認できる。

Ⅲ. 実 験

本システムの有効性を確認するため、20代の健康成人 5 名を被験者とした実験を行った。電極の装着は、導電性ペーストを塗布した Ag-AgCl 電極を、エタノールにより脱脂した耳介、頭頂部、前額正中部に圧着し、その上からサージカルテープで固定することにより行った。また、加速度センサは、増幅器とともに小型のアルミ製ケースに入れ、これを被験者の右側頭部にバンダナで固定

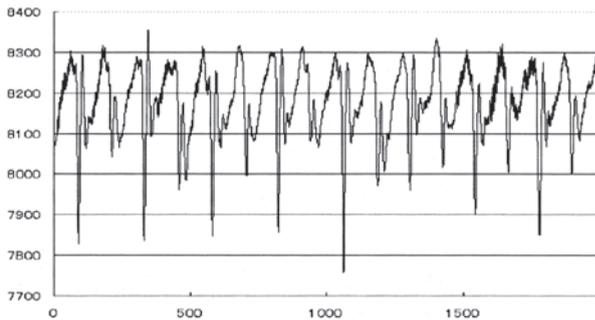
した。電極および加速度センサを装着した被験者は、トレッドミル上で 8 km/h の速さでジョギングを行い、このときの脳波と加速度を同時に記録した。この様子を図 5 に示す。

Ⅳ. 結 果

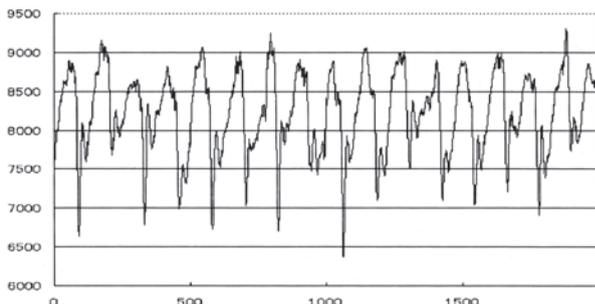
測定を行った脳波と加速度は、全ての被験者に対して相関係数が 0.8 以上となり、高い相関を示した。図 6 (a) に測定した雑音を含む脳波、(b)



図 5 実験中の被験者
Fig. 5 A subject under experiment



(a)



(b)

図 6 測定された脳波と加速度センサ出力

Fig. 6 A measured EEG data and an output of acceleration sensor

に加速度の一例を示す。これらの信号に対し、独立成分分析を適用した結果を図7 (a) および (b) に示す。(a)、(b) はそれぞれ計測された脳波信号から分離された脳波および加速度の成分である。

分離された信号の妥当性を確認するため、加速度センサ出力、分離された脳波成分および加速度成分に対しフーリエ変換を行いそのパワースペクトルを求めた。この結果を図8に示す。図8 (a) は加速度センサ出力、(b) は分離された脳波成分、(c) は分離された加速度成分のパワースペクトルである。明らかに (a) および (c) は同じ周波数にピークを持ち、(c) は分離された加速度成分であることが確認できる。また (b) では一般に脳波が持つと言われる帯域に、そのスペクトルが分布していることが観測され、これは運動時の脳波成分であると考えられる。

V. おわりに

我々の開発した運動時における脳波の計測システムについて述べた。このシステムは脳波に混入する雑音を独立成分分析により取り除こうというものであり、脳波に混入する雑音が、被験者の頭部の加速度と強い相関を持つこと、雑音と脳波は独立であることを仮定している。被験者5名により、トレッドミル上を走行した状態の脳波と頭部加速度を計測し、脳波と雑音の分離を試みたところ、ほぼ意図した通りの分離を行うことができた。

しかしながら、運動時の脳波に混入する雑音の主たる成分が、頭部の加速度に比例するという仮定がどの程度正しいかは明らかではない。加速度と運動時脳波が強い相関を示すことから、今回はこの仮定を用いたが、他にも雑音となりうる要素（例えば、心電図や運動時に発生する筋電図等）について今後検討してゆく必要がある。例えば、自転車エルゴメータのように頭部の振動が少ない

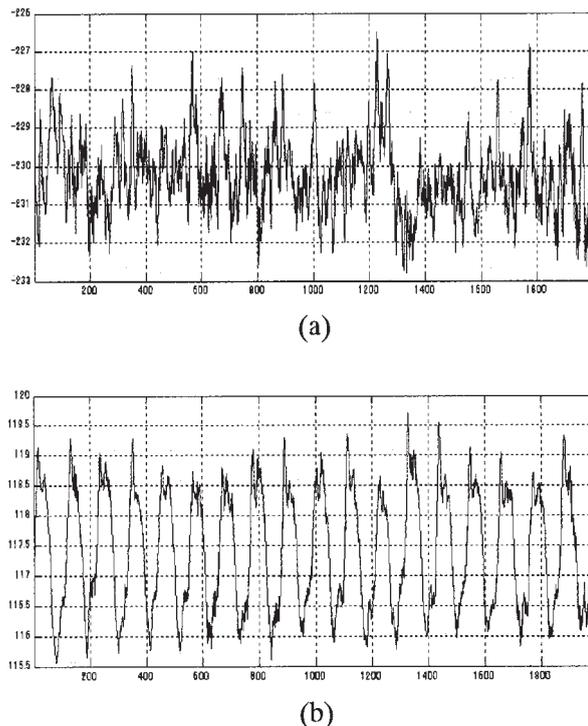


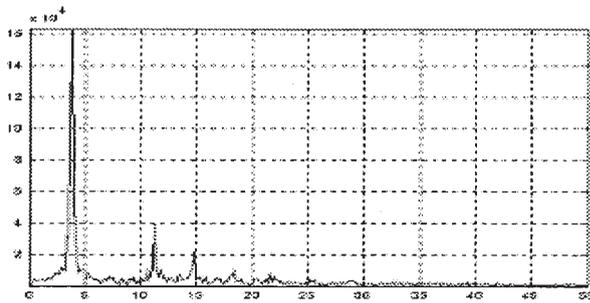
図7 抽出された脳波および加速度信号
Fig. 7 An extracted result of EEG and acceleration

運動器具を用いて脳波、筋電図、等の同時計測を行い、その波形に混入する雑音の成分を解析してゆく必要があると考えている。

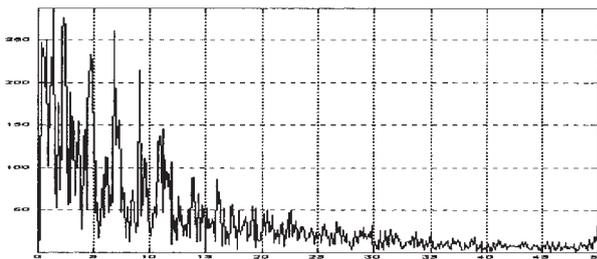
また、独立成分分析で得られる復元波形では、前述の通り、振幅の絶対値を決定することができない。これは独立成分分析の欠点であるが、脳波自体はその解析手法として、周波数空間におけるスペクトル分布を評価するものが多く、それほど問題にならないと考えている。いずれにしても、従来は測定不能とされていた運動時の脳波を測定、評価する可能性が見出せたわけであり、分離された脳波が真の脳波であることの妥当性は今後検証してゆく必要があるものの、本手法およびその拡張は運動時の被験者の脳波を計測し精神状態を評価する上で、ある程度の役割を果たすことができるのではないかと考えている。

参考文献

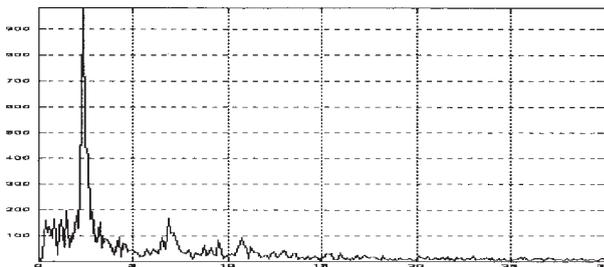
- 1) 大熊輝雄：“臨床脳波学”，第2版，医学書院，1980，18-23.
- 2) 木村雄治：“医用工学入門”，初版，コロナ社，2004，8-9.
- 3) 穂坂直也，木村光宏，田中絢也，坂倉健一，澤路寛之，曲谷一成：“運動中の脳波計測手法の開発”，生体医工学，第43巻特別号，429，2005.
- 4) Tanaka, J., Kimura, M., Hosaka, N., Sawaji, H., Sakakura, K., Magatani, K.: “Development of the EEG measurement technique under exercising”, Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE-EMBS, 912, 2005.
- 5) 甘利俊一：“独立成分解析”，Computer Today, No.88, 38-43, 1998.
- 6) 池田思朗：“独立成分解析とは”，Computer Today, No.96, 60-65, 2000.



(a)



(b)



(c)

図8 測定データおよび抽出データの
パワースペクトル
Fig. 8 Power spectrum of measured
and extracted signal

スポーツ医科学研究所要覧

1. 研究機関名

和文名：東海大学スポーツ医科学研究所

英文名：Research Institute of Sport Medical Science,
The Tokai University

2. 所在地

東海大学湘南校舎

3. 設置年月日

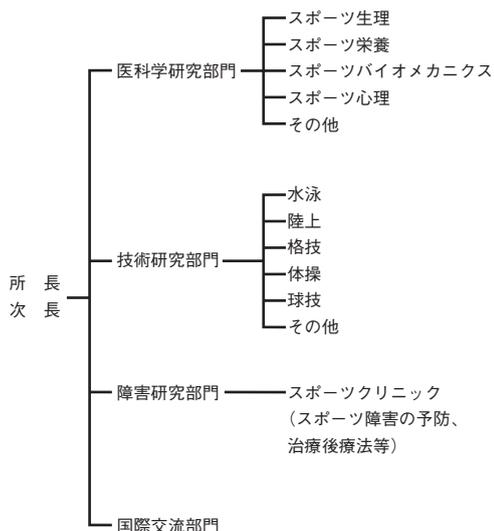
昭和62年10月1日

4. 設置目的

本研究所の設置の目的は、スポーツ・運動および、それに関連する健康の維持向上等に関する基礎的、応用的研究を行うとともに、競技力の向上、スポーツ障害の予防、対策等の新手法、新技術の開発とその応用の具体化、発展を期するところにある。

このために総合大学としての特性を生かし、学際的知識を結集、総合的視野の上立った研究を推進する。

5. 研究所組織



東海大学スポーツ医科学研究所規程

1987年10月1日 制定

2004年4月1日 改訂

第1章 総則

(定義)

第1条 この規程は、東海大学研究所規程第3条に基づき、東海大学（以下「本学」という。）付置研究所である、スポーツ医科学研究所（以下「本研究so」という。）の適正な運営と組織について定めるものとする。

(目的)

第2条 本研究所は、本学の総合大学としての特性を活かし、研究活動は広く学際的な視点からスポーツの実践と科学を融合させることを重要な基盤とし、スポーツにおける心身の効果的な育成と競技力向上のための基礎的・応用的研究及び、スポーツ障害の予防・治療技術の開発等、実践的研究を中心に推進する。また、その研究による成果は、単に本学の発展のみに留まらず、広く社会に還元し、人類の福祉と繁栄に貢献していくことを目的とする。

(事業)

第3条 本研究所は、前条の目的を達成するために次の事業を行う。

- (1)調査及び研究
- (2)調査及び研究の結果の発表
- (3)研究資料の収集、整理及び保管
- (4)研究会、講演会及び講習会等の開催
- (5)調査、研究の受託または指導
- (6)大学院レベルの学外機関研究者・研修員の教育及び研究指導
- (7)外部研究資金によるプロジェクト研究チームの公募及び支援
- (8)プロジェクト研究の支援
- (9)学内スポーツ振興のためのスポーツ医科学にかかわる支援

(10)地域住民を対象としたスポーツ医科学にかかわる支援

(11)その他、本研究の目的を達成するために必要な事項

(調査研究)

第4条 本研究所における調査研究の分野を次のとおり定める。

(1)医科学研究分野

運動の効用、健康の維持と向上、運動生理学、栄養学、メディカルチェックと運動処方、その他

(2)技術・体力研究分野

バイオメカニクス、心理学、運動技術の向上と指導法、トレーニング方法、その他

(3)障害研究分野

スポーツ・運動障害の予防、治療、競技復帰の指導、理学及び作業療法、その他

(4)その他の分野

国際交流及び各分野を統合した学際的研究、生涯スポーツの実施と指導、スポーツ競技に関する器具、機械、施設等の開発とその安全性、その他

(位置)

第5条 本研究所は、本学湘南校舎内に置く。

第2章 組織

(所長・次長)

第6条 本研究所の所長に関しては、本学研究所規程第4条によるものとする。

第7条 本研究所の次長に関しては、本学研究所規程第5条によるものとする。

第8条 本研究所の事業経過及び事業計画に関しては、本学研究所規程第6条によるものとする。

(研究所員)

第9条 本研究所の研究所員に関しては、本学研究所規程第8条によるものとする。

(研究員)

第10条 本研究所の研究員に関しては、本学研究所規程第9条によるものとする。

(嘱託)

第11条 本研究所の嘱託に関しては、本学研究所規程第10条によるものとする。

(職員)

第12条 本研究所の事務職員に関しては、本学研究所規程第11条によるものとする。

(審査委員会)

第13条 本研究所に所員の研究活動、教育活動、学内活動、社会的活動等を多面的に評価審査することを目的として審査委員会を置くことができる。

2 審査委員会の委員は、学内外の学識経験者・有職者から構成するものとし、学長の承認を得て委託する。

3 審査委員会の規程については、別にこれを定める。

(プロジェクト研究チーム)

第14条 本研究所のプロジェクト研究チームを構成するものとする。チームメンバーは公募により選出し、審査委員会で審査を行い学長の議を経て選定されるものとする。

第3章 運営

(研究所員会議)

第15条 本研究所の研究所員会議に関しては、本学研究所規定第12条・第13条によるものとする。

2 ただし、本研究所の研究所員会議は、本学研究所規程第13条第2項により次の事項について審査する。

(1)人事に関する事項

(2)研究生及び研修員に関する事項

第4章 経理

(会計)

第16条 本研究所の経理に関しては、本学研究所規程第14条によるものとする。

第17条 本研究所の会計年度に関しては、本学研究所規程第15条によるものとする。

(外部研究費)

第18条 本研究所の外部研究費の受け入れに関しては、本学研究所規程第16条によるものとする。

(予算)

第19条 本研究所の予算に関しては、本学研究所規程第17条によるものとする。

(決算)

第20条 本研究所の決算に関しては、本学研究所規程第18条によるものとする。

第5章 知的財産

第21条 本研究所の事業において発生した知的財産に関しては、本学研究所規程第19条によるものとする。

第6章 補足

第22条 この規程を改訂又は変更する場合には、研究所所員会議、本学研究所運営委員会の議を経て学長の承認を得るものとする。

付則

この規程は、昭和63年4月1日から施行する。

付則（2004年4月1日）

この規程は、2004年4月1日から施行する。

「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規程

2004年4月1日

I. 和文規程

1. 本誌に寄稿できるのは原則として東海大学スポーツ医科学研究所所員及び研究員に限る。ただし編集委員会が必要と認めた場合には、所員以外でも寄稿できる。
2. 寄稿内容は、スポーツ医科学の研究領域における総説、原著論文、研究資料、書評、内外の研究動向、研究上の問題提起など、その他とし、完結したものに限る。
3. 原稿の取捨および掲載の時期は、本誌編集委員会において決定する。
4. 本誌に掲載された原稿は、原則として返却しない。
5. 原稿は原則としてワードプロセッサを用いA4版横書き、25字30行としフロッピーを添えて提出とする。外国語、外国固有名詞、化学物質名などは原語。外来語、動植物名などはカタカナ、

数詞は算用数字を使用する。単位及び単位記号は国際単位系、メートル法を基準とする。項目わけは、……Ⅰ、……Ⅱ、……1、2、……1)、2)、……(1)、(2)、……a)、b) ……(a)、(b)、とする。

6. 総説、原著論文、研究資料の原稿は、原則として1篇につき、図表、抄録等を含めて刷り上がり10ページ以内、書評、内外研究動向、研究上の問題提起の場合は、刷り上がり1ページ以内とする。このページ数を超過した場合、あるいは、特別な印刷を要した場合には、その実費を寄稿者が負担する。
7. 図表は8枚以内とし、そのまま印刷できるような鮮明なものとする。写真は白黒・カラーとわなないが、仕上がりは白黒のみとする。(但し、仕上がりカラーを希望する場合及び特別な費用を要した場合は寄稿者の負担とする。)
8. 図や表には、それぞれに必ず通し番号と、タイトル(表の場合、上方に、図の場合、下方に、和文を上として、和欧両文で記入)をつけ、1枚ずつ台紙か原稿用紙に貼り、本文とは別の番号順に一括する。図表の挿入箇所は、本文原稿の欄外に、赤インクでそれぞれの番号によって指示する。
9. 引用・参考文献は、原則として、本文の最後に引用順に一括し、雑誌の場合には、著者・題目・雑誌名・巻号・ページ・西暦年号の順とし、単行本の場合には、著者・書名・版数・発行所・西暦年号・ページの順に記載する。著者連名の場合は、省略しないで氏名を全部掲げて下さい。なお、引用及び注記は本文中文献引用箇所の右肩に、1)、2)のごとく、引用文献数字を挿入する。
10. 総説、原著論文、研究資料の原稿には、必ず別紙として、欧文規程5. a). b). c) に従った欧文(原則として英語)による300語以内の抄録を添える。なお、同時に欧文抄録の和訳文を添付することを原則とする。
11. 掲載論文の別刷りを希望するときは、その必要部数を、あらかじめ編集委員会に申し込み、原稿第1ページに「別刷り何部」と朱書する。なお、50部を越える別刷りの費用は寄稿者負担とする。

12. 寄稿論文は下記に送付する。

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117

「東海大学スポーツ医科学研究所」編集委員会

II. 欧文規程

1. 2. 3. 4. は、和文規程に同じ

5. a) 原稿は、欧文（原則として英語）とし、A4版の不透明なタイプ用紙（レターヘッド等のあるものを除く）に、通常の字体を使い、ダブルスペースでタイプ書きにするが、写真図版にある文字についてはこの限りではない。また、図表説明のスペースはシングルとする。

b) 用紙の上端、下端および左端は約3センチ、右端は約2.5センチの余白を置き、ほぼ27行にわたって書く。ページ番号は下端余白中央に書く。

c) 欧文による題目の下に著者名（ローマ字）、更に著者名の下に所属する機関名を正式英語名称に従って書く。

6. 原稿は原則として1篇につき、図表抄録を含めて刷り上がり10ページ以内とするが（刷り上がり1ページは、おおよそ600語である）、ただし、このページ数を超過した場合、あるいは特別な印刷を要した場合には、その実費を寄稿者が負担する。

7. 8. 9. は、和文規程に同じ。

10. 原稿には、必ず別紙として、和文による題目・著者名・所属機関および抄録（600字以内）を添える。

11. 12. は、和文規程に同じ。

附則 この規程は2004年4月1日から適用する。

東海大学スポーツ医科学研究所

スポーツ医科学雑誌編集委員名簿 (2005. 4. 1)

- 1 委員長 寺尾 保
- 2 委員 山村 雅一
- 3 委員 山並 義孝
- 4 委員 小澤 秀樹
- 5 委員 平岡 秀雄

2005年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

1. 所長 寺尾 保 スポーツ医科学研究所
2. 次長 山村 雅一 医学部（医学科基礎医学系）
3. 専任 中村 豊 スポーツ医科学研究所
4. 専任 有賀 誠司 スポーツ医科学研究所
5. 研究員 佐藤 宣践 体育学部（武道学科）
6. 研究員 堀江 繁 体育学部（生涯スポーツ学科）
7. 研究員 平岡 秀雄 体育学部（競技スポーツ学科）
8. 研究員 山下 泰裕 体育学部（武道学科）
9. 研究員 吉川 政夫 体育学部（生涯スポーツ学科）
10. 研究員 加藤 達郎 体育学部（体育学科）
11. 研究員 山並 義孝 体育学部（生涯スポーツ学科）
12. 研究員 三田 信孝 体育学部（生涯スポーツ学科）
13. 研究員 岩垣 丞恒 体育学部（生涯スポーツ学科）
14. 研究員 内山 秀一 体育学部（体育学科）
15. 研究員 大崎 栄 体育学部（競技スポーツ学科）
16. 研究員 高妻 容一 体育学部（競技スポーツ学科）
17. 研究員 恩田 哲也 体育学部（スポーツ・レジャーマネジメント学科）
18. 研究員 山田 洋 体育学部（体育学科）
19. 研究員 宮崎 誠司 体育学部（武道学科）
20. 研究員 伊藤 栄治 体育学部（スポーツ・レジャーマネジメント学科）
21. 研究員 保坂 隆 医学部（基盤診療学系）
22. 研究員 桑平 一郎 医学部（内科学系呼吸器内科）
23. 研究員 小澤 秀樹 医学部（内科学系総合内科学）
24. 研究員 東福寺規義 医学部（リハビリテーシ

25. 研究員 萱場 隆人 ヨン科) 保健管理センター (保健技術員)
26. 研究員 松木 秀明 健康科学部 (看護学科)
27. 研究員 森久保俊満 健康科学部 (社会福祉学科)
28. 研究員 曲谷 一成 電子情報学部 (電気電子工学科)
29. 研究員 八木原 晋 理学部 (物理学科)
30. 研究員 諏訪 正典 学外 (非常勤講師)
31. 研究員 吉田 早織 学外 (非常勤講師)

2005年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

コアプロジェクト

- 運動・スポーツにおける健康・体力と競技力向上のための総合的研究

個別プロジェクト

- 肥満者の減量および体力向上に対する高地トレーニング処方の研究
- 足趾力の足関節機能に及ぼす影響
- スポーツ選手の競技力向上のための筋力トレーニング法に関する研究

編集後記

本年度より、新たに『東海大学スポーツ医科学雑誌』の編集委員長を拝命しました。本誌第1号を発行して以来、本年度で第18号刊行の運びとなりました。その間、歴代の編集委員長のご努力と多くの先生方のご協力により、スポーツ医科学の分野において確固たる基盤を築かれたことに、改めてここに深く感謝いたします。

本号には、東海大学スポーツ医科学研究所独自のスポーツサポートシステムおよび人工的高地トレーニングシステムにおける重点活動から得られた研究成果を含めて、運動生理学、バイオメカニクス、スポーツ心理学、臨床スポーツ医学などの広範囲な領域で、基礎的な研究から、競技力向上、健康維持・増進およびスポーツ障害関連の応用的および実践的研究に至るまで幅広いテーマの論文が掲載されています。とくに、本号では、スポーツ現場で直接、指導している監督・コーチからの論文が含まれています。これらの応用的および実践的な研究は、本研究所の目的に掲げられている競技力向上や社会還元に貢献することにもなります。このように、今後も基礎的な研究は勿論、実用性のある実践的な研究も投稿されることを期待しています。編集委員会では、本誌の発展のために新しい論文審査方式の導入や質の向上に向けて、より一層の努力を行うとともに、皆様方の益々のご協力と積極的なご意見をお寄せ頂きますようお願い致します。

最後に第18号刊行にあたって、ご寄稿を頂きました皆様方に厚くお礼申し上げます。

編集委員長 寺尾 保

「東海大学スポーツ医科学雑誌」

編集委員

委員長 寺尾 保

委員 山村 雅一

ゝ 山並 義孝

ゝ 小澤 秀樹

ゝ 平岡 秀雄

東海大学スポーツ医科学雑誌 第18号 2006

発行日 2006年3月31日

編集 東海大学スポーツ医科学雑誌編集委員会

発行者 東海大学スポーツ医科学研究所 寺尾 保
〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117 TEL 0463-58-1211

製作 東海大学出版会

印刷・製本 港北出版印刷株式会社

組版・装丁 株式会社テイクアイ

Predicting of performance times of distance runners in Hakone-Ekiden

Sakae OHSAKI, Toshihiro ARAI, Masaichi YAMAMURA and Suketsune IWAGAKI

**Relationships among blood viscosity, blood cells,
and substances in student distance runners**

Suketsune IWAGAKI, Sakae OHSAKI, Toshihiro ARAI and Masaichi YAMAMURA

Background of increased MCV of student distance runners

Toshihiro ARAI, Sakae OHSAKI, Sun GANG, Suketsune IWAGAKI and Masaichi YAMAMURA

Three-dimensional analysis on shoot skill of handball

Shuji TAMURA

**A Study on the Training Method for Improving Judo Players' KUMITE strength
– On the Judogi Chin-up Method –**

Seiji ARUGA, Hidetoshi NAKANISHI, Yasuhiro YAMASHITA, Tetsuya ONDA and Ken UBUKATA

**The effects of hypobaric hypoxic environment on
peripheral blood circulation at rest and post walking exercise in obese adults**Tamotsu TERAOKA, Hideki OZAWA, Ichiro KUWAHARA, Nobutaka MITA,
Yoshitaka YAMANAMI and Eiji ITO**Assessment for motor conduction during jumping in infants**Hiroshi YAMADA, Tatsuro KATO, Yasufumi MIKAMI, Kimihiro KANEKO,
Tomomi SHIOZAKI and Takashi YOKOI**The effect of seminar style mental training program No.2**

Satoshi ISHII and Yoichi KOZUMA

The effect of seminar style mental training program No.3

Yoichi KOZUMA and Satoshi ISHII

Formation of plasma micro-plug in the healthy persons

Kenji KOHNO, Suketsune IWAGAKI, Toshihiro ARAI, Sakae OSAKI and Masaichi YAMAMURA

An improved dynamometer for toe strength measurement**Second Report**

Masayuki KAMON, Noriyoshi TOUFUKUJI, Takuma NONAKA and Yutaka NAKAMURA

Circulatory disturbances in the fingers of baseball players

Noriko NISHIMURA, Yutaka NAKAMURA, Tetsuya ONDA and Eiji ITOH

Change of the temperature by cooling a great vessel

Yutaka NAKAMURA, Saori YOSHIDA, Toshihisa TUTUI and Masaaki KANEKO

A development of the EEG measurement method under exercising

Kazunari MAGATANI, Junya TANAKA, Naoya HOSAKA and Tamotsu TERAOKA



箱根駅伝における 各選手の区間記録の予測

大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科) 新居利広 (体育学部競技スポーツ学科)
山村雅一 (医学部分子生命科学) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)

Predicting of performance times of distance runners in Hakone-Ekiden

Sakae OHSAKI, Toshihiro ARAI, Masaichi YAMAMURA and Suketsune IWAGAKI





長距離選手における 血液粘度と血液諸物質との関係

岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科)
新居利広 (体育学部競技スポーツ学科) 山村雅一 (医学部分子生命科学 I)

Relationships among blood viscosity, blood cells,
and substances in student distance runners

Suketsuene IWAGAKI, Sakae OHSAKI, Toshihiro ARAI and Masaichi YAMAMURA





学生長距離選手における 赤血球 MCV 増大の背景

新居利広 (体育学部競技スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科)
孫 崗 (筑波大学人間総合科学研究科) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)
山村雅一 (医学部分子生命科学Ⅰ)

Background of increased MCV of student distance runners

Toshihiro ARAI, Sakae OHSAKI, Sun GANG, Suketsune IWAGAKI and Masaichi YAMAMURA





ハンドボールのシュート技術に関する 3次元解析

田村修治 (体育学部競技スポーツ学科)

Three-dimensional analysis on shoot skill of handball

Shuji TAMURA





柔道選手の組み手改善のための トレーニングに関する研究

—柔道着懸垂について—

有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 中西英敏 (体育学部武道学科) 山下泰裕 (体育学部武道学科)
恩田哲也 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科) 生方 謙 (体育学部非常勤講師)

A Study on the Training Method for Improving Judo Players' KUMITE strength
— On the Judogi Chin-up Method —

Seiji ARUGA, Hidetoshi NAKANISHI, Yasuhiro YAMASHITA, Tetsuya ONDA and Ken UBUKATA





肥満者に対する低圧低酸素環境下 における安静時および歩行運動終了後の 末梢血液循環に及ぼす影響

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 小澤秀樹 (医学部内科学系総合内科学)

桑平一郎 (医学部内科学系呼吸器内科学) 三田信孝 (体育学部生涯スポーツ学科)

山並義孝 (体育学部生涯スポーツ学科) 伊藤栄治 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

The effects of hypobaric hypoxic environment on
peripheral blood circulation at rest and post walking exercise in obese adults

Tamotsu TERAO, Hideki OZAWA, Ichiro KUWAHIRA, Nobutaka MITA, Yoshitaka YAMANAMI and Eiji ITO





幼児の跳躍動作における運動伝導の評価

山田 洋 (体育学部体育学科) 加藤達郎 (体育学部体育学科) 三上恭史 (大学院体育学研究科)
金子公宏 (明治大学理工学部) 塩崎知美 (筑波スポーツ科学研究所) 横井孝志 (産業技術総合研究所)

Assessment for motor conduction during jumping in infants

Hiroshi YAMADA, Tatsuro KATO, Yasufumi MIKAMI,
Kimihiro KANEKO, Tomomi SHIOZAKI and Takashi YOKOI





講習会形式メンタルトレーニング プログラムの効果について (その2)

石井 聡 (大学院体育学研究科) 高妻容一 (体育学部競技スポーツ学科)

The effect of seminar style mental training program No.2

Satoshi ISHII and Yoichi KOZUMA





講習会形式メンタルトレーニング プログラムの効果について（その3）

高妻容一（体育学部競技スポーツ学科） 石井 聡（大学院体育学研究科）

The effect of seminar style mental training program No.3

Yoichi KOZUMA and Satoshi ISHII





健常者における微小血栓の形成について

河乃建仁 (医学部分子生命科学) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)

新居利広 (体育学部競技スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科) 山村雅一 (医学部分子生命科学)

Formation of plasma micro-plug in the healthy persons

Kenji KOHNO, Suketsune IWAGAKI, Toshihiro ARAI, Sakae OSAKI and Masaichi YAMAMURA





足趾力に関する研究

第2報

加門正行 (スポーツ医科学研究所研修員) 東福寺規義 (医学部附属東京病院診療協力部技術支援科)
野中拓馬 (医学部附属病院リハビリテーション技術科) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

An improved dynamometer for toe strength measurement
Second Report

Masayuki KAMON, Noriyoshi TOUFUKUJI, Takuma NONAKA and Yutaka NAKAMURA





野球選手の手指血行障害の実態

西村典子 (スポーツ教育センター) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

恩田哲也 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

伊藤栄治 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

Circulatory disturbances in the fingers of baseball players

Noriko NISHIMURA, Yutaka NAKAMURA, Tetsuya ONDA and Eiji ITOH





大血管冷却による体温変化

中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 吉田早織 (体育学部非常勤講師)

筒井稔久 (医学部附属大磯病院リハビリテーション技術科)

金子雅明 (医学部附属大磯病院リハビリテーション技術科)

Change of the temperature by cooling a great vessel

Yutaka NAKAMURA, Saori YOSHIDA, Toshihisa TUTUI and Masaaki KANEKO





運動中の脳波計測手法の開発

曲谷一成 (電子情報学部電気電子工学科) 田中絢也 (電子情報学部電気電子工学科)

穂坂直也 (電子情報学部電気電子工学科) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

A development of the EEG measurement method under exercising

Kazunari MAGATANI, Junya TANAKA, Naoya HOSAKA and Tamotsu TERAO



東海大学

第18号 **スポーツ医科学雑誌** 2006

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



Kai. Higashi

イラスト 東 恵子

人は何処より来り何処に行かんとするか
それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで
それは生ける人々にとつてまきれもなき生の現実である

その現実に人々は喜び且つ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実に人生を肯定しよう

不屈の精神と逞しき体軀をつくろふ

精神と肉體との調和に生命を開拓しよう

かくして希望と勝利の人生の街道を奮進しよう

されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

見よ人体構造の神秘を

見よこの作品の微妙さを

見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを

見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ

身体髪膚これに父母は受敬毀傷せざるは孝の始めなり

人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある

大自然を支配する思想がある

われら肅然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年 初春

松前重義

人は何処より来り何処に行かんとするか

それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた

しかし揺籃より墓場まで

それは生ける人々にとつてまきれもなき生の現実である

この現実に人々は喜び且つ哀しむ

そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実に人生を肯定しよう

不屈の精神と逞しき体軀をつくろふ

精神と肉體との調和に生命を開拓しよう

かくして希望と勝利の人生の街道を奮進しよう

されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

見よ人体構造の神秘を

見よこの作品の微妙さを

見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを

見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ

身体髪膚これに父母にうく敬て毀傷せざるは孝の始めなり

人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある

大自然を支配する思想がある

われら肅然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年四月 初春

松前重義

【研究論文】

箱根駅伝における各選手の区間記録の予測

大崎 栄・新居利広・山村雅一・岩垣丞恒 7

長距離選手における血液粘度と血液諸物質との関係

岩垣丞恒・大崎 栄・新居利広・山村雅一 18

学生長距離選手における赤血球 MCV 増大の背景

新居利広・大崎 栄・孫 崗・岩垣丞恒・山村雅一 28

ハンドボールのシュート技術に関する 3 次元解析

田村修治 36

柔道選手の組み手改善のためのトレーニングに関する研究

—柔道着懸垂について—

有賀誠司・中西英敏・山下泰裕・恩田哲也・生方 謙 44

肥満者に対する低圧低酸素環境下における安静時および

歩行運動終了後の末梢血液循環に及ぼす影響

寺尾 保・小澤秀樹・桑平一郎
三田信孝・山並義孝・伊藤栄治 54

幼児の跳躍動作における運動伝導の評価

山田 洋・加藤達郎・三上恭史
金子公宏・塩崎知美・横井孝志 62

講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について

(その2)

石井 聡・高妻容一 69

講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について

(その3)

高妻容一・石井 聡 79

健常者における微小血栓の形成について

河乃建仁・岩垣丞恒・新居利広・大崎 栄・山村雅一 89

足趾力に関する研究 第2報

加門正行・東福寺規義・野中拓馬・中村 豊 93

野球選手の手指血行障害の実態

西村典子・中村 豊・恩田哲也・伊藤栄治 100

【事例報告】

大血管冷却による体温変化

中村 豊・吉田早織・筒井稔久・金子雅明 107

【研究資料】

運動中の脳波計測手法の開発

曲谷一成・田中絢也・穂坂直也・寺尾 保 114

スポーツ医科学研究所所報

121

編集後記

127



表紙(画) 東 恵子



箱根駅伝における 各選手の区間記録の予測

大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科) 新居利広 (体育学部競技スポーツ学科)
山村雅一 (医学部分子生命科学) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)

Predicting of performance times of distance runners in Hakone-Ekiden

Sakae OHSAKI, Toshihiro ARAI, Masaichi YAMAMURA and Suketsune IWAGAKI



Abstract

Performance times of distance runners were predicted based on the 16-km time differential trial (2004) and 20-km grouped trial (2005) runs on the same training course before Hakone-Ekiden event. From these data, predicted and target performance times were estimated by using changes in split time (min/5km) and surplus performance for each distance runner after the trials. After the Hakone-Ekiden event, actual performance time for each distance runner was obtained and the errors (predicted performance time-actual performance time, and target performance time- actual performance time) were calculated. Errors were indices of accurate estimation of each performance time in Hakone-Ekiden event. The split time (min/5km) in 16-km time differential trial run showed large individual difference at the end of the trail. However, the 20-km grouped trial run exhibited small individual difference at 15-km and at even 20-km the deviation was relatively small. Predicted performance times were more accurate for the 20-km grouped trial run than for 16-km time differential trial run. Based on these results, 20-km grouped trial run was more suitable for the prediction of actual performance times for distance runners in the Hakone-Ekiden event. (Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 7-17, 2006)

I. 緒 言

長距離選手の持久的トレーニングは performance の向上を目指して行われている。その指標には最大酸素摂取量 (VO₂max)^{1-6, 13)}、乳酸閾値 (LT)¹⁾、換気閾値 (VT)^{2, 7, 8)}、心拍数 (HR)⁹⁾ などが増えられ、performance を決定する要因の研究が行われている。しかしながら、これらの研究は科学的に performance を決定することであり、持久性トレーニング効果

は評価できるが、それぞれの大会での各選手の performance (記録、時間) を保証しているわけではない。全区間20 km 以上を走る箱根駅伝のような大会では、個人の能力を十分に発揮させ、出場者全員の安定した能力の把握が必要となる。コーチと監督は大会の前にトライアルを実施し、その経過から大会での performance を予測し、目標タイムを作成する。この目的は選手の選抜と、大会での全体予測策 (順位) を作ることにある。走る区間と資料に基づいた各選手の予測から、そのチームの最終的な順位を予測している。このよ

うな方法は通常に行われているが、学術的に研究報告された例は見当たらない。

各選手の区間記録の予測タイムを得るには、そのトライアルをいつ、どこで、どのように行うかが問題となる。大会に近ければ信頼性の高い区間記録の予測は得られるが、疲労を蓄積したまま試合に望む結果となり意味がない。あまりにも早くトライアルを行うと、疲労は回避できるが、集中性に欠け、ベストコンディションの維持が難しく、予測記録にばらつきが生じる。したがって、正確な区間記録の予測を得るには方法上の確立が必要である。その内容はそれぞれの大会の目的によって異なるが、いずれの場合でも、その目的は疲労の蓄積や故障の発現を避け、これまでに培ってきた能力を十分に発揮させ、チーム全体としての performance の安定性を確保することにある。

これまで箱根駅伝に向け16 km 走時差トライアル (2004) と20 km 走集団トライアル (2005) を行った。選手はこれまでの各大学の記録とトライアルにおける余力から、目標タイムを設定する。さらに5 km 毎の split time から予測速度、各区間の予測タイムを算出する。箱根駅伝が終了すると、それぞれの結果が得られ、これらの誤差がトライアルの方法や選手のレース展開を反省する資料となる。対象者はそれぞれ異なるが、予測タイム、目標タイムとの誤差は、16 km 走時差ならびに20 km 走集団トライアルの両者を比較する基盤となる。そこで、本研究ではこれらの誤差を用いて16 km 時差走ならびに20 km 走集団トライアル予測法の適性について検討した。

II. 研究方法

1. 対象者

本研究の対象者はT大学陸上部長距離ブロックに所属し、2004年並びに2005年に箱根駅伝選手として選抜した32名の学生である。彼らの身体的ならびに performance (10000 m、half-Marathon) の特徴をそれぞれ表1に示した。各年の選抜選手は16名であるが2004年にはトライアルにはさらに3名を加えた。最終的な出場者は各年10名の合計20名で、誤差の比較では、これら20名を対象とした。

2. トライアルの日時、場所、距離、速度

予測タイムを得るためのトライアルは経験的に大会日のおよそ10日～2週間内の期間で行った。実施場所は毎年F市トレーニングコースで、1 km 毎の指標があり、1周5.6 km の周回コースである。2004年の16 km 走時差トライアルは箱根駅伝10日前、2005年の20 km 走集団トライアルは距離が長いと、疲労の回復を考え14日前に行った。いずれの場合にも、速度はおおよそ1 km / 3分06秒 (15分30秒 / 5 km) でスタートした。

1) 16 km 走時差トライアル

一人ずつ30秒ごとにスタートし、5 km 毎の split time を記録し、ここで得られた記録から各自が走る箱根区間の目標、予測タイムを算出する資料とした。走行距離が短く、疲労は少ないが、各自の走行ペースで区間距離の残りの5～7

表1 箱根駅伝出場選手の身体的特性と performance

Table 1 Physical characteristics of distance runners participated in Hakone-Ekiden and their performances in 10000 m run and half-Marathon.

	BH	BW	Age	performance	
	cm	kg	years	10000 m	Harf-Marathon
2004年 n=20	170.8 ± 4.99	54.4 ± 3.24	20.7 ± 1.10	29'34 ± 0'26"	1'04'34 ± 1'22
2005年 n=16	170.7 ± 5.00	54.8 ± 5.27	20.7 ± 1.04	29'41" ± 0'23	1'04'36 ± 1'36

km 先を予測することが特徴である。その4日後に25km 走を行い、大会の5日前に刺激として5 km 走ペース走を入れ、大会に臨んだ(図1)。

2) 20 km 走一斉トライアル

15 km までを集団で走り、5 km 毎の split time を記録しながら、最後の5 km を各自の速度で走的方法である。このトライアルはA (n = 7), B (n = 9) 群のレベルに合わせ、二群に分けて行った。走り終わった時点で各自がそれぞれの時間を知り、その結果から各自の走る箱根区間の目標、予測タイムを得た。この方法の特徴はリズムや速度を知りながら集団として15 km を走り、残りの5 km を各自で走り終わることにある。距離が長く、最後の5 km が選考会への競争となり、疲労は大きい。箱根区間の距離にちかく、予測距離は極めて短い(0~3 km)。その5日後に25km 走を走り、10日後にて1 km 走を7~10本行い、大会の5日前には刺激として5 km 走1本のペース走を行った(図1)。

3) 5 km 毎の split time の記録

予測タイムを求めるには0~5 km、5~10

km、10~15 km、15~20 km における各自の split time が提示され、これらの split time の経過から残りの距離を勘案し、所要時間を予測する。いずれのトライアルでも走り方すべてがこの split time に反映され、最終的な予測タイムと目標タイムの基礎になる。

3. 予測タイム、目標タイムと実測タイム(結果)との誤差

1) 予測タイム

各自の5 km 毎の split time の経過を外挿し、各箱根区間での時間を算出した。箱根駅伝では区間によりかなり走路に特徴があるため、この特徴をどのように組み入れるかが予測タイムを左右する結果となる。

2) 目標タイム

予測タイムが提出されると、過去3年にわたる各大学区間記録が配布され、これらの記録とトライアルでの各自の余力から、選手はさらに個々の目標タイムを設定する。ほとんどの選手は予測タイムより速い目標タイムを設定するが、気象条件とその時の体調などから目標タイム設定が予測タ

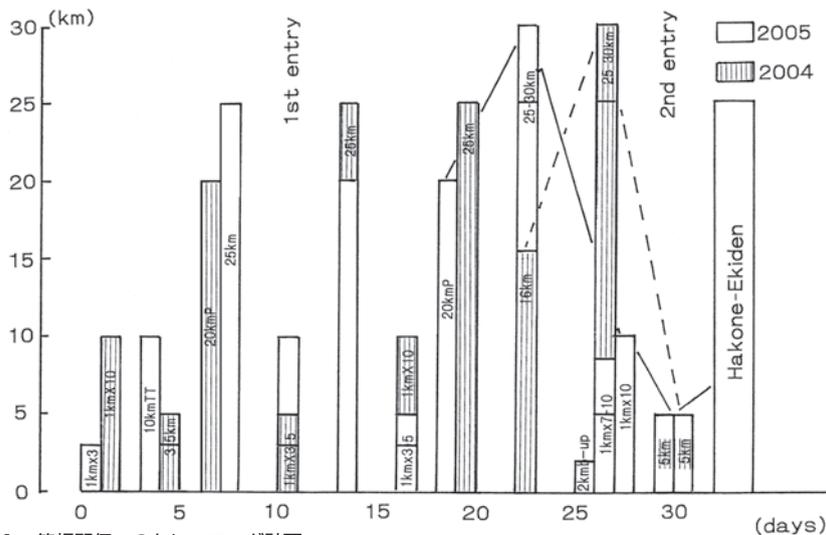


図1 箱根駅伝へのトレーニング計画

Fig. 1 Training plan for Hakone-Ekiden in December.

Dotted line: 2004, Straight line: 2005, Final training was 5000 m run (1km /3min.) at 2 days before Hakone Ekiden.

タイムより遅く設定される場合もある。

3) 順位予測

このような方法で各選手の区間記録の予測タイムと目標タイムができると、昨年の他大学の区間記録と比較し、それぞれの選手の区間順位が予測でき、出場する選手全員の結果から往路、復路、総合の順位が予測される。これらの順位予測が箱根駅伝における、実際の往路、復路、総合の順位の展開を予測する資料となる。

4) 予想タイム-目標タイム関係図の作成

予測タイム、目標タイム、実測タイムの結果から、予測タイム、目標タイムと実測タイムの誤差を求め、この予測方法の確かさが確認できる。横軸に予想タイムをとり縦軸に目標タイムをとり、これらの0分を交点にすると、目標タイム、予測タイムからの遅れは第1象限に入り、これらの予測を超える場合には第3象限に入る。予測タイム、目標タイムと実測タイム（結果）との誤差から、これらの設定の確かさを確認することができる。

19) の5 km 毎の平均的所要時間の変化を図2に示した。平均的には各5 km の所要時間は15分06秒であった。しかし、変異係数 (C.V.) を見ると、走行距離に比例し変異係数が増大し、変異係数は5 km から15 km になると、それぞれ40%から80%に増大した。したがって、このトライアル走では、距離が伸びると個人の走能力差が顕著に現れた。

2. 16 km 走時差トライアルにおける各個人の5 km 毎の所要時間の変化

16 km 走時差トライアル走における所要時間の変化を個人別に図3に示した。最初の5 km はいずれのグループも3分06秒 (15分30秒/5 km) であるが、距離が伸びるとその傾向が異なり、図中の左に示したように、徐々に速度が速くなるグループ、平均的な走り終わるグループ、逆に速度が徐々に遅くなるグループに分かれた。したがって、変異係数が著しく大きくなる背景には、各選手の走行距離に伴う走能力の違いが起こり、その結果が走能力の個人差を生んでいた。

Ⅲ. 研究成果

1. 16 km 走時差トライアルにおける5 km 毎の所要時間の変化

16 km 時差トライアル走における選手 (N =

3. 20 km 走一斉トライアルにおける所要時間の変化

20 km 走一斉のトライアルでは15 km までを集団で走り、残りの5 km は各自の速度とした。A (n = 7)、B (n = 9) の二群に分けて行い、2本の線として図4に示した。Aグループ (7名)

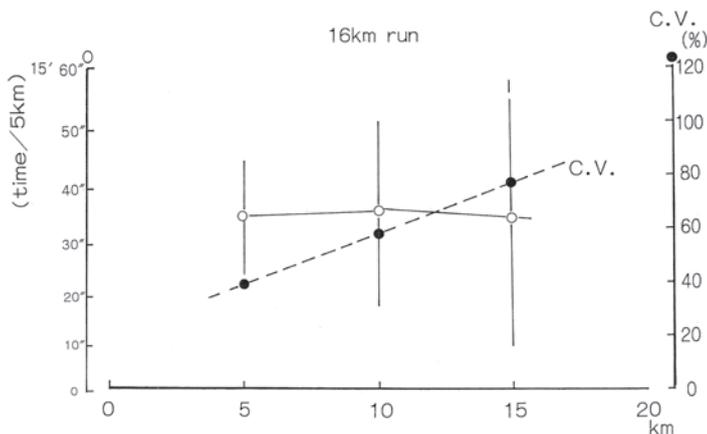


図2 16 km 走時差トライアルにおける split time (5 km) の変化
Fig. 2 Changes in split time (min/5km) of 16-km time differential trial run. Mean of the split time was 15'30", but the C.V. of the split time became larger with prolongation of the distance.

では、最初の 5 km が15分25秒、次の 5 km が15分30秒、であったが、15 km ならびに20 km においては15分00秒であった。しかし、Bグループでは15 km で多少の短縮は認められるが、20 km の時点ではおよそ20秒の延長を示し、A、B 両群間には有意な差が認められた ($p < 0.05$)。この例でも A、B 群の差は20 km で明らかとなり、この方法でも距離が長くなると、個人の走能力の違いが大きくなった。

4. 16 km 走時差トライアルと 20 km 走一斉トライアルとの違い

2004年ならびに2005年に選抜された選手 (N

= 15) について、16 km 走時差トライアル (n = 8) と20 km 走集団トライアル (n = 7) を比較した (図5)。30秒ごとにスタートした16 km 走時差トライアルでは、15 km で各個人のバラツキが大きくなった。しかし、20 km 走集団トライアルでの集団スタート方法では15 km まで全員が15分06秒で走り、16 km 走時差トライアルと大きく異なっていた。さらに、20 km に至っても16 km 走時差トライアルと比較し、個人差としてのバラツキが極めて小さかった。

5. 予測タイム、目標タイム、実測タイムと誤差 箱根駅伝の結果が得られた時点で、予測タイム、

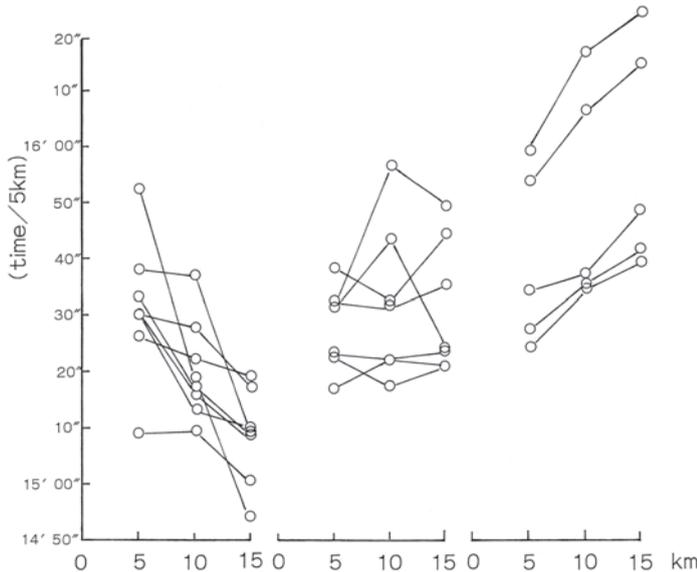


図3 16 km 走時差トライアルにおける各個人の split time の変化
Fig. 3 Individual change in split time (min/5km) during 16-km time differential trial. The split times were different in three groups; fast, even and slow groups.

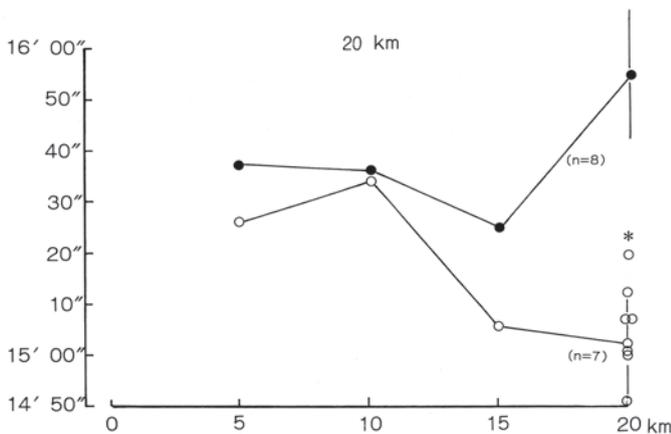


図4 20 km 走一斉トライアルにおける split time (5 km) の変化
Fig. 4 Changes in split time (min/5km) during 20-km grouped trial run. Up to 15-km, all of the distance runners were able to keep the same split time. After 15-km run, individual run was performed up to 20 km. Closed circle is mean of split time (min/5km) of other candidate (n = 8). Open circle is mean of split time of Hakone-Ekiden candidate (n = 7).

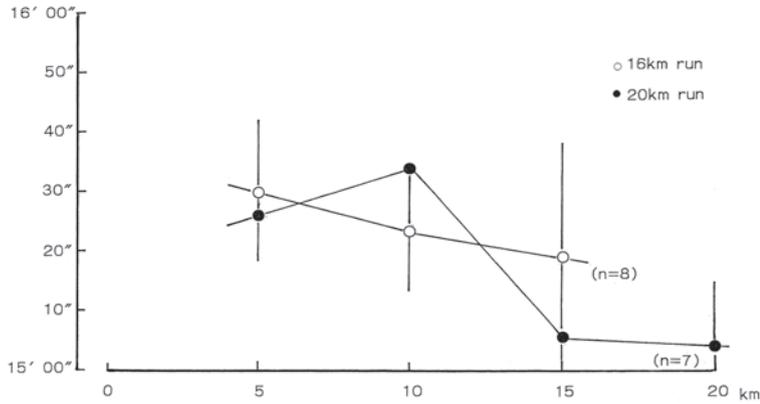


図5 16 km 走時差トライアルと20 km 走一斉トライアルとの split time の比較

Fig. 5 Comparison split time in 16km time differential trial run with split time in 20-km grouped trial run. Open circle is mean of split time (min/5km) in 16km time differential trial run. Closed circle is split time in 20-km grouped trial runs. At 15 km (10-15 km), significant difference in the split time was observed.

表2 各選手の予測タイム、目標タイム、実測タイム（結果）
個々の選手の順位予測は過去のこれまでの結果から判別した。

Table 2 Predicted, target and result performance time of each distance runner in each year. Difference in performance time of each distance runner (predicted performance-result performance time; target performance time -result performance time) was calculated. The ranks in individual runner and total teams were also estimated from the performances in the past.

2004

Legs	Subjects	Distance	Target		prediction time (T)	16kTT individual time Difference	Result		(R-T)	(R-t)
			time (T)	Rank			time (R)	Rank		
1	A	21.4km	1:04:15	1	1:04:43	0:48:23	1:03:43	7	△0:00:32	△0:01:00
2	B	23.2km	1:08:50	5	1:09:58	0:48:15	1:09:54	3	0:01:04	△0:00:04
3	C	21.5km	1:05:00	12	1:05:56	0:49:04	1:06:21	13	0:01:21	0:00:25
4	D	21.0km	1:03:03	3	1:03:18	0:36:10	1:05:08	7	0:02:05	0:01:51
5	E	20.9km	1:11:00	1	*1:11:29	0:48:07	1:12:54	2	0:01:54	0:01:25
6	F	20.8km	1:00:20	2	*1:01:00	0:50:16	1:01:58	14	0:01:38	0:00:58
7	G	21.3km	1:04:10	1	1:05:25	0:49:08	1:04:53	1	0:00:43	△0:00:32
8	H	21.5km	1:04:45	1	1:05:41	0:48:53	1:05:27	1	0:00:42	△0:00:14
9	I	23.2km	1:09:30	2	1:10:40	0:48:44	1:11:50	12	0:02:20	0:01:10
10	J	23.1km	1:10:50	2	1:10:48	0:49:02	1:11:40	9	0:00:50	0:00:52
Inward trip		108.0km	5:32:08	2	5:35:23	3	5:38:00	2	0:05:52	0:02:37
Outward trip		109.9km	5:29:35	1	5:33:33	2	5:35:48	4	0:06:13	0:02:15
Total time		217.9km	11:01:43	1	11:08:56	2	11:13:48	2	0:12:05	0:04:52

2005

Legs	Subjects	Distance	Target		prediction time (T)	20kTT Group	Result		(R-T)	(R-t)
			time (T)	Rank			time (R)	Rank		
1	A	21.4km	1:04:12	2	1:05:10	1:00:54	1:02:52	1	△0:01:20	△0:02:18
2	B	23.2km	1:07:55	2	1:10:39	1:00:54	1:08:04	2	0:00:09	△0:02:35
3	C	21.5km	1:04:51	4	1:05:41	1:01:06	1:04:18	3	△0:00:33	△0:01:23
4	D	21.0km	1:03:40	2	1:03:57	1:00:54	1:03:23	3	△0:00:17	△0:00:34
5	E	20.9km	1:13:00	2	*1:13:00	1:00:56	1:13:34	5	0:00:34	0:00:34
6	F	20.8km	1:00:45	6	*1:00:45	*0:46:06	1:00:43	10	△0:00:02	△0:00:02
7	G	21.3km	1:05:00	2	1:05:28	*0:46:06	1:05:27	4	0:00:27	△0:00:01
8	H	21.5km	1:06:20	3	1:05:48	1:01:13	1:06:38	7	0:00:18	0:00:50
9	I	23.2km	1:10:40	4	1:11:01	1:01:13	1:14:33	20	0:03:53	0:03:32
10	J	23.1km	1:11:25	4	1:11:29	1:01:53	1:11:00	8	△0:00:25	△0:00:29
Inward trip		108.0km	5:33:38	1	5:38:26	1	5:32:11	1	△0:01:27	△0:06:15
Outward trip		109.9km	5:34:10	2	5:34:30	1	5:38:21	12	0:04:11	0:03:51
Total time		217.9km	11:07:48	1	11:12:56	1	11:10:32	6	0:02:44	△0:02:24

△印は目標、予測タイムよりよかった者

目標タイム、実測タイム（結果）から、これらをまとめ表2に示した。16 km 走時差トライアルで予測した結果（2004）の目標タイムで予測した結果は、往路3位、復路2位で、総合2位であった。しかし、得られた結果では、往路2位、復路4位で、総合2位の成績であった。目標タイム並びに予測タイムとのズレはそれぞれ12分5秒、4分52秒の遅れであった。20 km 走集団トライアル（2005）では目標タイムで予測した順位は往路1位、復路1位、総合1位の予測であったが、結果は往路1位、復路12位、総合6位であった。しかし、目標タイム、ならびに予測タイムとのズレはそれぞれ2分44秒と2分24秒、予測より速い結果であった。

6. 予想 - 目標タイム誤差図による評価

これらの予測がどの程度正確で、どの方法がもっとも望ましいか決定する必要がある。そこで各選手の区間記録、予想タイム、目標タイムの差から予測 - 目標タイム図を作成し図6に示した。これらの予測と目標がすべて達成できれば0分となり、遅れれば第1象限にプロットされ、逆に、これらの予測や目標を超える結果の場合、第3象限のプロットとなる。これらの結果で見ると、各個人の予測と実測（結果）の様子を見ることができる。16 km 走トライアルと20 km 走トライアル

とを比較すると、20 km 走集団トライアルは各箱根区間の記録を予測するのに適していた。

IV. 考 察

長距離選手のトレーニングでは、コーチと監督がそれぞれのシーズンに合わせた毎月のトレーニング計画を作成し、これに基づいたトレーニングが行われる。それぞれの計画はこれまでのトレーニング内容と結果に基づいて修正され、各選手の performance の結果がその評価としてとして現れる。通常の試合であれば、各自の調整は選手に任せられるが、箱根駅伝や全日本学生駅伝では、多くの選手の中から出場選手を選抜すると同時に、選抜した選手全員の能力を十分に発揮させるための調整が必要となる。勝敗の順位、レースの展開、区間賞などの期待はその結果として予測される。この予測は箱根駅伝の区間を走る時間を予測するもので、トライアルを行ったコースとはまったく異なった区間での時間の予測である。このような条件は公式大会では通常の事柄であり、箱根駅伝の場合も、この区間をトレーニングに利用できない。Performance についてはこれを決定するための科学的な研究が行われ¹²⁾、そのためのテストさえ開発されている^{10, 11, 13, 14)}。しかし、これ

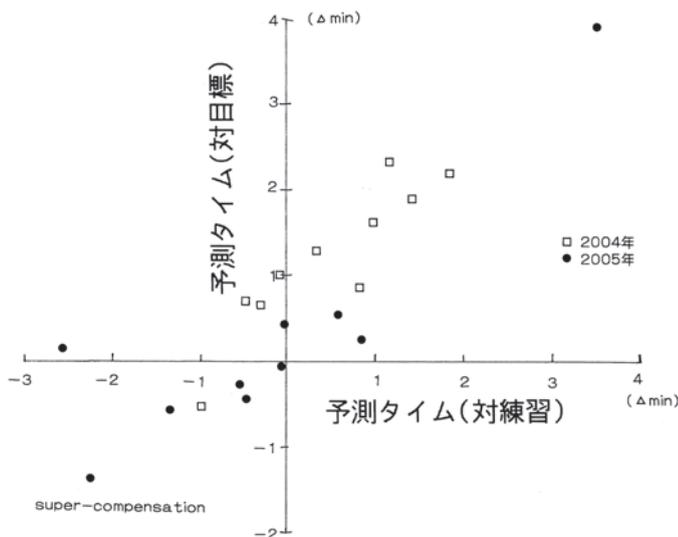


図6 各選手の評価図
□：16km 走時差トライアル、●：20km 走一斉トライアル
横軸：予測タイムと実測タイムとの差、
縦軸：目標タイムと実測タイムとの差

Fig. 6 Evaluation diagram of result performance of each runner. Open square; 16-km time differential individual run, closed circle; 20-km grouped trial run. Abscissa: difference time; predicted performance against result performance, ordinate: difference time; target performance against result performance.

らのいずれも、performanceとしての能力を決定づけるが、それぞれの区間を何分何秒で走るかという result performance を決定するものではない。コーチと監督は、result performance (時間) が必要であり、これらの時間の総和が勝敗を決定する。この意味では、求めている performance が研究としての結果ではなく、現場での実用にある。実際の現場ではこのような方法は通常に行われているが、その内容が学術的に取り扱われた例は現在のところ見当たらない。

1. 16 km 走時差トライアルの特徴

16 km 走時差トライアルはトライアルでの疲労をできるだけ軽減させ、試合でよりよい結果を期待する方法である。30秒毎にスタートするため、各自でペースを作り16 km を走破する。各自でペースを作り、実戦的であるが、結果から見ると、図3と6に示したように、個人差が大きく、予測タイム、目標タイムと実測タイム(結果)とのズレが極めて大きくなった。この原因には予測距離の長さや残りの距離における各自のペースの誤算が考えられる。さらに、このトライアルでは、距離が長くなればなるほど、個人の能力差が出現してくるので、ハーフマラソンや箱根駅伝を多く経験している選手であれば、その適正は高いが、経験の少ない選手では誤差が生じやすいトライアルと考えられる。

2. 20 km 走一斉トライアルの特徴

20 km 走一斉トライアルでは予測する距離は短い、16 km 走時差トライアルに比べるとそれだけ負荷が大きくなり、疲労回復が遅延する恐れがある。しかし、図4に示したように、15 km までは全員集団として走ることができ、しかも15 km を速いスピードで通過し、さらに残り5 km の記録を見ても、個人差が小さい。したがって、16 km 時差トライアル走に比べ、各自の能力を十分に引き出せる方法と思われる。図6の結果から見ても、予想タイム、目標タイムの指標をほとんどの選手がクリアし、これらの目標タイムをすべて

超える結果となった。これらの結果から見る限り、T大学の選手にとっては16 km 走時差トライアルに比べ、20 km 走一斉トライアルが優れた予測方法と言える。

3. 予測の限界

これらの結果からみる限り、あらゆるレースにおける予測が可能のように思われ、その原則はできるだけ区間距離に近い距離でのトライアルが望ましいことになる。

トレーニングの現状から見れば、1日60~70 km ものトレーニングをしているので、Marathon (42.195 km) でもそのトライアルは可能のように考えられる。しかし、現実にはそのようなトライアルは行われぬ。仮にできたとしても、20 km が限界であり、もしこれ以上の距離でトライアルを行えば、そのことによる疲労回復や障害回復にとてつもない時間を要し、その間のトレーニング不足に伴う performance の低下に大きな不安が存在している¹⁵⁻¹⁸⁾。このような意味から、距離が長くなればなるほどトライアルによる予測は難しくなる。さらに、その個人の performance を維持し続ける conditioning の問題がある。精神的な集中性は長くとも2週間とされ、Marathon 選手の場合でも通常は疲労を考え10日以上という時期に20 km のトライアルを行い、その結果からその大会での予測を行うのが普通である。これらの事柄を考慮すると、このようなトライアルにおける予測には限界あり、距離の長さに比例し、予測の不確定性が大きくなる。Marathon では30 km を超える時点で本当のレースが開始されるのは、この不確定領域での競争となるためであろう。

4. Performance の背景

持久性の指標として最大酸素摂取量が用いられ、持久性能力を要求される長距離選手ではこの測定値が、学術的にも極めて確立された内容となっている¹²⁾。しかし、選手の育成過程では、あるところまではこの指標で管理できるが、それ以上の領域となると、これらの関係がまったく失われ

る。特に、選手の performance と最大酸素摂取量との関係は成立しない。コーチと監督はこのような指標とは別に、距離と performance の関係から、経験的にそれぞれの選手の走能力を予測している。このような方法はコーチ自身の長い経験に依存し、20 km 走での数秒を的確に指示できる能力が研ぎ澄まされている。図 6 に示した結果からもその正確さが明確である。このような結果から見ると、最大酸素摂取量は持久性そのものの能力を表しているが、その結果が試合でどのような performance を反映するかを保証していない。その時の動きやリズムの変化はこれらを常に見ているコーチでなければ計算できない領域と考えられる。その意味では持久性能力が育成されてからのフォーム、リズムの形成は速度形成につながり、その結果が performance として出現している。Performance はエネルギー利用を反映しているが、10 km, 20 km を走り続けるにはそのエネルギーをどのように利用するかに関わっている。すなわち、エネルギー効率が大切となる。新居たち¹⁹⁾は選手の体重に注目し、脂肪の低下と 5000 m 走 performance に相互関係が存在していることを報告している。走るという基盤に存在する体重はエネルギー効率の主体であり、これに走る技術が研ぎ澄まされることで、より高い推進力を生む背景が成立する。この意味では、それぞれの距離でどのように酸素を利用するかを知ることが必要となり、時間と距離とリズムがその利用を決定する要因であり、その選手の performance が予測され、それなりの理論的背景が存在している。

V. 総 括

箱根駅伝ではその結果を予測することが行われる。2004年では16 km 走時差トライアルを行い、2005年では20 km 走一斉トライアルを行った。これらのトライアルはいずれも箱根駅伝の10~14日前に行い、それぞれの結果からその年の結果を予測する。対象者も時期も異なるが、予測の方法が

これらのトライアルでの、performance (時間) 誤差に基づいているため、この誤差を基準とすれば両者の方法を比較できる。そこで16 km 走時差トライアル (2004) と20 km 走一斉トライアル (2005) を比較し、両者の特徴と箱根駅伝区間予測への適正について検討した。

- 1) 16 km 走時差トライアルでは最初の 5 km は 3 分06秒でスタートしたが、距離が伸びると個人差が著しく現れ、個人の余力の違いは 5 km ごとの split time に現れた。さらに、予測距離が長いこと予測タイム並びに目標タイムと実測タイムとのズレは大きくなった。したがって、16 km 走時差トライアルではトライアルでの疲労を抑えられるが、T大学の選手が箱根区間を予測するには予測距離が長く、誤差が大きくなる危険性がある。しかし、十分な経験を積んだ集団であれば、有効になることは十分に考えられる。
- 2) 20 km 走一斉トライアルは箱根駅伝区間に極めて近い距離でのトライアルである。15 km までを集団で走り、残りの 5 km を自由に競うトライアルである。トライアルでの距離が長いこと、疲労の回復を考慮し、箱根駅伝の14日前に行った。15 km 間は集団で走るため、走りのリズムや速度がわかりやすいこと、予測距離が極めて短い点に特徴がある。しかし、いずれの選手においても予測タイム並びに目標タイムをクリアし、予測を超える結果が得られた。これらの結果から見ると、T大学の選手にとっては14日前の20 km 走一斉トライアルがよい結果を得るトライアルであると言える。
- 3) 予測タイム - 目標タイム誤差グラフはあくまでも予測タイムと目標タイムを原点 (0) としているので、どのようなトライアルでもこの座標に表すことができる。16 km 走時差トライアルならびに20 km 走一斉トライアルでも、これらの予測に対する誤差がえられ、それぞれの誤差を一目瞭然に判別でき、T大学の選手の場合20 km 走一斉トライ

アルが performance を予測するのに適していた。この予測誤差グラフは単に結果のみを判定するだけではなく、2005年の結果に見られるように、トライアルとそれに続くトレーニング過程での十分な能力を発揮させるための調整方法についても分析できる。2005年について見ると、このトライアルとその後のトレーニング過程はいわゆる超回復 (Super-compensation) を表し、このような方法としても予測タイム - 目標タイム誤差グラフは利用できる。

参考文献

- 1) Billat, V., Bernard, O., Pinoteau, J., Petit, B. and Koralsztein, J.P.: Time to exhaustion at VO₂ max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Internationales de Physiologie de Biochimie et de Biophysique*, 102(3), 215-219, 1994.
- 2) Elise, W.R., Scott, H., David, R. and Ian, S.: Applying a mathematical model to training adaptation in a distance runner. *Eur. J. of Appl. Physiology*, 94(3), 310-316, 2005, Jun.
- 3) Omar, A.A., Andrew, M.J. and Keith, T.: Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. *Med. and Scie. in sports and exercise*. 35(3), 480-487, 2003, Mar.
- 4) Jones, A.M.: A five year physiological case study of an Olympic runner. *British J. of Sports Med.* 32(1), 39-43, 1998, Mar.
- 5) Joyner, M.J.: Modelling: optical marathon performance on the basis of physiological factors. *J. of Appl. Physiol.* 70(2), 683-687, 1991, Feb.
- 6) Boileau, R.A., Mayhew, J.L., Riner, W.F., Lussier, L.: Physiological characteristics of elite middle and long distance runners. *Can. J. of Appl. Sports Sciences*, 7(3), 167-172. 1982, Sep.
- 7) Zacharogiannis, E. and Farrally, M.: Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance performance. *J. of Sports Med. and Physical Fitness* 33(4), 337-347, 1993, Dec.
- 8) Tanaka, K., Nakagawa, T., Hazama, T., Matsuura, Y., Asano, K. and Iseki, T.: A prediction equation for indirect assessment of anaerobic threshold in male distance runners. *Eur. J. of Appl. Physiol. and Occu. Physiol.* 54(4), 386-390. 1985.
- 9) Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J.M., Enjolras, F., Antoniadis, A.P., Costes, F., Minini, P., Busso, T., Lacour, J.R. and Barthelemy, J.C.: Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med. and Sci. in Sports and Exercise*, 32(10), 1729-1736, 2000, Oct.
- 10) Sinnett, A.M., Berg, K., Latin, R.W. and Nobel, J.M.: The relationship between field tests of anaerobic power and 10-km run performance. *J. of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 405-412, 2001, Nov.9.
- 11) Granier, P., Mercier, B., Mercier, J., Anselme, F. and Prefaut, C.: Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in spring and middle-distance runners. *Eur. J. of Appl. Physiol. and Occu. Physiol.* 70(1), 58-65, 1995. 12. (8).
- 12) Joyner, M.J.: modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *J. of Appl. Physiol.* 70(2). 683-687, 1991, Feb.
- 13) Gayton, W.F., Skelton, K., Waichunus, M. and Hearn, J.F.: Validities of the physical estimation scale in predicting running times. *Perceptual and Motor Skills*, 68(1), 252-254. 1985.
- 14) Murray, T.D., Walker, J.L., Jackson, A.S., Morrow, J.R.Jr., Eldridge, J.A. and Rainey, D.L.: Validation of a 20-minute steady state jog as an estimate of peak oxygen uptake in adolescents. *Res. Quart. for exercise and sport*. 64(1), 75-82, 1993, Mar.
- 15) Marino, F.E., Mbambo, Z., Kortekaas, E., Wilson, G., Lambert, M.I., Noakes, T.D. and Dennis, S.C.: Advantages of smaller body mass during distance running in warm, humidity environments. *Pflugers Archive*, 441(2/3), 359-367, 2000.
- 16) McConell, G.K., Costill, D.L., Widrick, J.J., Hickey, M.S., Tanaka, H. and Gastin, P.B.: Reduced training volume and intensity maintain aerobic capacity but not performance in distance runners. *Int. J. of Sports Medicine*, 14(1), 33-37, 1993, Jan.
- 17) Houmard, J.A., hortobagyi, T., Johns, R.A., Bruno, N.J., Nute, C.C., Shinebarger, M.H. and Welborn, J.W.: Effect of short-term cessation on performance measures in distance runners. *Int. J. of sports Med.*,

13(8), 572-576, 1992, Nov.

- 18) Houmard, J.A., Costill, D.L., Mitchell, J.B., Park, S.H., Hickner, R.C., Roemmich, J.N.: Reduced training maintains performance in distance runners. *Int. J. of Sport Med.* 11(1), 46-52, 1990, Feb.

- 19) 新居利広, 大崎 栄, 河野建仁, 風見昌利, 呉林蘭, 山村雅一, 岩垣丞恒: 持久性トレーニングの有酸素条件は長距離選手の脂質利用を亢進する, 東海大学紀要体育学部, 33, 1-10, 2003.



長距離選手における 血液粘度と血液諸物質との関係

岩垣 丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科)
新居 利広 (体育学部競技スポーツ学科) 山村 雅一 (医学部分子生命科学Ⅰ)

Relationships among blood viscosity, blood cells,
and substances in student distance runners

Suketsuene IWAGAKI, Sakae OHSAKI, Toshihiro ARAI and Masaichi YAMAMURA



Abstract

We investigated the relationships among blood viscosity, blood cells, and substances in student long distance runners, who have trained in distance running for 7-11 years, to clarify the background of decreased viscosity occurring by prolonged endurance training, and the following results were obtained :

There were significantly high relationships among blood viscosity and Hct, RBC, and Hb ($r = 0.75$, $r = 0.60$, $r = 0.79$, respectively $p < 0.05$). Decrease of blood viscosity with prolonged endurance training in distance runners was mainly depended on decreased RBC. The relationship between blood viscosity and WBC was weak, but positively significant ($r = 0.35$, $p < 0.05$). The number and function of WBC influenced the viscosity. Despite the numbers of platelets, the relationship between platelets and blood viscosity was extremely weak, but positively significant ($r = 0.25$, $p < 0.05$). Then, functional role of the platelets influenced blood viscosity and decrease of blood viscosity occurred with the decrease of platelets with endurance training. In addition, there were significantly negative relationships among blood viscosity, MCV, and MCH ($r = -0.25$, $r = -0.36$, respectively $p < 0.05$). Decreased blood viscosity with the decrease of RBC compensatively caused intrinsic changes in MCV and MCH. There were negative and positive relationships among blood viscosity, serum HDL and Fe ($r = -0.25$, $r = 0.28$, respectively, $p < 0.05$), but among blood viscosity, other metabolic substances and enzymes. These results mean that LCAT activity and hemoglobin synthesis related to RBC occur together with the decrease of blood viscosity induced by endurance training. Therefore, decreased blood viscosity with endurance training is not only dependent on the decrease of RBC, but also on various factors related to RBC metabolism induced by endurance training for a prolonged period.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 18-27, 2006)

I. 緒 言

長距離選手のトレーニングは、長時間の持久運動を主体とした呼吸・循環系の生体負担を特徴と

している。その効果は最大酸素摂取量の増加、心拍数ならびに血圧の低下として認められ、この背景には循環系での円滑な血流と心臓・血管系への負担の軽減が生じ、迷走神経系緊張の優位が考えられている。しかし、これらの構造や機能にの

み変化が生じるだけではなく、この主体となる血液そのものに変化が起きている¹⁾。古くは持久性運動が赤血球の減少を招き、“sports anemia”として知られている²⁻⁵⁾。このような現象が起きているにもかかわらず、選手の記録の更新が起き、酸素運搬体としての赤血球の役割から見れば paradox である。

運動に伴う血液粘度に関しては plasma volume⁶⁻¹⁰⁾、von willbrand¹¹⁾、fibrinogen^{12, 13)}、serum leptin¹⁴⁾、赤血球 MCV¹⁵⁾、赤血球膜¹⁶⁻¹⁸⁾、赤血球数に関する検討が行われ、Brun, J. F. たち¹⁹⁻²²⁾の研究では血液乳酸が赤血球の変形能を変え、酸素供給の改善が血液中の脂質の利用を高める結果となり、血液乳酸は switch substance であることを報告している。Connes, P. たち²³⁾もヘモグロビンの不飽和化が血液粘度を高める原因となっていることを報告している。Galy, O. たち²⁴⁾も、動脈中の酸素不足が赤血球硬化 (erythrocyte rigidity) を引き起こし、酸素供給が悪化すると報告している。しかし、いずれの研究も運動そのものの影響を検討したもので、長期にわたる持久的トレーニングの結果として、どのような血液性状が形成されているかを検討したのではない。長距離選手のトレーニングがきわめて長期にわたって行われている現状を見ると²⁵⁾、このような変化を引き起こしている集団としての検討が必要で、これまで報告されている一過性の運動の影響とは意味が異なる。

山村たち²⁶⁾は長距離選手の血液粘度が一般の対象者に比べ有意に低いことを報告した。この意味を7~11年にわたる持久性トレーニングでもた

らされた現象と考えると、このような変化は長距離運動にとっては不可欠な現象として発現したものと考えられる。

血液粘度そのものの変化は当然血液成分の変化に依存する現象であり、長期にわたる持久性トレーニングの影響はそれぞれの成分の変化が関与し、決して単独な因子による現象ではないはずである。本件研究ではこれらの背景を考慮し、7~11年の経験をもつ、長距離選手の血液粘度と血液諸物質との関係から、血液粘度の低下に伴う血液性状を明らかにしようとした。

II. 研究方法

1. 対象者

本研究の対象者はT大学男子学生78名である。対象者は7~11年の経験者で、身体的特徴、5000 m、10000 m の performance を表1に示した。持久性トレーニングの経験年数は7~11年、身体的特徴としての比体重は $33.5 \pm 1.0\%$ であり、長距離選手としての特徴を備えている集団であることは明らかである。

本研究の実施に当たっては東海大学湘南校舎倫理委員会「ヒトに関する倫理」へ申請し、承認を得た。各対象者には研究目的、結果の意義と利用方法について説明し、各自から承諾書を得た。

2. 血液検査

血液検査はトレーニング量の少ない時期を選び、4月、6月、9月で、採血はすべて早朝空腹時

表1 対象者の身体的特性、年齢と、performance (5000 m、10000 m)
Table 1 Physical characteristic of student distance runners and performances (5000 m, 10000 m)

	Age (year)	Sex	Body height (cm)	Body weight (kg)	Relative weight (%)	5000 m	10000 m
n = 78	19.1 (1.0)	male	170.7 (3.7)	57.4 (3.6)	33.5 (1.6)	14'40" (17')	30'26" (41') (S.D.)

(7:30~8:30) に行った。延べ人数としてのサンプル数は187であった。

測定項目は細胞成分としての赤血球 (RBC)、平均赤血球容積 (MCV)、平均血色素量 (MCH)、白血球 (WBC)、血小板 (Plt)、代謝産物としての血糖 (BG)。トリグリセリド (TG)、高密度リポタンパク質 (HDL)、逸脱酵素として乳酸脱水素酵素 (LDH)、クレアチン燐酸キナーゼ (CPK)、トランスアミナーゼ (GOT、GPT) とし、これらの項目の分析・定量はすべてSR社へ依頼した。

3. 血液粘度の測定

血液粘度の測定には血液粘度測定器 (ブルックフィールド社) を用い、抗凝固血液を37度、60回転で測定し、血液粘度 (c.P) を得た。

4. 統計学的処理

統計学的処理にはピアソンの相関関係を用い、危険率5%以下で有意とした。

5. 究課題

A. 血液粘度と Hct、Hb、Hb との関係

血液粘度は血液に含まれる細胞成分ならびに含有物質濃度に依存するが、ここではその中心となる赤血球成分との関係を明らかにする。

B. 血液粘度と白血球との関係

白血球は赤血球に比べその数は著しく少ないが、白血球としての機能的役割を考えると血液粘度との関係があり、その意味で血液粘度との関係を求めた。

C. 血液粘度と赤血球因子との関係

赤血球には数だけではなく、容積 (MCV)、血色素量 (MCH) の変化があり、RBC の変化は、これらの因子に与えている影響が考えられる。血液粘度の変化に伴うこれらの変化を求めた。

D. 血液粘度と血小板との関係

血小板の役割から見れば、その凝固作用は血液

粘度に大きく影響する。この意味から大きさは小さいが、数は多くこの可能性は無視できない。この意味から、血液粘度の低下に伴う血小板の変化を求めた。

E. 血液粘度と HDL ならびに Fe との関係

HDL ならびに Fe は赤血球に直接関係する物質であり、RBC の数の変化や機能的な変化はこれらの物質との関係を持ち、その結果が、間接的ではあるが、血液粘度との関係を持つと考えられる。

F. 血液粘度と代謝産物、逸脱酵素との関係

これらの物質の存在も血液粘度の原理から見れば関係している。ここでは血液粘度に対してどの程度の影響を持つかを求めた。

Ⅲ. 研究結果

1. 血液粘度と血液中の細胞成分との関係

1) 血液粘度とヘマトクリット値、赤血球数、ヘモグロビン量

血液粘度ヘマトクリット値 (Hct)、赤血球数 (RBC)、ヘモグロビン量 (Hb) との関係を図1に示した。これらの間にはそれぞれ統計学的に有意な相関関係が認められた ($r = 0.75$ 、 $r = 0.69$ 、 $r = 0.79$ 、それぞれ、 $p < 0.05$)。これらの結果から、血液粘度に対しては血液の中心的成分としての赤血球の影響が著しく高く、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下は赤血球数の低下に依存していた。

2) 血液粘度と白血球数との関係

白血球数は赤血球数のおよそ500分の1で、量的に見ると赤血球数とは比較にならない。しかし、血液粘度との関係を求めると、図2に示したように、弱い相関関係が認められた ($r = 0.36$ 、 $p < 0.05$)。この弱い相関関係は血液全体としての粘度との関係であり、その数から見れば、おのずと限定された関係にとどまる。

長距離選手における血液粘度と血液諸物質との関係

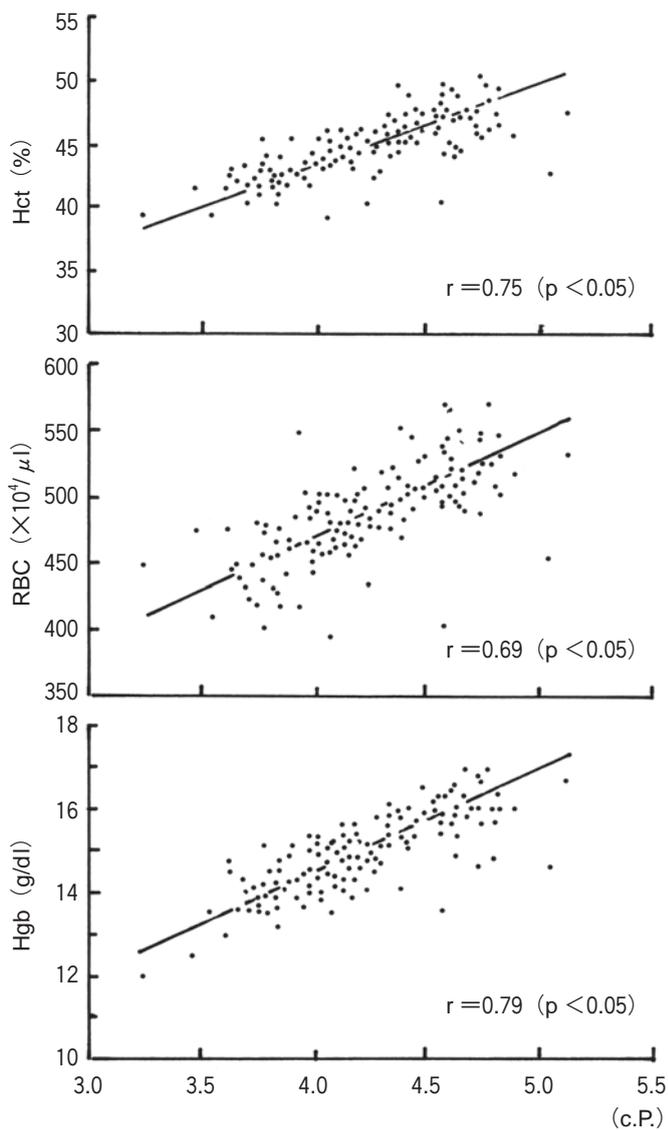


図1 長距離選手の血液粘度とヘマトクリット (Hct)、赤血球数 (RBC)、ヘモグロビン (Hb) との関係

Fig. 1 Relationships among blood viscosity, Hct, RBC, and Hgb in distance runners

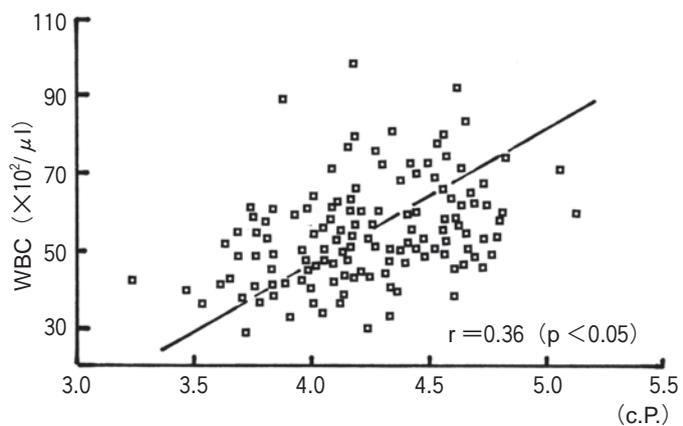


図2 長距離選手の血液粘度と白血球数との関係

Fig. 2 Relationship between blood viscosity and WBC in distance runners

3) 血液粘度と血小板との関係

血液粘度と血小板数との関係を図3に示した。細胞の大きさから見れば極めて小さな細胞であるが、数から見ると赤血球に次いで多い。図3に示したように、極めて弱い相関関係であるが、統計学的には有意な相関関係が見出された ($r = 0.25$, $p < 0.05$)。したがって、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下には血小板の低下も関係していた。

2. 赤血球に起きている現象

1) 平均赤血球容積 (MCV) に起きている現象

持久性トレーニングに伴う血液粘度の変化には赤血球細胞の変化が問題となる。血液粘度を指標として、赤血球容積との関係を求め、図4(A)に示した。これらの間には負の相関関係が認められた ($r = -0.25$, $p < 0.05$)。したがって、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下に際しては赤血球容積の増大が起きている。

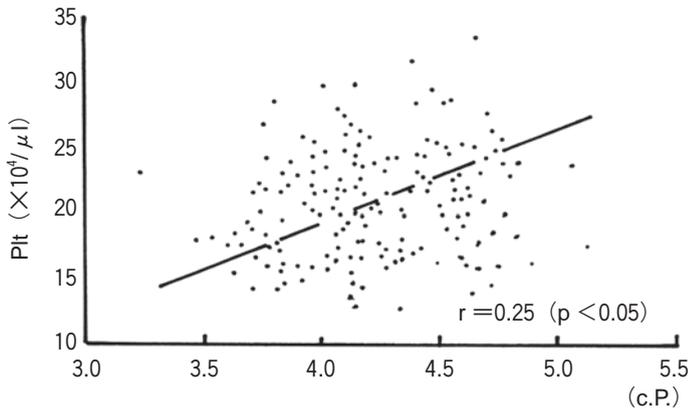


図3 長距離選手の血液粘度と血小板との関係

Fig. 3 Relationship between blood viscosity and platelet in distance runners

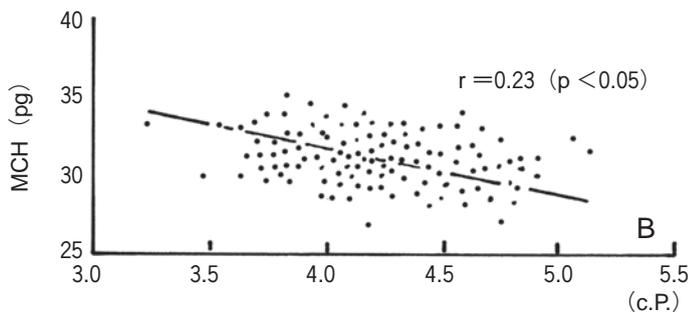
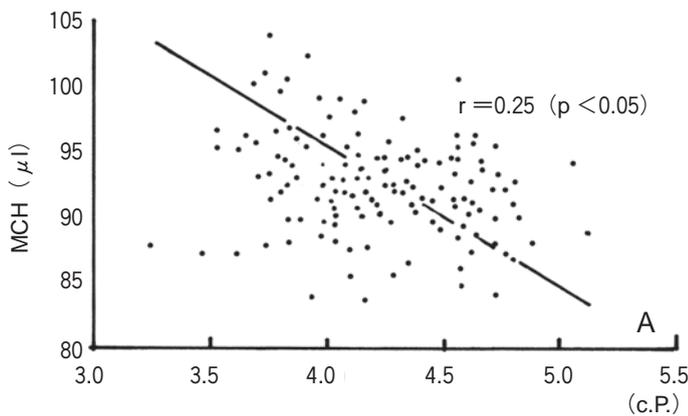


図4 長距離選手の血液粘度と赤血球因子との関係

Fig. 4 Relationship between blood viscosity and RBC factors (MCV, MCH)

2) 赤血球色素量 (MCH) に起きている現象

酸素運搬体としての赤血球細胞の立場から見ると、MCV だけの増大では意味はない。そこで、血液粘度と赤血球色素量との関係を求め、図 4 (B) に示した。これらの間にも負の相関関係が認められ ($r = -0.23, p < 0.05$)、血液粘度の低下に際しては、MCV の増大だけではなく、MCH も増加し、hemoglobin 量の代償的变化が認められた。

Cholesterol acyltransferase: LCAT) を膜の表面に存在し、赤血球膜と密な関係にある。Fe は transferrin を介してヘモグロビンの合成に関与している。これらの意味から血液粘度との関係を求めると、極めて弱い相関関係ではあるが、それぞれ統計学的には有意な関係が見出された ($r = -0.26, r = 0.25$ 、それぞれ、 $p < 0.05$)。したがって、これらの変化は持久性トレーニングに伴う現象で、血液粘度の一連の変化として発現していた。

3. 血液粘度と血清、Fe との関係

赤血球にまつわる物質として、HDL と Fe との関係を図 5 にまとめた。

Cholesterol 処理としての LCAT (Lecithin-

4. 血液粘度と代謝物質、ならびに逸脱酵素との関係

血液中の代謝産物ならびに逸脱酵素の存在がありこれらの物質の量的変化と血液粘度との関係を

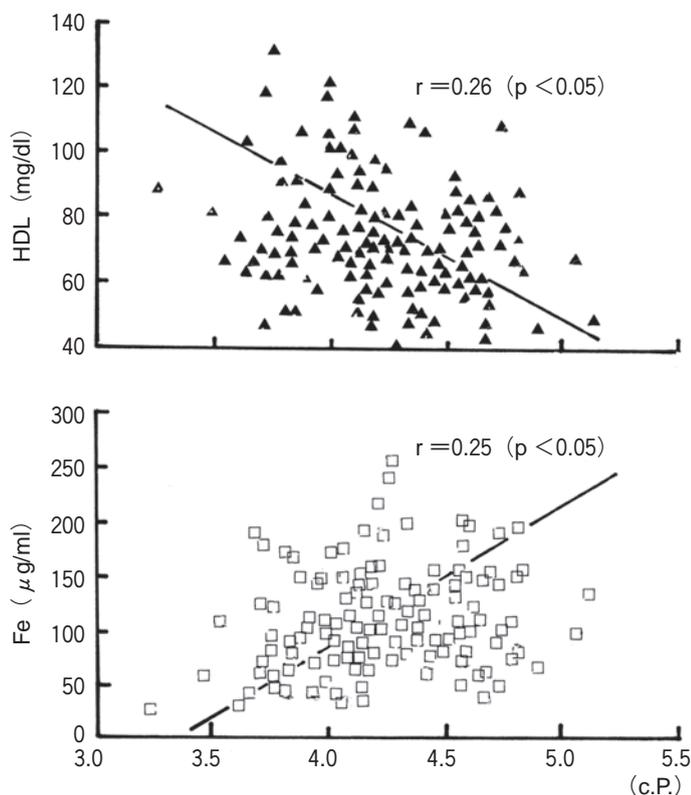


図 5 血液粘度と血漿 HDL、Fe との関係
Fig. 5 Relationship among blood viscosity, plasma HDL and serum Fe

表 2 長距離選手における血液粘度と代謝産物ならびに逸脱酵素との関係

Table 2 Relationships among blood viscosity, serum substances, and enzymes in distance runners

BG	TG	T-cho	GOT	GPT	LDH	CPK
$r = 0.13$	$r = 0.05$	$r = 0.00$	$r = 0.11$	$r = 0.06$	$r = 0.07$	$r = 0.07$
$p > 0.05$						

表2にまとめた。いずれの物質においても血液粘度との関係は認められなかった。したがって、長距離選手という限定された対象者ではこれらの関係は著しく低い。

Ⅲ. 考 察

血液粘度の変化は血流速度への影響が大きく、血液粘度は血流速度と反比例の関係にある。運動時の心拍出量の増加では血流速度が高まるため、血液粘度の違いは心臓・血管系への負担を大きく変える要因である。長距離選手の持久性トレーニングは、負荷強度はもとより、頻度の多さや持続時間の長さを考慮すると、心臓・血管系に対する負担は他のスポーツ活動に比較にならないほど大きい。

血液粘度は血液に含まれる細胞成分と血漿成分により決定される。大きさ、数、存在様式の違いは原理的には血液粘度に反映される。しかし、血液粘度の測定では、これらを含めて測定するため、含有するすべての要因を測定できるわけではない。

持久性トレーニングを長期にわたって観察すると、すでに報告してあるように¹⁾、赤血球の低下に伴い、血液粘度の低下が出現し、このような時期に performance (5000 m) の更新が起き、酸素運搬体としての立場から見ると paradox である。長距離選手全員で生じている現象として考慮すると、持久性トレーニングに伴うこのような変化は長距離選手にとって不可欠な要素となっているのではなからうか？

長距離選手の血液粘度が一般人の対象者に比べ、統計学的にも有意に低いことはすでに報告されている²⁶⁾。血液粘度だけの立場で見ると、この粘度の低さは心臓・血管系にとって極めて有意義であるが、持久性トレーニングの特徴として見られる sports anemia に関わる現象と一致し、この状態で記録の更新が起きることは paradox となる。

持久性トレーニングでは単に血液粘度の変化だけでなく、さまざまな要因が相互的に関係し、

生体全体としての機能を高める働きが考えられ、この意味では血液粘度と血液諸物質との間に相関関係が成立しているはずである。

血液粘度と Hct、RBC、Hgb との間には、図1に示したように、それぞれ高い、有意な相関関係が得られた ($r = 0.75$, $r = 0.69$, $r = 0.79$, それぞれ, $p < 0.05$)。したがって、長期の持久性トレーニングに伴い RBC の低下が起きていることは確かで、その結果として血液粘度に低下が起きている。しかし、このままでは paradox の解決にはならない。

ところが、血液粘度と赤血球容積、ならびに赤血球色素量との関係を求めると、図4に示したように、これらの間にはいずれも負の相関関係が得られ、統計学的にも有意な関係にあった ($r = -0.25$, $r = -0.23$, それぞれ, $p < 0.05$)。したがって、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下では、赤血球数は減少するが、代償的に赤血球の容積ならびに色素量は増加し、少なくとも多くのヘモグロビンを運搬する状態をとっている。すなわち、長期にわたる持久性トレーニングでは血流速度を増すための血液粘度の低下が起きるが、赤血球は増大し、色素量も多くなり、酸素供給を高め、運動の持続を可能とする代償的現象と考えられる。

一方、血液粘度と白血球数、血小板の間にも弱い相関関係が認められ、それぞれ統計学的には有意な関係が見出された ($r = 0.36$, $r = 0.25$, $p < 0.05$)。これらの関係の発現は赤血球数の変化と一致し、血液粘度との間には正の相関関係が成立していた。これらの結果を見る限り、持久性トレーニングによる赤血球の変化は末梢的現象ではなく、幹細胞を中心とした中枢的現象と考えられる。Ehn, L. E. (1980)²⁷⁾ は長距離選手では59Feを用いた鉄寿命の半減期が半減し、1000日に短縮し、赤血球の turnover が速まっていることを報告している。

しかしながら、血液粘度も RBC も、障害によるトレーニングの中止では回復している現状を見

ると、持久性トレーニング時に限定して発現している現象と考えられる

血液粘度と血清 Fe、HDL との間には図 5 に示したように、弱い相関関係が認められ、いずれも統計学的には有意であった ($r = -0.26$, $r = 0.25$, それぞれ, $p < 0.05$)。これらの相関関係の成立にはいずれも赤血球に関する要因が関与しているものと思われる。血清 Fe は transferrin を介して hemoglobin の合成に関与している。HDL には LCAT (Lecithin-cholesterol-acyltransferase) が存在し、細胞膜 cholesterol と赤血球膜 PC (phosphatidylcholine) を介して cholesterol ester を合成し、肝臓での cholesterol 処理を行っている。これらの意味から推測すると、赤血球自体の変化は赤血球そのものだけで起きている現象ではなく、赤血球を取り巻く要素との関係を含んだ内容として、発現している現象と言える。

ところが、表 2 に示したように、血清中の代謝産物や逸脱酵素においては血液粘度との関係はまったく認められなかった。これらの成分の濃度や大きさは極めて小さく、理論的には関係を持つことになるが、血液全体の粘度の測定では、よほどの濃度の増加でない限り、血液粘度への影響は極めて小さいと言える。Brun, F. J. たち¹⁹⁻²⁴ は血液中乳酸が switch substance として赤血球 MCV に影響を与えていることを報告している。宇津は¹⁵ 運動開始時に同様の現象が認められ、酸素濃度が高めると in vitro で同様の結果が得られることを示し、むしろ酸素濃度との関係が考えられる。しかし、これらの問題は運動時の問題であり、この結果が長期トレーニングの結果にどのように関係してくるかは定かではない。

これらの結果から、持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下は主に赤血球の低下によるが、単に赤血球数だけが低下するのではなく、MCV, MCH の増加を伴う変化である。この変化が白血球、血小板にも認められることから、幹細胞を中心とした変化と考えられ、赤血球を取り巻く代謝的变化が成立することで、はじめて認められ、この意味でも長期のトレーニング期間を要する。

IV. 総括

学生長距離選手を対象者とし、血液粘度と細胞成分ならびに血清物質との関係を求め次のような事柄が明らかとなった。

1. 長距離選手の血液では血液粘度とヘマトクリット値、赤血球数ヘモグロビン濃度との間には、極めて高い正の相関関係が認められた (それぞれ, $r = 0.75$, $r = 0.69$, $r = 0.79$, $p < 0.05$)。したがって、長期にわたる持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下には主に赤血球の低下が関与していた。
2. 長距離選手の血液では血液粘度と白血球との間に弱い相関関係が認められた ($r = 0.36$, $p < 0.05$)。したがって、単に、細胞数だけの問題ではなく、その機能的働きも血液粘度に影響していることが明らかとなった。
3. 長距離選手の血液粘度と血小板との間にも弱い相関関係が認められた ($r = 0.25$, $p < 0.05$)。統計学的に有意であることから、数や大きさだけではなく、血小板の働きそのものが血液粘度に影響を与える要因である。
4. 長距離選手の血液粘度と赤血球因子 (MCV, MCH) との間には有意な負の相関関係が認められた ($r = -0.25$, $r = -0.35$, それぞれ $p < 0.05$)。これらの関係の成立は持久性トレーニングに伴う血液粘度の低下には赤血球数の低下のみならず、赤血球細胞の変化を伴っていることを示し、MCV, MCH の増大や増加は赤血球数低下の代償的变化と考えられる。
5. ところが、血清 HDL ならびに Fe との間にも負の相関関係が認められた。 ($r = -0.26$, $r = 0.25$, それぞれ, $p < 0.05$) これらの相関関係の成立は LCAT やヘモグロビン合成などと赤血球が強く関係しているためと考えられた。
6. しかし、代謝産物としての TG, BG、あるいは逸脱酵素には血液粘度との関係は全く認められなかった。

参考文献

- 1) Iwagaki, S., Arai, T. and Yamamura, M.: Decrease in red blood cells in prolonged endurance training. *Spectrum der Sportwissenschaften* 12, 74-83, 2000.
- 2) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第1報—赤血球新生破壊に及ぼす影響，*体力科学*，7，2312-241，1958.
- 3) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第2報—運動鍛錬時の赤血球の抵抗性について，*体力科学*，7，242-251，1958.
- 4) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第3報—運動鍛錬時における赤血球幕燐の代謝について，*体力科学*，7，81-91，1958.
- 5) 吉村寿人：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第4報—運動鍛錬時の赤血球鉄分の代謝について，*体力科学*，8，92-98，1958.
- 6) El-Sayed M. S.: Effects of exercise and training in blood rheology. *Sport Med. (Auckland, N. Z.)* 26(5), 281-292, 1998.
- 7) Neuhaus, D. Gaetgens, P.: Haemorheology and long term exercise. *Sports. Med. (Auckland. N. Z.)* 18(1), 10-21, 1994.
- 8) Neuhaus D., Behn C., Gaetgens P.: Haemorheology and exercise; intrinsic flow properties of blood in marathon running. *Int. J. Sports Med.* 13(7), 506-511, 1992.
- 9) Vndewalle, H., Lacombe, C., Lelievre, J. C., Poirot C.: Blood viscosity after a 1-h submaximal exercise with and without drinking. *Int. J. Sports Med.* 9(2), 104-107, 1988.
- 10) Staubli, M. and Rossler, B.: The mean cell volume in long distance runners. *Euro. J. Appl. Physiology and Occu. Physiol.* 55(1), 49-53, 1986.
- 11) Melnikov, Andrey A., Vikulov, Alexander D. and Bagrkova, Svetlana V.: Relationships between von Willbrnd factor and hemorheology in sportsmen. *Clin. Hemorheol. and Microcircul.* 29(1), 19-24, 2003.
- 12) Wood, S. C., Doyle, M. P., Appenzeller O.: Effects of endurance training and long distance running on blood viscosity. *Med. and Scie. in Sports and Exerc.* 23(11), 1265-1269, 1991.
- 13) Melnikov, A., Vikulov, A. D., Bagrakova, S. V., Turchaninov, S. Y.: Hematosis, lipid metabolism and hemorheology in sportsmen. *Gematologia i Transfuziologia* 47(6), 39-42, 2002.
- 14) Haluzic, M., Halzikova, D., Boudova, L., Nedvidkova, J., Brandejjsky, P., Novotny, V., Vilikus, Z.: The relationship of serum leptin and parameters of endurance training status in top sportsmen. *Endocrine Reseach.* 25(3, 4), 357-369, 1999.
- 15) 宇津 浩：運動時における赤血球 MCV の変化について，*東海大学体育学研究科 2002年度修士論文*.
- 16) Oostenbrug, G. S., MenSink, R. P., Hardemman, M. R., De Vries, T., Brouns, F., Homstra, G.: Exercise performance, red blood cell deformability, and lipoperoxidation; effects of fish oil and vitamin E. *The Netherlands J. Appl. Physiol.* 83(3), 746-752, 1997.
- 17) Tanaka, K., Koga, K., Kawamura, T., Soejima, T., Endou, T., Bandoh, T., Fukuda, K., Kanai, N., Sakakibara, M., Umeken Co.Ltd.: Evaluation of the effects of Japanese apricot extracts on blood fluidity by mean of MC-FAN. *Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi*, 57(2), 81-87, 2004.
- 18) Kobayashi, S., Takaoka, I., Sawaki, K., Terano, T., Hirai, A., Fijishiro, S., Saito, Y., Nakajima, S.: Effects of fish oil ingestion on red blood cell (RBC) membranes function of a long-distance runner in high-altitude training. *Shishitsu Eiyogaku*, 12(1), 75-84, 2003.
- 19) Brun, J. F. et al.: Maximal oxugen uptake and lactate thresholds during exercise are related blood viscosity and erythrocyte aggregation in professional football player. *Clin. Hemorheol.* 15, 201-212, 1995.
- 20) Connes, P., Bouix, D., Durand, F., Kipplen, P., Merier, J., Brun, J-F., Caillaud, C.: Is hemoglobin desaturation related to blood viscosity in athletes during exercise? *Int. J. Sports Med.*, 25(8), 569-574, 2004.
- 21) Varlet-Marie, E., Brun, J-F.: Reciprocal relationships between blood lactate and hemorheology in athletes; Another hemorheologic paradox. *Clini. Hemorhel. and Microcircul.* 30(3, 4) 331-337, 2004.
- 22) Brun, J-F, Varlet-Marie, E., Cassan, D., Manetta,

- J., Mercier J.: Blood fluidity is related to the ability to oxidize lipids at exercise. *Clin. Hemorheol. and Microcircul.* 30(3, 4), 339-343, 2004.
- 23) Connes, P., Bouix, D., Py, G., Prefaut, C., Mercier, J., Brun, J.-F.: Opposite effects of in vitro lactate on erythrocyte deformability in athletes and untrained subjects. *Hemorheol. And Microcircul.* 31(4), 311-318, 2004.
- 24) Galy, O., Heu, O., Boussana, A., Peyreigne, C., Prefaut, C.: Blood rheological responses to running and cycling: a potential effect on the arterial hypoxia of highly trained athletes? *Int. J. Sports Med.* 26(1), 9-15, 2005.
- 25) Adachi, H., Sakurai, S., Tanehara, M., Oshima, S., Taniguchi, K.: Effect of long-term exercise training on blood viscosity during endurance exercise at an anaerobic threshold intensity. *Japanese Circul. J.* 64(11), 848-850, 2000.
- 26) 山村雅一, 新居利宏, 岩垣丞恒: 糖尿病患者における紅参投与と血液粘度, *Therapeutic Research*, 18, 24-26, 1997.
- 27) Ehn, L. E.: Iron status in athletes involved in intense physical activity. *Med. Sci. Sports Exer.* 12, 61-64, 1980.



学生長距離選手における 赤血球 MCV 増大の背景

新居利広 (体育学部競技スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科)

孫 崗 (筑波大学人間総合科学研究科) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)

山村雅一 (医学部分子生命科学 I)

Background of increased MCV of student distance runners

Toshihiro ARAI, Sakae OHSAKI, Sun GANG, Suketsune IWAGAKI and Masaichi YAMAMURA



Abstract

Mechanism on increased MCV of distance runners with prolonged endurance training for four years was studied from viewpoint of red blood cell factors. Subjects were male student distance runners belonged to training dormitory for four years. Blood sampling was carried at early in the morning under postabsorptive state. Number of the sampling was 6 times per year and total number of the sampling was 24. RBC, MCV, MCH, and Hb were determined. MCV of distance runner showed individual changes during four years, despite of the same amount of endurance training. Then, changes in MCV have individuality against the prolonged endurance training. Changes of MCV (Δ MCV) induced by the training four years were classified into H- Δ MCV ($7.4 \pm 1.8 \mu\text{l}$), M- Δ MCV ($4.4 \pm 0.51 \mu\text{l}$), and L-MCV ($1.17 \pm 0.95 \mu\text{l}$). There was significant difference between them ($p < 0.05$). Significant relationship between MCV and MCH was at over $88 \mu\text{l}$, but at low $88 \mu\text{l}$. Δ MCH was large at H- Δ MCV, but not at other Δ MCV groups. In particular, the MCH of L- Δ MCV was negative. Besides, in H- Δ MCV group, significant decrease of Hb and RBC occurred with the prolonged endurance training. With comparison before and after RBC, the RBC of H- Δ MCV group was significantly higher than those of other group. From these results, we concluded that the increases of MCV with prolonged endurance training was limited in subjects with high RBC concentration and that positive relationship between MCV and MCH contributed improvement of performance.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 28-35, 2006)

I. 緒 言

持久性トレーニングを行う学生長距離選手の赤血球特性を縦断的に4年間観察すると、赤血球数 (RBC: red blood cells) の減少に伴い、赤血球容積 (MCV: mean capsular volume) と血色素量 (MCH: mean capsular hemoglobin) の

増加が起き、これらの変化と performance (5000 m) との間には相互関係が認められ、赤血球の低下が performance の向上に関係していた¹⁾。しかしながら、持久性能力の評価は最大酸素摂取量が指標であり²⁾、この基盤となる hemoglobin (RBCxMCH) の存在を考えると、記録の更新と赤血球減少との関係には矛盾がある。これらの変化が持久性トレーニングに伴う現象と考えると、

赤血球数の低い選手は sports anemia³⁻⁶⁾ となり、トレーニング効果は期待できない。前回の報告では¹⁾ 4年間の縦断的調査であったが、対象者が6名であり、普遍的現象として説明づけるには不十分である。

持久的運動並びに持久性トレーニングと赤血球との関係については既に多くの研究報告があり、heat shock protein⁷⁾、 β -adrenergic receptor⁸⁾、iron deficiency⁹⁻¹²⁾、EPA^{13, 14)}、RBC property^{15, 16)}、oxygen dissociation¹⁷⁾、erythrocyte enzymes¹⁸⁾、total hemoglobin(tHb)^{19, 20)} などの研究が報告されている。これらの研究ではすべて横断的であり、運動時間あるいはトレーニングの期間も極めて限定されている。我々はより現場に即した赤血球因子の変化に注目し、この解決を目的としているので他の研究者の目的とは著しく異なる。長距離選手の持久性トレーニング効果は極めて長期のトレーニングで得られている現状を見ると、我々の研究成果はより現実的結果となることが考えられる。

本研究では長距離選手として大学に4年間在籍した男子選手36名について、RBC、MCV、MCHの変化を縦断的に調査し、これらの相互関係から、持久性トレーニングに伴うRBC減少とMCV増大の背景を赤血球因子の立場から明らかにしようとした。

II. 研究方法

1. 対象者

本研究の対象者はT大学陸上部長距離ブロックに4年間所属した36名の男子学生である。これらの学生は全員合宿所に居住し、食事、トレーニングはほとんど同一条件下にあり、任意の集団と比較すれば統一された条件下にあった。彼らのトレーニング量は日常的に平均22km/日、月間600km以上であった。

本研究の実施に当たっては東海大学湘南校舎倫理委員会「ヒトに関する倫理」へ各自の承諾書をもって申請し、承認を得た。

2. 血液検査とその項目

血液検査は4、6、8、10、12、2月に、およそ2カ月に1回行い、すべて早朝空腹時とした。したがって、4年間における各個人の検査結果は少なくとも20~24回に及び、個人での赤血球因子の相互関係を求めることができる。血液は直ちにSRL社へ輸送し、各項目の測定を依頼した。測定項目は赤血球(RBC)、ヘモグロビン(Hb)、平均赤血球容積(MCV)、平均血色素量(MCH)である。

3. 分析方法

1) 4年間でのMCV変化量(Δ MCV)

赤血球のMCV変化はさまざまで、その時々による変化の違いが起きる。4年間の血液検査ではおよそ20~24回の検査結果が得られるので、これらの各対象者について、4年間におけるMCV変化量の回帰直線を作成し、外挿法を用いてMCVの変化量(Δ MCV)を求めた。

2) Δ MCVの分類

Δ MCVには大きな選手、中程度の選手、小さな選手がいた。これらを Δ MCVの平均値を中心に、統計学的に $+2\sigma$ 、 $\pm 1\sigma$ 、 -2σ に区分し、high- Δ MCV ($7.4 \pm 1.8 \mu\text{l}$)、middle- Δ MCV ($4.4 \pm 0.5 \mu\text{l}$)、Low- Δ MCV ($1.17 \pm 0.95 \mu\text{l}$)の群に分け、それぞれの群で起きるRBC、MCHの変化について検討した。

3) MCV-MCH関係

一般的にはMCV-MCHの関係が成立している。この関係は直接的にhemoglobin(Hb)量を決定する要因であり、MCVの変化に対するMCHの動態は重要な問題となる。各対象者についてMCVとMCHの相関係数を求め、持久性トレーニングに伴うRBCの減少に対し、相関関係の依存性を検討した。

4) Δ MCV別に見た赤血球数の変化

持久性トレーニングに伴うRBC、MCVの変

化はトレーニング開始時のRBCが問題となる。RBCの高い選手、低い選手、いずれの場合でも同じ影響が起きるか否かを明らかにする必要がある。そこで、 Δ MCVの違いによる持久性トレーニング前後の赤血球数変化について検討した

5) Δ RBC- Δ MCV 関係

4年間の持久性トレーニングに伴う赤血球数(RBC)と平均赤血球容積(MCV)をそれぞれの変化量で表し、 Δ MCV変化量と赤血球数変化量(Δ RBC)との関係を検討した。

4. 統計学的処理

本研究での統計学的処理についてはすべて student "t" テストを用い²¹⁾、有意性の検討は5%以下の危険率を用いた。

Ⅲ. 結 果

1. 赤血球 MCV の初期値の違いによる持久性トレーニングの影響の変化

赤血球 MCV の初期値にはかなり個人差が見られ、持久性トレーニングの影響もこの初期値に関係していることが考えられる。この手がかりを得る目的で、この初期値を均等区分し、 $85 \mu\text{l}$ 以下 ($n = 5$)、 $86 \sim 87 \mu\text{l}$ ($n = 14$)、 $88 \sim 89 \mu\text{l}$ ($n = 9$)、 $90 \mu\text{l}$ 以上 ($n = 8$) に分けた。図1はその結果である。この図からも明らかなように、初期値が小さい群では MCV の変化量 (Δ MCV) が大きく ($p < 0.05$)、逆に初期値の大きな群では MCV の変化量が小さく、統計的にも有意差は認められなかった。したがって、持久性トレーニング開始時の MCV が平均的に $89 \mu\text{l}$ 以下であれば Δ MCV の増加となるが、 $91 \mu\text{l}$ 以上ではこのような増加は起きていないことが明らかとなった。

2. 赤血球 MCV の変化量 (Δ MCV) について

4年間にわたる各個人の赤血球 MCV の変化量 (Δ MCV) を回帰直線から求め、4年間における

これらの変化量を統計学的に3群に分けた。高い Δ MCV 群 (H- Δ MCV)、中程度の Δ MCV 群 (M- Δ MCV)、小さな Δ MCV (L- Δ MCV) 群とし、それぞれの特徴を図2にまとめた。H- Δ MCV 群は $7.4 \pm 1.8 \mu\text{l}$ 、M- Δ MCV 群は $4.4 \pm 0.51 \mu\text{l}$ 、L- Δ MCV 群は $1.17 \pm 0.95 \mu\text{l}$ であった。これらの間にはそれぞれ統計学的にも有意な差が認められた ($p < 0.05$)。したがって、4年間同じトレーニングを行っていても、 Δ MCV の変化にはかなり特徴があり、この原因が求められれば Δ MCV の背景が明らかとなる。

3. MCV-MCH 相関関係の分布

対象者36名について MCV-MCH の相関係数を求めその分布図を図3に示した。相関係数 $r = 0.4$ ($n = 25$) として相関係数の有意性を求めると、36名中20名では MCV-MCH 関係が成立していなかった。しかし、残りの16名ではこれらの間に統計学的にも有意な関係が成立していた。このように、見かけ上では同じトレーニングを行っているが、赤血球の立場で見ると、持久性トレーニングに伴う MCV-MCH 関係には個人差が出現し、一般的に見られる正の相関関係が必ずしも存在しているわけではない。

4. MCV の変化量から見た MCH の変化 (Δ MCH)

H- Δ MCV、M- Δ MCV、L- Δ MCV 群について MCH の変化量 (Δ MCH) を図4に示した。H- Δ MCV 群では明らかな MCH の増加が認められたが、M- Δ MCV 群ならびに L- Δ MCV 群では MCH の変化が極めて少なく、とくに L- Δ MCV 群ではむしろ減少を示した。したがって、MCH の変化量は MCV の変化に依存した現象であった。

5. Δ MCV の違いから見た RBC の変化

Hb の変化は主に RBC の変化に依存するため、 Δ MCV の違い別にトレーニング開始時と4年後の RBC の変化について図5に示した。4年間にわたる、赤血球の変化では H- Δ MCV 群では統

学生長距離選手における赤血球 MCV 増大の背景

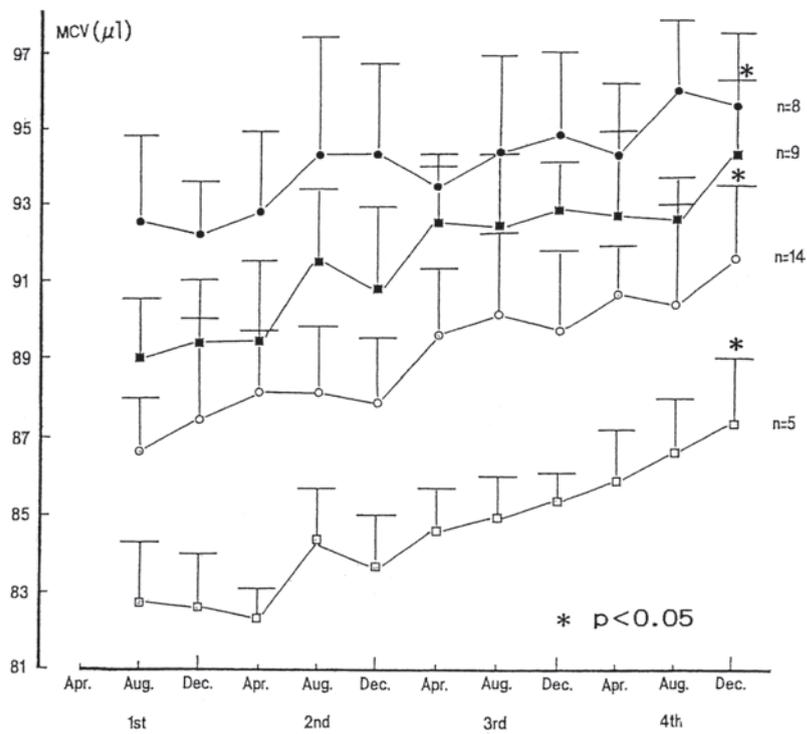


図1 任意な4区分における赤血球 MCV の縦断的变化

Fig. 1 Longitudinal changes in MCV of RBC divided into four divisions with initial MCV during prolonged endurance training.

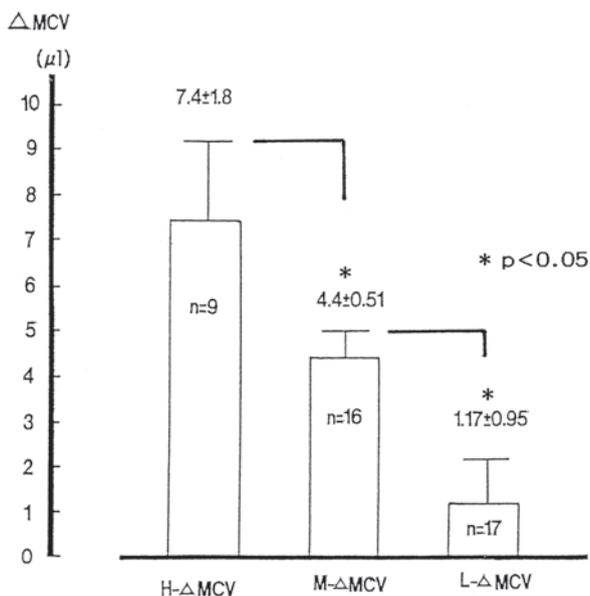


図2 4年間の MCV 変化量で分類した各群の ΔMCV

Fig. 2 MCV of each group classified with changes in MCV during prolonged endurance training

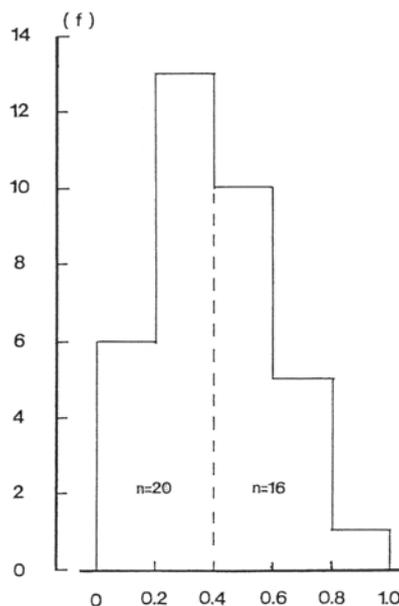


図3 各個人の MCV-MCH 相関係数の分布

Fig. 3 Distribution of MCV-MCH relationship

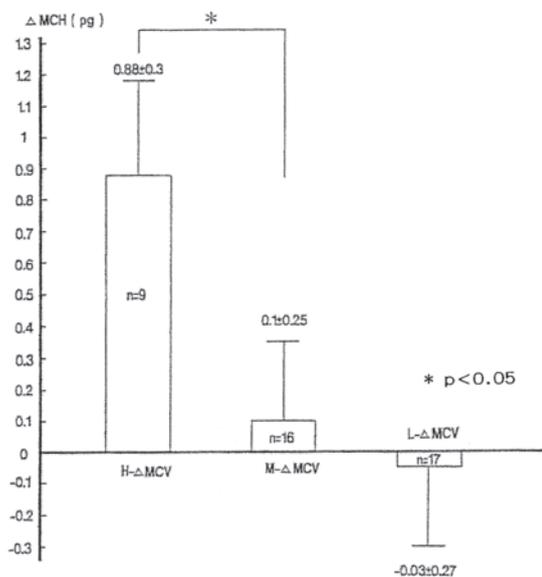


図4 4年間のMCV変化量(H-ΔMCV、M-ΔMCV、L-ΔMCV)とMCH変化量(ΔMCH)
 Fig. 4 Changes in MCH of each group classified with changes in MCV (H-ΔMCV, M-ΔMCV and L-ΔMCV) during prolonged endurance training

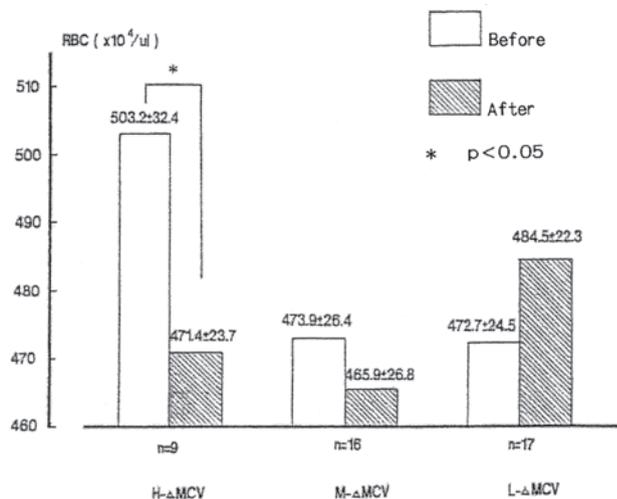


図5 ΔMCV群別に見た赤血球数の変化
 Fig. 5 RBC before and after prolonged endurance training of each group classified with changes in MCV (H-ΔMCV, M-ΔMCV and L-ΔMCV)

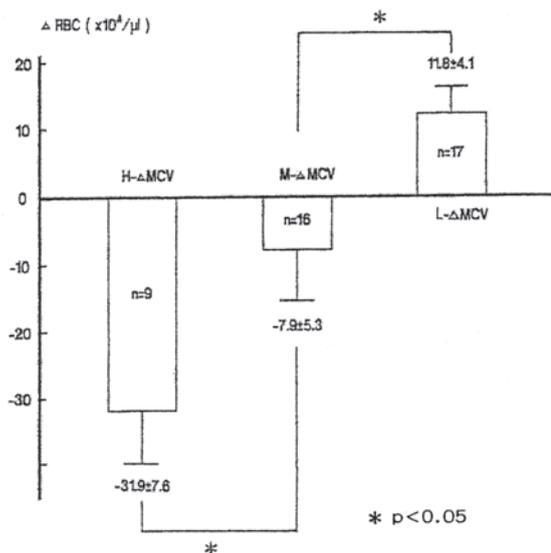


図6 ΔMCV群別に見た赤血球数の変化量(ΔRBC)
 Fig. 6 Changes in RBC before and after prolonged endurance training of each group classified with changes in MCV (H-ΔMCV, M-ΔMCV and L-ΔMCV)

計学的にも有意な低下が起きた。M-ΔMCV群では赤血球数の変化はほとんど認められなかった。しかし、L-ΔMCV群では4年間の持久性トレーニングで増加を示した。これらの結果を赤血球数の変化量(ΔRBC)としてみると、図6に示したように、H-ΔMCVでは赤血球は減少し、逆にL-ΔMCV群ではむしろ増加を示し、これらの変化量の間にはそれぞれ統計学的に有意差が認められた(それぞれ、 $p < 0.05$)。したがって、ΔMCVの変化はトレーニング開始時の赤血球数に依存した現象であることが明らかとなった。

IV. 考 察

持久性トレーニングの指標は最大酸素摂取量とされ、統計学的に見ると、この関係は存在している。雨宮²²⁾による個人の11年間における縦断的な最大酸素摂取量の変化と performance

(5000 m) との間には相関関係が見られる。しかし、Sutton²⁾ は最大酸素摂取量を古くて新しい問題として提起している。この意味は最大酸素摂取量を説明するためには、その窓口となる赤血球の問題は避けて通れない事柄であるにもかかわらず、その因子に関する研究は極めて少ない。さらに、弘と堀居²³⁾ は身体トレーニングにおける赤血球への影響は極めて少ないと報告している。また Horii¹⁵⁾ は嫌氣的及び好氣的条件としての赤血球特性を検討しているが、この結果からも長期にわたる持久性トレーニングによる赤血球の変化を予測できない。

長距離選手の4年間にわたる縦断的な赤血球変化では、赤血球数の減少に伴って、MCV ならびに MCH の増加が起き、この変化に伴い自己記録の更新が認められ、これらの変化は performance の向上に貢献していた¹⁾。普遍性としての立場から見ると、赤血球数が少ない選手の場合、sports anemia となり、トレーニング効果は期待できない。しかし、現実にはこのような例は極めてまれで、大部分の選手は持久性トレーニングを行っているにもかかわらず、その効果に著しいばらつきがあることも事実であり、その原因については深く掘り下げて検討されていない。持久性トレーニングに伴う sports anemia の発現は古くからよく知られている事実であり³⁻⁶⁾、赤血球が低下する現象はこの運動、あるいはトレーニングの特徴といえるであろう。

このような変化がもし普遍的に起きているとすると、この状態での記録の更新は酸素を運搬する赤血球そのものに何らかの変化がなくては説明できない。

赤血球 MCV にかなりばらつきのあることから、それらの違いが持久性トレーニングに伴う赤血球 MCV の変化に影響しているか否かを明確にする目的で、トレーニング初期の MCV を4区分とし、それぞれの縦断的变化を示したものが図1である。この結果から見ると、決してすべての選手に同様に起きている現象ではないことがわかる。この変化はトレーニング開始時の MCV の初期値が小さ

いほど大きな MCV の変化を示すことが明らかとなった (それぞれ、 $p < 0.05$)。

その背景を4年間における変化量 (Δ MCV) として見ると、図2に示したように、大きな MCV の変化 ($H-\Delta$ MCV) を示す群と、中程度の変化を示す MCV 群 ($M-\Delta$ MCV)、小さな MCV ($L-\Delta$ MCV) 変化を示す群に分けられ、これらの間には統計学的な有意差が認められた (それぞれ、 $p < 0.05$)。したがって、同じ持久性トレーニングを行っているにもかかわらず、MCV が増大する背景にはトレーニング初期の MCV が小さいことが関係している。

この意味をさらに解明するために、MCV と MCH との相互関係を求めると、図3に示したように、この関係においては相関関係のあるもの、相関関係のないものもあり、一般的な MCV-MCH 関係では説明できない現象が出現していた。この理由については現在のところ明らかではないが、hemoglobin 量に直接関係している因子であることを考慮すると、持久性トレーニング効果の出現に直接関係している現象とも考えられる。

このような MCV-MCH 関係がどのような MCV で生じているかを明らかにする目的で、4年間での Δ MCV 群別に Δ MCH との関係を求めると、図4に示したように、 $H-\Delta$ MCV、 $M-\Delta$ MCV、 $L-\Delta$ MCV 群での Δ MCH に著しい違いがあることが明らかとなった (それぞれ、 $p < 0.05$)。したがって、我々が観察した持久性トレーニングに伴う MCV の増大の背景には、MCH の増加が関与していたことになる。

このことは直接的に hemoglobin (Hb) に関係するため、赤血球数の変化との関係が問題となる。赤血球数の問題を振り返ると、4年間にわたる持久性トレーニング前後の赤血球数を比較では、図5に示したように、大きな MCV の変化を示す群では、トレーニング初期の赤血球数が高く、この群では著しい赤血球の減少となったが、トレーニング前の赤血球数の少なかった $L-\Delta$ MCV 群では、元々赤血球数が少なくトレーニングでは逆に増加していた。これらの結果から見ると、持久性トレ

ーニングに伴う赤血球 MCV の増大はトレーニング初期の赤血球数が多く、MCV が小さい対象者に限定して出現し、その変化はトレーニング開始時の赤血球数によって異なることが明らかになった。

V. 総 括

本研究では T 大学陸上部長距離ブロックに 4 年間所属した 36 名の男子学生を対象として、持久性トレーニングで生じた赤血球の減少に伴う MCV 増大の背景について、赤血球因子の立場から検討し、次のような結果を得た。

- 1) 赤血球の MCV 初期値を任意の等間隔で分類し、それぞれの縦断的な Δ MCV を求めると、赤血球 MCV の増大には、トレーニング初期の MCV の違いによる Δ MCV の違いが認められた。赤血球 MCV の初期値が小さい対象者では Δ MCV が大きく、統計学的に有意差が認められた ($p < 0.05$)。赤血球 MCV の初期値が大きな対象者では Δ MCV は小さく、統計学的な差は認められなかった。
- 2) 4 年間にわたる MCV の変化量を統計学的な 3 区分 ($+2\sigma$, $\pm\sigma$, $-\sigma$) に従い、大きな変化を示す赤血球 MCV (H- Δ MCV)、中程度の変化を示す赤血球 MCV (M- Δ MCV)、小さな変化を示す赤血球 MCV (L- Δ MCV) に分けると、それぞれ $7.4 \pm 1.8 \mu\text{l}$ 、 $4.4 \pm 0.5 \mu\text{l}$ 、 $1.17 \pm 0.95 \mu\text{l}$ となり、これらの間にはそれぞれ統計学的な有意差が認められた (それぞれ、 $p < 0.05$)。
- 3) 持久性トレーニングに伴う MCV-MCH 関係にはかなり個人差が認められ、36 名中 16 名で相関関係が認められたが ($p < 0.05$)、残りの 20 名ではこのような関係は認められなかった。
- 4) Δ MCV と Δ MCH との関係では H- Δ MCV 群で最も大きな Δ MCH の増加を示したが ($p < 0.05$)、M- Δ MCV ならびに L- Δ MCV 群

では極めて小さく、L- Δ MCV では Δ MCH の減少を示した。

- 5) Hb の主体となる赤血球数について見ると、H- Δ MCV 群の赤血球はその初期値が高く、統計学的に有意な減少が起きた ($p < 0.05$)。しかし、L- Δ MCV 群ではトレーニング開始時の赤血球が低く、逆に赤血球数の有意な増加量 (Δ RBC) を示した。これらの結果から、持久性トレーニングに伴う赤血球 MCV の増大の背景には赤血球数が大きく関与し、そのレベルによって変化の方向が異なっていることが明らかとなった。トレーニング初期の赤血球数が多い選手では赤血球の減少が起き、 Δ MCV が大きくなり、MCH の増加が同時に発現している。赤血球の少ない選手では RBC の増加が起きるが、 Δ MCV は小さく、MCH との関係は弱い。

参考文献

- 1) Iwagaki, S., Arai, T. and Yamamura, M.: Decrease in red blood cells in prolonged endurance training. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 12, 74-83, 2000.
- 2) Sutton, J. R.: VO₂-new concepts on an old theme. *Medical and Science in Sport Exercise*, 24(1), 26-29, 1992.
- 3) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第 1 報—赤血球新生破壊に及ぼす影響，*体力科学* 7, 231-241, 1958.
- 4) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第 2 報—運動鍛錬時の赤血球の抵抗性について，*体力科学* 7, 242-251, 1958.
- 5) 山田敏夫：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第 3 報—運動鍛錬時における赤血球膜燐の代謝について，*体力科学* 7, 81-91, 1958.
- 6) 吉村寿人：運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第 4 報—運動鍛錬時の赤血球鉄分の代謝について，*体力科学* 8, 92-98, 1958.
- 7) Shin, Y.O., Oh, J.K., Sohn, H.S., Bae, J.S., Lee, M.Y., Lee, J.B., Yaug, H.M., M, Y.K., Song, H.Y., Ko, K.K. and Matsumot, T.: Expression of exercise induced HSP70 in long distance runner's leukocytes. *J. of Thermal Biology*. 29(7-8), 769-774, 2004.

- 8) Fujii, M., Shibata, T., Ikegami, H., Maruyama, K. and Miyazaki, H.: Effects of physical exercise on β adrenergic receptor and its gene expression. *Tairyoku Kenkyu* 88, 121-127, 1995.
- 9) Brownlie, T.W., Utermohlen, V., Hintoo, P.S. and Hass, J.: Tissue iron-deficiency without anemia impairs adaptation in endurance capacity after aerobic training in previous untrained women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 79(3), 437-443, 2003.
- 10) Perkkio, M.V., Jansson, L.T., Henderson, S., Refino, C., Brooks, G.A. and Dallman, P.R.: Work performance in the iron-deficient rat; improved endurance with exercise. *Am. J. Physiol.*, 249(3, Pt. 1), E306-E311, 1985.
- 11) Friedmann, B., Jost, J., Rating, T., Weller, E., Werle, E., Eckardt, K.U., Baertsch, P. and Mairbaurl, H.: Effects of iron supplementation on total body hemoglobin during endurance training at moderate altitude. *International J. Sports Medicine*, 20(2), 78-85, 1999.
- 12) Kawano, Y., Takeda, H., Suzuki, T. and Kajimoto, M.: Effects of dietary iron supplementation on the activity of δ -aminolevulinic acid dehydrase (δ -ALAD) in human erythrocytes. *Eiyougaku Zasshi* 56(5), 265-272, 1998.
- 13) Kobayashi, S.: EPA and endurance of a long distance runner. *Food style* 21, 7(10), 75-78, 2003.
- 14) Kobayashi, S., Takaoka, I., Sawaki, K., Terano, T., Hirai, A., Fujishiro, S., Saito, Y., Nakajima, S.: Effect of fish oil ingestion on red blood cell (RBC) membrane function of a long distance runner in high-altitude training. *Shishitsu Eiyougaku*, 12(1), 75-84, 2003.
- 15) Horii, A.: Effect of physical training on red blood properties and on the amount of total hemoglobin. *Toho Igaku Zasshi*, 36 (5), 333-347, 1990.
- 16) Boning, D., Tibes, V. and Schweigart, V.: Red cell hemoglobin, hydrogen ion and electrolyte concentrations during exercise in trained and untrained subjects. *Eur. J. Appl. Physiol. and occup. Physiol.* 35(4), 243-249, 1976.
- 17) Mairbaurl, H., Humpeler, E., Schwaberger, G. and Pessenhofer, H.: Training dependent changes of red celldensity and erythrocyte oxygen transport. *J. Appl. Physiol.; respiratory, environmental, and exercise physiol.* 55(5), 1403-1407, 1983.
- 18) Spodary, K., Szygula, Z., Dabrowski, Z. and Miszta, H.: The activity of erythrocyte enzymes in rats subjected to running exercise. *Eur. J. of Appl. Physiol. and Occup. Physiol.* 54(5), 533-537.
- 19) Bouix, D., Durand, F., Kippelen, P., Mercier, J., Prefaul, C., Brun, J.F. and Caillaud, C.: Is hemoglobin desaturation related to blood viscosity in athletes during exercise? *International J. of Sports Medicine*, 25(8), 569-574, 2004. Nov.
- 20) Schmidt, W., Heincke, K., Rojas, J., Manuel-G. J., Serrato, M., Mora, M., Wolfarth, B., Schmid, A. and Keul, J.: Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 34(12), 1934-1940, 2002.
- 21) 岩原信九郎：教育と心理のための推計学，日本文化科学社，東京，1965，434-455.
- 22) 雨宮輝也：スポーツ科学とランニング，ホクエツ印刷，東京，2003，70.
- 23) 弘 卓三，堀居 昭：身体トレーニングに伴う赤血球分布曲線の研究，*体力科学*，33，1-7，1984.



ハンドボールのシュート技術に関する 3次元解析

田村修治 (体育学部競技スポーツ学科)

Three-dimensional analysis on shoot skill of handball

Shuji TAMURA



Abstract

It is the most effective way to analyze the skill what are shown in a handball match. The offensive movement corresponding to the defense is demanded with the shooter, furthermore it must be analyzed quantitatively the game from the viewpoint concerning tactics with one on one. But, a report with such a viewpoint can not be found. So, it paid attention in the position of the shot form, the block of the defense and in the locus of the ball while a forward swing in shot. This research tried to explain the factors of successful shot and failure shot.

Three-dimensional DLT method was used to analyze the shot scenes of the men's handball world championship in Kumamoto, and 14 shot scenes while four final games were analyzed. The characteristics of the shot form were judged from the angular difference among a shoulder angle and a waist angle.

When three viewpoints, a shot form, a position of the defense and a locus of the ball while a forward swing, correspond with the shot course, the shot success rate dropped down extremely. On the other hand, when locus of shot was changed while a forward swing by shot using wrist emphasize the shot success rate and went up drastically.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 36-43, 2006)

I. 緒 言

ハンドボール競技におけるオフェンス戦術の課題は、防御ラインを破る（ノーマーク）、人数的優位を作る（オーバーナンバー）、空間的優位を作る（オープンスペース）^{8,9)} ことである。この課題達成のため、個人戦術、グループ戦術、チーム戦術を考え攻撃が展開されるが、攻撃の最終目的はシュートし得点を挙げることである。オフェンス戦術では、シューターがフリーな状況を作ることが重要であるが、攻防型のゲームであるハ

ンドボールのシュート場面は、ディフェンスが介在した状況が多く見られる。シュートに対し、ディフェンスはプレッシャーをかけ、そのような状況の1つがブロックを伴った状態でのシュート場面である。このような状況では、ディフェンスはブロックをするとともに、ゴールキーパーはブロックを用いて、シュートコースを判断する³⁾。ゴールキーパーが、シュートコースを判断するポイントとしては、シューターの肩の開き具合（腰を基準にどの程度回転しているか）と味方ディフェンスのブロック（壁）の関係からシュートコース（右か左か）を予測し、判断する。

この防御方法のポイントの1つとして、肩の開き具合がある。ハンドボールのシュートにおいて、未熟練者は自分が狙った方向に体は向き、ボールリリース前にコースを判断されてしまい、シュートを止められてしまうことがある。しかし熟練者では、意図的に右側に打つように見えるシュートフォームを作り、リリース時に左側に打つといった技術が多く見られる。そのため、ディフェンスのブロックを用いてのキーピング技術が2つめのポイントとなる。ブロックはシュート時に壁を作り、できるだけシュートコースを限定することがポイントとなる。シュートコースを限定（右か左か）することにより、ゴールキーパーはボールリリース前に判断し、動き出すことにより、キーピングすることが可能となる。

このようにディフェンスにおいては、ブロックが完全にコースの半分を止めることができれば、ゴールキーパーはシュートコースを正確に判断することにより、高い確率でのキーピングが可能となり、組織的なディフェンスとして高い阻止率を得ることができる^{3, 11)}。またその反面、シューターは自分の打つコースを予測されないように、肩の開き具合や手首の返しを使い予測の難しいシュートフォームを作ることやブロックを逆に使い、得点することも考えられる。

ハンドボール競技は、多くのボールゲームと同様に得点を争う競技なので、シュート技術に関する研究^{5, 6, 13)}は数多くなされている。しかし、実験場面を設定したものが多く、実際の試合場면을分析したものは多く見当たらない。ハンドボールの技術分析は、実際の試合場면을記録して解析する方法が最も有効と考える。試合中のシュート動作を捉えて研究した報告を見ると、平岡ほか⁴⁾は1990年女子世界選手権における一流選手のシュート時の指先・手首・肘の経時的速度変化及び身体の捻りを算出し報告している。ところが、先行研究では実際のゲーム場면을対象としながらも、シュート動作のみの解析をしている。

実際の試合場面では、シューターとディフェンスといった対応動作が要求されるので、1対1で

の戦術的観点から定量的に技術分析する必要がある。しかし、このような観点での報告は見当たらない。

そこで本研究は、シュート時におけるシュートフォームとディフェンスのブロックの位置及びボールの軌跡に着目し、シュートが成功した場面と失敗した場面では、どのような違いがあるかを比較・分析し、“シュートのコツ”を明らかにしようとした。

Ⅱ. 方 法

1. 撮影

1997年熊本にて開催された男子世界選手権大会、決勝ロシア対スウェーデン、3位決定戦フランス対ハンガリー、決勝トーナメント、スウェーデン対ハンガリー、エジプト対アイスランドの試合をVTRカメラで撮影した。ハンドボールコート上の2つのゴール前中央を撮影できるように右側方、右斜め前方に1台ずつ計2台、左側方、左斜め前方に1台ずつ計2台、合計4台のカメラを設置し、試合開始から終了までの全プレイを撮影した。キャリブレーションを行うために、5個のコントロールポイントがついたリファレンスフレームを5箇所設置し撮影した。各4台のカメラは固定し、分析の際に撮影で得られた2本のVTRの同一時点のフィールドが識別できるように、タイマーを写しこんだ。

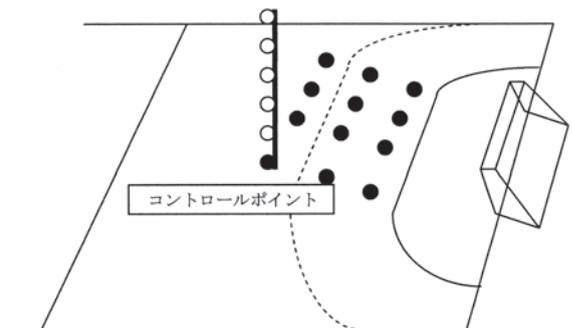


図1 コントロールポイントの撮影
Fig. 1 Control point

2. 分析時期

撮影されたVTRより、踏み切り開始1歩前の助走からシュートし、シュートコースが識別できるまでの動作局面が2台のカメラで撮影されており、かつディフェンスのブロックが関与しているシュート動作を選択した。分析試技の中には同一選手も含まれているので、合計14名の選手である。なお、これら一流選手を対象とした技術研究を実施するにあたり、日本ハンドボール協会の承認を得ている。

3. 分析観点

撮影によって得られた2本のVTRそれぞれについて、リファレンスフレームのコントロールポイント、試合中の選手の身体各部の計測点及びボールをDLT法により、3次元座標を算出した。得られた3次元座標から身体各部の角度等、以下の諸量を求めた。

1) 体幹の捻り

平岡の研究⁴⁾では、シューターの動作及びボールスピードとゴールキーパーの反応時間の関係からゴールキーパーは、シューターのフォワードスイング開始時期又は、その前にシュートコースを予測・判断し、動き出す⁶⁾と述べている。このことからフォワードスイング開始時機のシュートフォームが、ゴールキーパーの動き出しに大き

く影響を与えていることが分かる。このことから、本研究においてはフォワードスイング開始時点での肩角度及び腰角度の変化を分析し、身体の捻りを算出してシュートコースを先取り¹⁰⁾した。

左右肩関節中点及び左右大転子中点を結んだ線とX軸（ゴールライン）との交点の角度を肩角度及び腰角度と表示し、その角度差を体幹の捻りとした（図2参照）。本研究では、肩角度と腰角度の角度差が、15度以下のものを体幹がゴール面に正対するフォームの特徴として「左側へのシュートフォーム（Ave.-7.039, SD.4.135）」と判断した⁴⁾。また、15度以上のものを「右方向へのシュートフォーム（Ave.-27.710, SD.5.658）」と判断した。

図3は右利き選手が、ゴールの左側にシュートし、ゴールキーパーにシュートを阻止された場合の体幹の捻り、ディフェンスの位置及びボールの軌跡を示したものである。

下図はフォワードスイング開始前後の、左右大転子を結んだ線（以下、腰角度とする）及び左右肩関節を結んだ線（以下、肩角度とする）がゴールラインと交わる角度を示したものである。腰角度及び肩角度が0度の場合、体幹がゴール面に正対していることを示す。また、腰角度と肩角度の差がある場合、体幹が捻られていること示している。

右利きの選手が左方向にシュートし、そのシュ

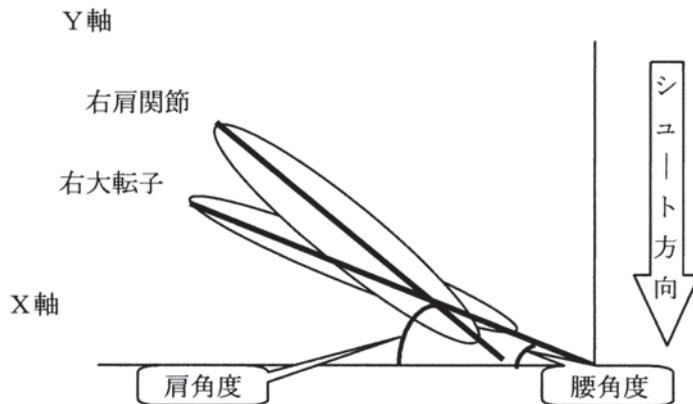


図2 肩角度及び腰角度の算定方法
Fig. 2 Definition of torsion angle of the body trunk

ートを阻止された場合、フォワードスイング開始時機に肩角度と腰角度にほとんど差は見られず、肩及び腰がゴールに正対していた。いわゆる体幹の捻りがほとんどない状態となっていた。

以上の結果から、体幹がゴール面に正対するフォームの場合、「左側へのシュートフォーム」の特徴と判断した。

図4は、右利きの選手が左方向にシュートし得点した場合の体幹の捻り、ディフェンスの位置及びボールの軌跡を示したものである。フォワードスイング時機の肩角度と腰角度に大きな差が見られた。この結果から、「右方向へのシュートフォーム」の特徴を示していると判断した。

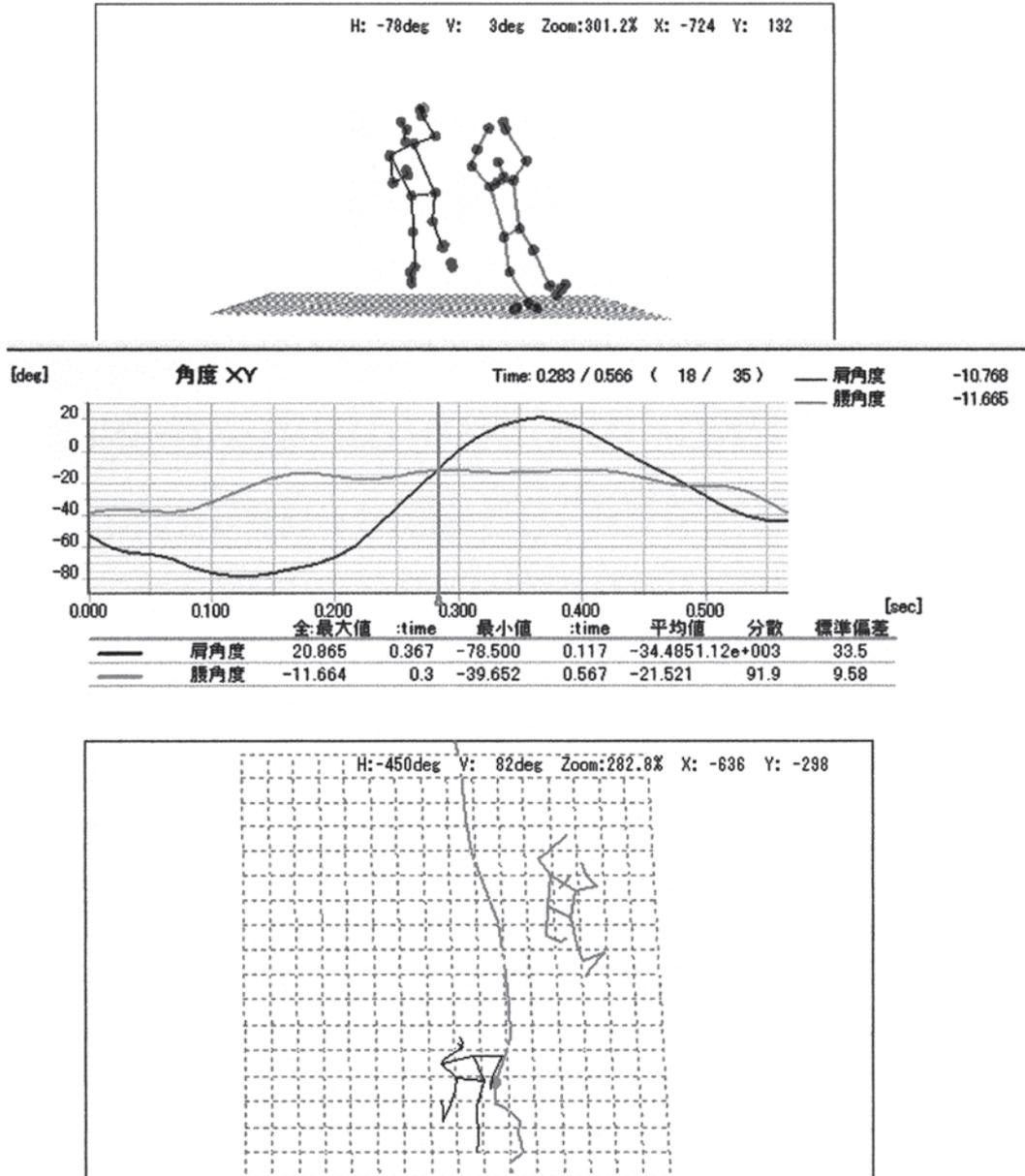


図3 左側へのシュートを阻止された場合のスティックピクチャー、ボールの軌跡及び肩角度と腰角度の経時変化
Fig. 3 Stick picture, time-angle curve (shoulder, hip) and pass way of the ball. In case the defense player blocked left hand side.

2) オフェンスに対するディフェンスの位置

ディフェンスはシュートコースを限定し、残りのシュートコースをゴールキーパーに守備させることで、協力して相手のシュートを阻止する。そのため、シュートを成功させる上で、ディフェンスの存在を無視することはできない。

このとき、ディフェンスがシュートコースを制

限できているかを判断する方法には、多くの意見があると考える。

本研究では、シューターがフォワードスイングを開始する時機に、ゴール方向に位置するディフェンス（左右大転子を結んだ線）がオフェンス（左右大転子を結んだ線）と半分以上重複した場合、シュートコースを限定していると判断した。

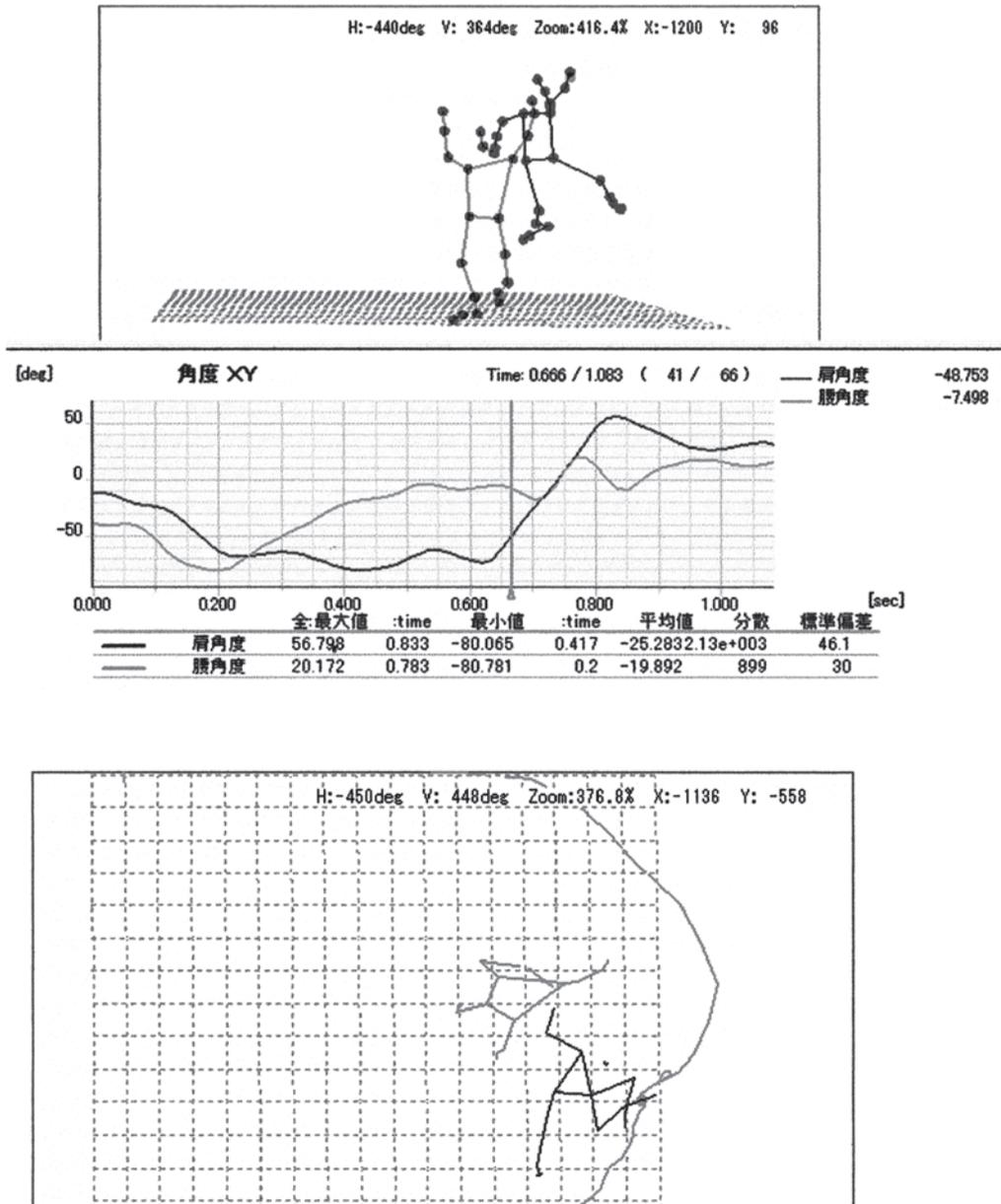


図4 左側へのシュートを成功させた場合のスティックピクチャー、ボールの軌跡及び肩角度と腰角度の経時的変化
 Fig. 4 Stick picture, time-angle curve (shoulder, hip) and pass way of the ball. In case the succeeded in shooting left hand side.

図5は、ディフェンスがゴールの右側に位置し、シュートコースを半減させているケースを示したものである。

3) ボールの軌跡

シューターがフォワードスイングを開始する時

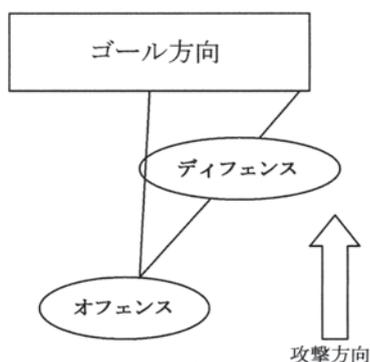


図5 ディフェンスの位置とシュートコースについて
Fig. 5 Shooting course with the defense player

機の前後（約0.2秒）のボールの軌跡を延長させ、シュートコースを判断した。

図3で示したように、シュート失敗時のボールの軌跡では、フォワードスイング開始時機の前後からボールリリース及びリリース後のボールの軌跡が、シュートした方向へほぼ一直線を描いていた。一方、図4で示したように、シュート成功例ではシューターのボールの軌跡がフォワードスイング途中で大きく変化するものが多かった。

Ⅲ. 結果及び考察

分析方法でも述べたように、「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」から、シュートコースを先取りし、ボールリリース後のシュートコース（成否）と比較できるようにした。

表1は熊本で開催された、男子ハンドボール選

表1 シュート動作の分析結果
Table 1 Pattern of the shooting movement

グループ	試技名	利腕	体幹の捻り	ディフェンス (コース)	ボールの 軌跡	シュート コース	成否
A	試技 1	左	左	左	左	右	成
A	試技 2	右	左	左	左	右	成
A	試技 3	右	左	左	左	右	成
A	試技 4	右	右	右	右	左	成
B	試技 1	右	左	右	左	右	成
B	試技 2	右	左	右	右	左	成
B	試技 3	左	左	右	左	右	成
B	試技 4	左	右	左	右	左	成
B	試技 5	右	左	右	左	右	成
B	試技 6	右	右	左	右	右	成
B	試技 7	右	左	右	右	右	否
B	試技 8	左	左	右	右	右	否
C	試技 1	右	右	右	右	右	否
C	試技 2	右	右	右	右	右	否
C	試技 3	右	右	右	右	右	否
C	試技 4	右	左	左	左	左	否
C	試技 5	右	左	左	左	左	否
C	試技 6	右	左	左	左	左	否

表2 肩角度と腰角度について
Table 2 Angle between shoulder and hip

シュートフォーム	肩角度		腰角度		角度差	
	Ave.	SD.	Ave.	SD.	Ave.	SD.
右 (N=8)	-40.195	16.886	-12.484	16.538	-27.710*	5.658
左 (N=10)	-28.447	21.532	-23.020	25.196	-7.039*	4.135

* p < 0.05

手権大会の順位決定戦4試合のシュート場面で、ディフェンスを伴う状況でのシュート場面を3次元解析し、フォワードスイング開始時機の「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」とボールリリース後のシュートコース（成否）を分析し示したものである。また、表2は、それぞれのシュートフォームにおける肩角度、腰角度及びその差を数値で表示し、その平均と標準偏差を示したものである。左側へのシュートフォームと右側へのシュートフォームにおける体幹の捻りには、有意な差が見られた。

シューターがフォワードスイングを開始する時機の「体幹の捻り」からシュートコースを先取りした結果を「右」又は「左」と表記した。ディフェンスによるシュートコースの限定に関して、ディフェンスが右に位置し、右側へのシュートコースを阻止できる位置にある場合、シュートコースの先取りは「左」と表示した。フォワードスイング開始前後のボールの軌跡から、シュートコースを先取りした結果を「右」又は「左」と表記した。ボールリリース後のシュートコースを「右」又は「左」と表記した。

「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点とボールリリース後のシュートコースの関係について以下の通り分類した。「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点が一致し、ボールリリース後、逆方向へシュートコースが変化したものをグループAとした。「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」のうち1つ又は2つの観点が、ボールリリース後のシュートコースと一致したものをグループBとした。「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点とボールリリース後のシュートコースが一致したものをグループCとした。

「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点が一致し、ボールリリース後、逆方向へシュートしたグループAは、100%成功していた。一方、「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」「ボールの軌跡」の3つの観点とボー

ルリリース後のシュートコースが一致したグループCの場合、そのシュートは100%阻止されていた。

グループBについては、試技1～5のように先取りできるコースが「体幹の捻り」又は「ディフェンスの位置」のどちらか1つの観点の場合は、シュート成功率が高かった。また試技7、8のように先取りできるコースが「体幹の捻り」「ディフェンスの位置」と2つの観点が一致した場合、そのシュート成功率は低下した。

シュート失敗時においては、フォワードスイングの時期からボールの軌道がシュート方向へ向いてしまい、またディフェンスの限定している方向のため、ゴールキーパーに予測しやすい状況になっている。シュート成功時のボールの軌跡は、フォワードスイングからボールリリース直前までシュート方向、又はディフェンスの限定している方向を描き、ボールリリースの直前で逆方向へ軌跡を描いている。つまり、シュート成功時においては、ボールリリース直前までシュートとは逆方向の軌道を描き、またディフェンスの限定している方向とは逆へボールリリース直前にシュート方向へ軌跡が変化し、ゴールキーパーが予測しにくい状況を作っていることがわかる。ゴールキーパーは、フォワードスイング開始前後にシュートコースの最終判断を行うため、フォワードスイングの途中で逆方向にボールの軌跡を変化させることがシュート成功において特に重要である。

IV. まとめ

以上の分析の結果からハンドボールの試合場面でシュートを成功させるには、以下の点を考慮し、実践できれば有効であることが明らかとなった。

- 1) ディフェンスの正面から外れた位置でフォワードスイングを開始できるようにする。
- 2) ディフェンスのいないコースにシュートをするようなフォーム（体幹の捻り）を作る。
- 3) フォワードスイング開始時機の前後のボール

の軌跡と異なるコースへシュートする。

「体幹の捻り」や「ディフェンスの位置」からシュートコースを先取りされた場合でも、フォワードスイング開始時機前後のボールの軌跡を逆方向へ変化させるために手首の返しを使うことがシュート成功における重要なポイントである。

参考文献

- 1) 阿江通良：画像データによる動作解析法, Japanese Journal of Sports Science, 3, 196-203, 1991.
- 2) 阿江通良, 湯海鴨, 横井孝志：日本人成人の身体部分係数の実用化, 日本体育学会第41号大会号, p.374, 1990.
- 3) Dietrich Spate：ゴールキーパーをトレーニングする, Tactics of Handball in the World, (財)日本ハンドボール協会, 2003.
- 4) 平岡秀雄, 大西武三, 飯田信行, 笹倉清則, 柳在忠, 田村修治：DLT法によるシュート動作の解析, 体育方法専門分科会, ボールゲーム研究会, 1990.
- 5) 平岡秀雄：ハンドボールのジャンプシュートに関する実験的研究, 東海大学紀要, 第14巻, 43-48, 1984.
- 6) 平岡秀雄：ハンドボールの防御における対応動作研究—動作先取りについて—, 東海大学紀要, 第10巻, 95-103, 1980.
- 7) 井上美香, 土屋純, 日比野弘：DLT法によるインラインスケートターン動作の3次元的分析, スポーツ方法学研究, 第11巻, 37-44, 1998.
- 8) Jan Kern：スポーツの戦術入門, 大修館書店, 1998.
- 9) Kunst Ghermanescu：ハンドボールの技術と戦術, ベースボールマガジン社, 1981.
- 10) Kurt Meinel：スポーツ運動学, 大修館書店, 1994.
- 11) 栗山雅倫：強化指導実技・GK編, NTS2002ハンドボール強化指導教本, (財)日本ハンドボール協会, 2002.
- 12) 金致偉, 佐賀野健, 橋原孝博, 西村清己：3次元映画撮影法によるバレーボール・スパイクの戦術的研究, スポーツ方法学研究, 第10巻, 109-116, 1997.
- 13) Manfred Grosser, August Neumaier：スポーツ技術のトレーニング, 大修館書店, 1995.
- 14) 高松潤二, 阿江通良, 藤井範久：大きな計測範囲のためのパンニングDLT法の開発, 体育学研究, 第42巻, 19-29, 1997.



柔道選手の組み手改善のための トレーニングに関する研究 —柔道着懸垂について—

有賀誠司 (スポーツ医学研究所) 中西英敏 (体育学部武道学科) 山下泰裕 (体育学部武道学科)
恩田哲也 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科) 生方 謙 (体育学部非常勤講師)

A Study on the Training Method for Improving Judo Players' KUMITE strength
— On the Judogi Chin-up Method —

Seiji ARUGA, Hidetoshi NAKANISHI, Yasuhiro YAMASHITA, Tetsuya ONDA and Ken UBUKATA



Abstract

The purpose of this study is to obtain some basic data on the judogi chin-up training which has been introduced in recent years as a muscle training method for improving judo players' KUMITE strength. The subjects in this study are collegiate judo players, concerning whom the number of chin-ups from a suspended judogi was measured. Also examined was the relationship between those results and the players' body shape, weight class and other physical strength measurement results, along with the technical characteristics of their judo skills. The findings are as follows:

- 1) There was a significant negative correlation between the measurements of their judogi chin-ups and their weight as well as their body fat percentage.
- 2) There was a significant positive correlation between the measurements of their judogi chin-ups and their number of chin-ups from a regular bar. On the other hand, there was no significant correlation between the measurements of their judogi chin-ups and their strength of grip.
- 3) There was a significant positive correlation between the measurement of their judogi chin-ups and their IRM weight ratio for dumbbell snatches with the left hand, but not with the right hand.
The measurements of the group of right-hand KUMITE chin-ups showed more significant values than those of left-hand KUMITE chin-ups. It implied that there was a positive correlation between KUMITE and judogi chin-ups.
- 4) There was no significant correlation between the measurements of their judogi chin-ups and their rankings and records in judo.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 44-53, 2006)

I. 緒 言

柔道競技において、正確かつ確実に技を完遂するためには、相手の柔道着の適切な部位を手で掴む「組み手」が重要である。実戦において、技をかけやすい得意な組み手になった場合、相手は技をかけられまいとして、掴まれた手を離そうと抵抗する。これに対して技をかけるためには、いったん掴んだ得意な組み手が、相手の抵抗によって離れないように、さらにしっかりと掴むことが必要である。

柔道選手の組み手改善のための筋力トレーニング法としては、従来まで、鉄棒にぶら下がって行う「懸垂腕屈伸」、天井からつり下げられたロープを手で握って登る「ロープクライミング」、バーベルやダンベルを用いて手首の屈曲を行う「リスト・カール」や伸展を行う「リスト・エクステンション」、負荷の付いたロープをバーに巻きつける動作を行う「リストローラー・エクササイズ」などが主流であった。しかし、近年、柔道着を掴むという組み手の特性を配慮した専門的筋力トレーニング法として、鉄棒に掛けた柔道着の襟を両手で保持した状態で懸垂腕屈伸を行う「柔道着懸垂」が紹介され¹⁾、国内の一流選手を中心に広く普及するようになった。また、従来から行われてきた「ロープ・クライミング」にも工夫が加えられ、ロープの代わりに柔道着の生地を天井からつり下げ、これを掴んで手で登るトレーニング

も実施されるようになってきた。

柔道競技の特性を配慮した専門的筋力トレーニングに関する研究としては、引き動作の改善を目的としたもの²⁾、下肢の運動能力改善を目的としたもの³⁻⁵⁾、がみられる。一方、柔道選手の組み手に関する研究は少なく、握力に着目したものの^{6,7)}がみられるものの、組み手を改善するためのトレーニング方法について検討したものは見当たらない。

これらの背景から、本研究では、柔道選手の組み手の改善を目的として近年実践されるようになった「柔道着懸垂」に関する基礎資料を得ることを目的に、大学柔道選手を対象として、「柔道着懸垂」の反復回数を測定し、形態や階級、他の体力測定項目の測定値、柔道の競技レベルや技術特性などとの関連について検討を行った。

II. 方 法

1. 被験者

本研究の被験者は、T大学柔道部に所属する男子選手51名であった。対象となった選手の所属階級の内訳は、60 kg級8名、66 kg級8名、73 kg級7名、81 kg級7名、90 kg級7名、100 kg級8名、100 kg超級6名であり、階級ごとの身体的特徴は表1の通りである。対象には測定の内容および危険性について説明し、測定参加の同意を得た。

表1 被験者の身体的特徴
Table 1 Physical characteristics of the subjects

階級	人数 (名)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)
-60 kg	8	166.5±4.7	63.6±2.1	9.5±1.3
-66 kg	8	168.5±3.5	68.4±1.5	11.7±2.4
-73 kg	7	168.7±2.7	73.9±1.7	11.7±1.0
-81 kg	7	173.3±3.5	80.1±2.9	13.3±2.3
-90 kg	7	178.1±2.7	89.1±4.4	15.5±1.9
-100 kg	8	181.1±6.7	97.0±2.9	17.1±2.9
+100 kg	6	180.2±5.3	119.6±15.8	23.2±3.7
全体	51	173.6±7.0	83.4±18.3	14.3±4.5

2. 柔道着懸垂の測定

床から215 cmの高さに水平に設置された鉄製の角柱に、柔道着の背部を縦方向に掛ける。次に、柔道着の左側の襟を左手、右側の襟を右手で、両手の幅が肩幅程度になるようにして肘を完全に伸ばして握り、足を床から離してぶら下がった姿勢をとる（写真1左）。この姿勢から、肘の屈曲と肩の伸展を同時に行い、肩が肘よりも高い位置にくるところまで身体を引き上げる動作（写真1右）を反復させ、その最大反復回数を記録した。身体を下ろした時に肘が完全に伸展しなかった場合、身体を上げた時に肩が肘よりも高い位置に到達しなかった場合、下肢や体幹の動きによってはずみをつけた場合には、その反復を無効とした。

3. その他の測定項目

1) 鉄棒による懸垂腕屈伸

高鉄棒に肩幅の手幅で肘を完全に伸ばしてぶら下がり、あごが鉄棒の上端線より高い位置にくるところまで身体を引き上げる動作を反復させ、その最大反復回数を記録した。身体を下ろした時に肘が完全に伸展しなかった場合、身体を上げた時にあごが鉄棒よりも高い位置に到達しなかった場合、下肢や体幹の動きによってはずみをつけた場合には、その反復を無効とした。

2) 握力

スメドレー式握力計を用いて、文部科学省新体力テストの実施要項に従って測定を実施した。左右交互に2回ずつ測定し、良い方の数値を測定値として採用した。

3) パワークリーンの1RM

プラットフォームの中央に置いたバーベルの前に両足を腰幅に開いて立ち、しゃがんだ姿勢でバーベルを肩幅の広さで握り、床をキックして上半身を起こしながらバーベルを挙上し、手首を返して肩の高さでバーベルを保持し、膝と股関節を完全に伸展させ、直立して静止する動作を行わせた。これらの一連の動作が完全に遂行することが可能なバーベルの最大挙上重量（1RM）を測定値とした。

4) ダンベルスナッチの1RM

片手に1個のダンベルを保持してダンベルのシャフトが膝蓋骨下端より低い位置にくるようにしてしゃがんだ姿勢を取り、床をキックして上半身を起こしながら、ダンベルを頭上まで全力スピードで挙上し、直立して静止する動作を行わせ、一連の動作が完全に遂行することが可能なダンベルの最大挙上重量（1RM）を測定値とした。頭上

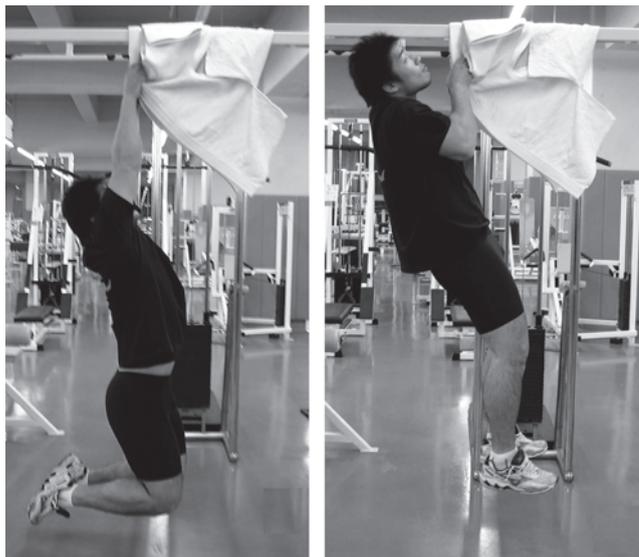


写真1 柔道着懸垂の動作
Photo 1 Motion of Judogi Chin-up

にダンベルを挙上した時に、肘が曲がった状態で静止してから肘を伸ばしたり、頭上でダンベルを静止せずに下ろした場合には失敗とした。

4. 統計処理

測定値相互の関係は、ピアソンの相関係数を用いて求めた。また、階級間の平均値の差の検定には unpaired t-test を用いた。統計処理の有意水準は 5% 未満とした。

した。各階級の柔道着懸垂の平均値及び標準偏差は、60 kg 級 20.4 ± 4.8 回、66 kg 級 15.9 ± 4.6 回、73 kg 級 20.6 ± 7.7 回、81 kg 級 20.0 ± 8.0 回、90 kg 級 15.4 ± 6.1 回、100 kg 級 12.6 ± 4.3 回、100 kg 超級 5.2 ± 6.2 回であった。各階級間の平均値の差の検定結果は表 2 の通りである。100 kg 超級の平均値は、他の全ての階級の平均値に比べて有意に低い値であった ($p < 0.01$)、また、100 kg 級の平均値は、60 kg 級、73 kg 級及び 81 kg 級の平均値と比較して有意に低い値であった。

Ⅲ. 結 果

1. 柔道着懸垂の測定値

図 1 に柔道着懸垂の所属階級別の平均値を示

2. 柔道着懸垂の測定値と体重及び体脂肪率との関係

図 2 に、柔道着懸垂の測定値と体重及び体脂肪率との関係を示した。柔道着懸垂の測定値と体重

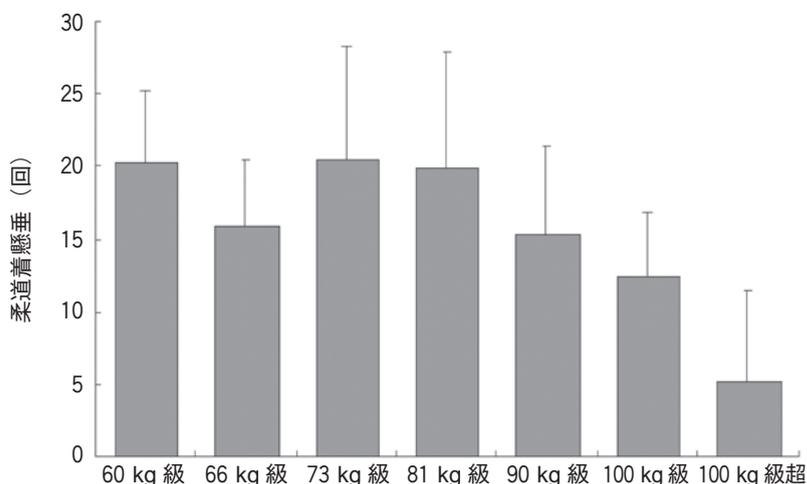


図 1 柔道着懸垂の階級別平均値
Fig. 1 Repts of Judogi Chin-up in each weight category

表 2 柔道着懸垂測定値の階級間の差の検定結果
Table 2 Differences of Judogi Chin-up in each categories

	60 kg 級	66 kg 級	73 kg 級	81 kg 級	90 kg 級	100 kg 級	100 kg 超級
60 kg 級		*	N.S.	N.S.	N.S.	**	**
66 kg 級			N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**
73 kg 級				N.S.	N.S.	*	**
81 kg 級					N.S.	*	**
90 kg 級						N.S.	**
100 kg 級							*
100 kg 超級							

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

との相関係数は、 $r = -0.61$ であり有意な負の相関が認められた ($p < 0.01$)。また、柔道着懸垂の測定値と体脂肪率との相関係数は、 $r = -0.63$ であり、有意な負の相関が認められた ($p < 0.01$)。

3. 柔道着懸垂と鉄棒による懸垂腕屈伸の測定値の関係

図3に、柔道着懸垂と鉄棒による懸垂腕屈伸の測定値との関係を示した。柔道着懸垂と鉄棒による懸垂腕屈伸の測定値との相関係数は $r = 0.77$ であり、有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$)。

4. 柔道着懸垂と握力の測定値の関係

図4に、柔道着懸垂と右手の握力の測定値の関係を示した。柔道着懸垂と右手の握力の測定値との相関係数は $r = -0.08$ であり、有意な相関は認められなかった。また、柔道着懸垂の測定値と左手の握力との相関係数は $r = -0.07$ であり、有意な相関は認められなかった。

5. 柔道着懸垂とパワークリーン1RMの測定値の関係

図5に、柔道着懸垂とパワークリーンの1RM

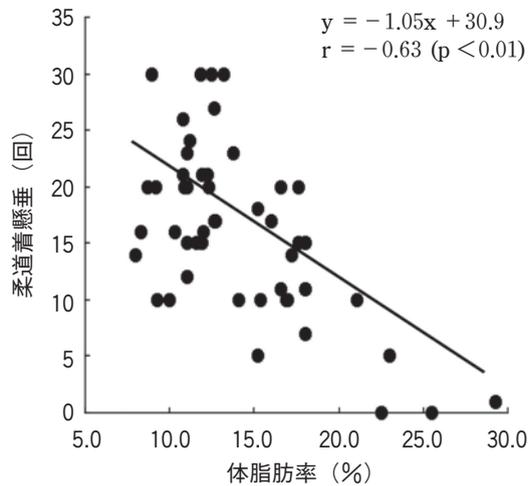
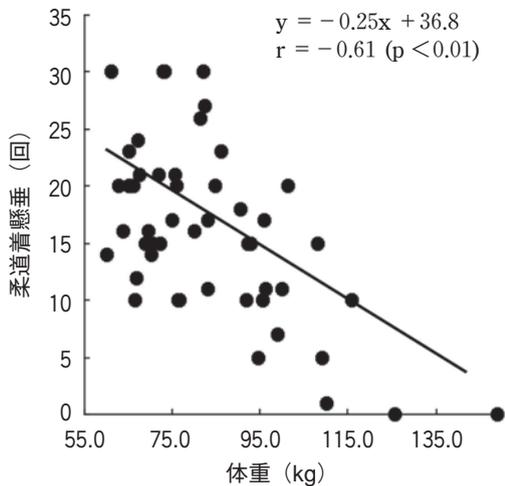


図2 柔道着懸垂の測定値と体重及び体脂肪率との関係
Fig. 2 Relationship between Judogi Chin-up and body weight, and between judogi-chining and %body fat

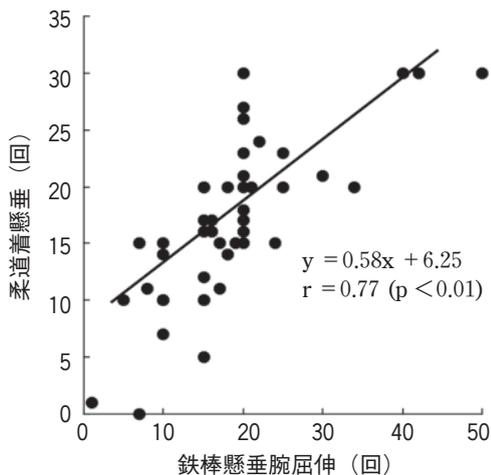


図3 柔道着懸垂の測定値と鉄棒による懸垂腕屈伸反復回数との関係
Fig. 3 Relationship between Judogi Chin-up and bar chining

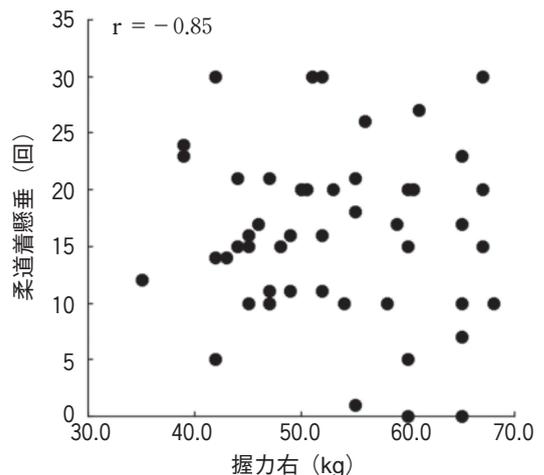


図4 柔道着懸垂の測定値と握力との関係
Fig. 4 Relationship between Judogi Chin-up and grip strength

及び1RM 体重比の測定値の関係を示した。柔道着懸垂とパワークリーンの1RM との相関係数は $r = -0.13$ であり、有意な相関は認められなかった。一方、柔道着懸垂とパワークリーンの1RM 体重比との相関係数は $r = 0.51$ であり、有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$)。

6. 柔道着懸垂とダンベルスナッチ1RM の測定値の関係

図6に、柔道着懸垂とダンベルスナッチの左右

の1RM 体重比の測定値の関係を示した。柔道着懸垂とダンベルスナッチの左の1RM 体重比の測定値との相関係数は $r = 0.48$ であり、有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$)。一方、柔道着懸垂とダンベルスナッチの右の1RM 体重比の測定値との相関係数は $r = 0.27$ であり、有意な相関は認められなかった。なお、柔道着懸垂の測定値と、左右のダンベルスナッチの1RM との間には有意な相関は認められなかった。

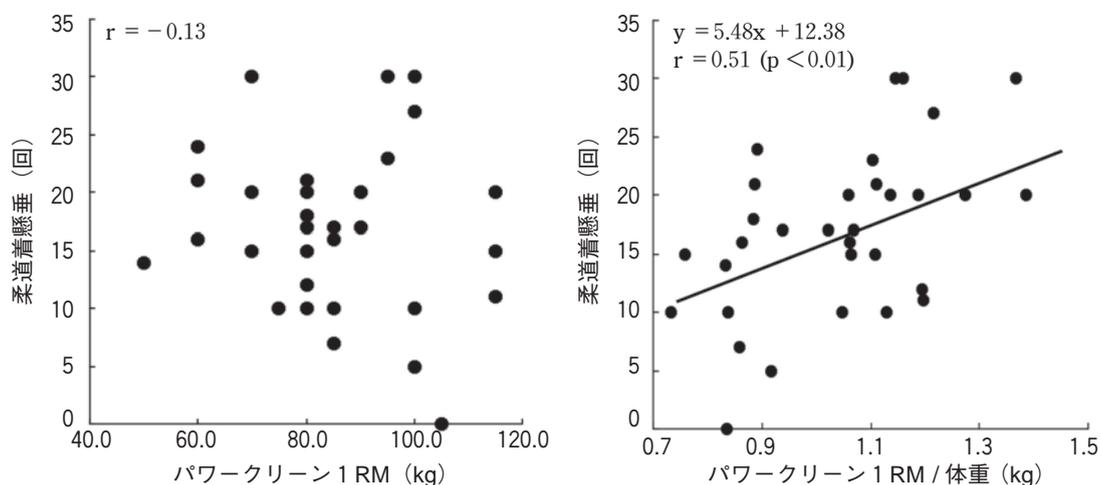


図5 柔道着懸垂の測定値とパワークリーン1RM 及び1RM 体重比との関係
Fig. 5 Relationship between Judogi Chin-up and power clean 1RM, 1RM/body weight

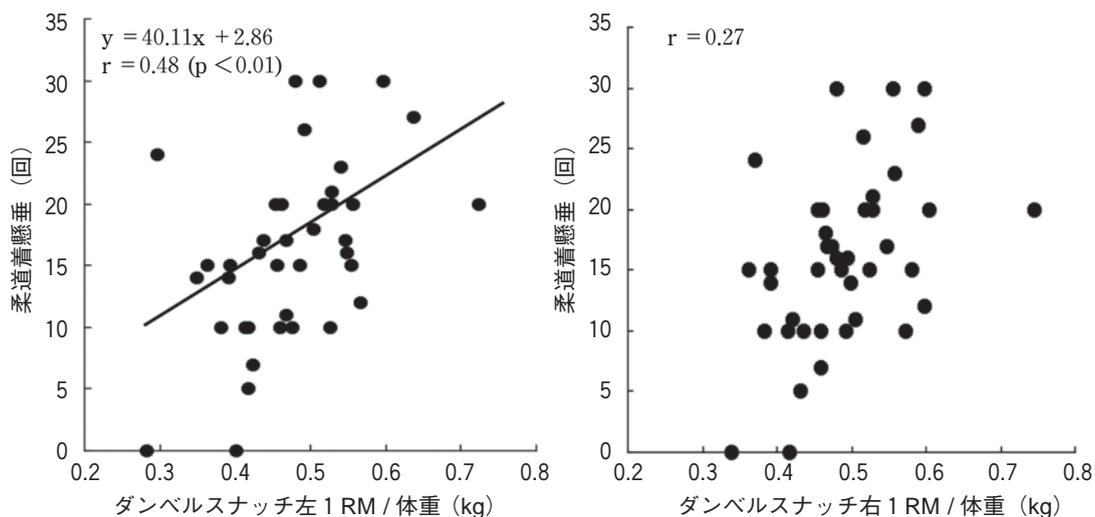


図6 柔道着懸垂の測定値とダンベルスナッチ1RM 体重比との関係
Fig. 6 Relationship between Judogi Chin-up and dumbbell snatch 1RM/body weight

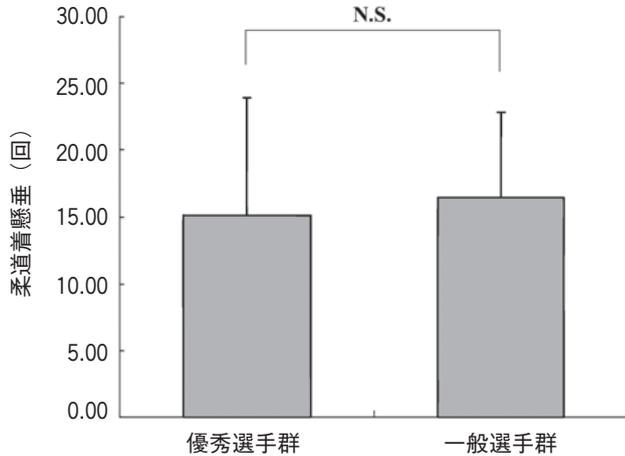


図7 柔道着懸垂の測定値と柔道の競技成績との関係
Fig. 7 Relationship between Judogi Chin-up and level of competition

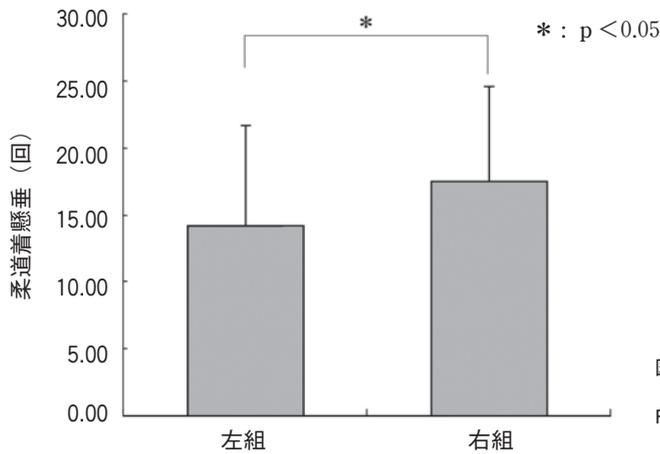


図8 柔道着懸垂の測定値と柔道の組み手との関係
Fig. 8 Relationship between Judogi Chin-up and Judo-KUMITE

7. 柔道着懸垂の測定値と柔道の競技成績との関係

図7は、大学柔道選手を対象とした主要な全国大会または全日本ジュニア選手権に出場経験のある被験者（優秀選手群：n = 21）と、それ以外の被験者（一般選手群：n = 30）における、柔道着懸垂測定値の平均値を比較したものである。両群の平均値及び標準偏差には、優秀選手群が15.1 ± 8.7、一般選手群が16.5 ± 6.3であり、両群の平均値間には有意な差は認められなかった。

8. 柔道着懸垂の測定値と組み手との関係

図8は、各被験者の最も得意とする技の組み手が「右組」の群（n = 24）と「左組」の群（n = 27）の柔道着懸垂測定値の平均値を比較したものである。

両群の平均値及び標準偏差は、左組群が14.2 ± 7.6、右組群が17.5 ± 7.1であり、右組群の方が有意に高い値を示した（p < 0.05）。

IV. 考 察

本研究では、柔道着懸垂の測定値と、体重及び体脂肪率の間に有意な負の相関が認められた。柔道着懸垂の動作中には、負荷として体重が作用しており、体重が重い者ほど負荷が大きくなり、これが反復回数の減少の要因となったと考えられる。

所属階級の平均値について比較してみると、100 kg 超級の平均値は、他の全ての階級の平均

値に比べて有意に低く、100 kg級の平均値についても、60 kg級、73 kg級、81 kg級の3つの階級の平均値に比べて有意に低い値を示した。金久ら⁸⁾は、日本のスポーツ選手では、体重が90 kgを超えると体脂肪率が大きくなり、皮下脂肪筋断面積比率が急激に増加する傾向があることを報告している。また、山本⁹⁾は、柔道選手の等尺性脚伸展力の測定を行い、90 kgを超える重量級選手の体重あたりの筋力が低いことを報告している。また、有賀ら²⁾は、ダンベルクリーンの1 RMの測定を行い、100 kg級と100 kg超級の平均値が他の階級に比べて低い値を示す傾向があると述べている。本研究における柔道着懸垂の測定結果は、上述した3つの報告と同様の傾向を示した。

スポーツ競技において高いパフォーマンスを発揮するためには、スポーツの動作特性や要求される体力要素などの特異性を配慮した専門的体力を高めることが重要であるといわれている¹⁰⁾。本研究の対象となった柔道着懸垂は、柔道競技にみられる代表的な動作である「釣り手」及び「引き手」に類似した引く動作を行うことや、柔道着を掴んで行うことの2点において、柔道競技の特異性を配慮した「専門的筋力トレーニング」として位置づけられるものである。引く動作の一般的な筋力強化の手段として広く実施されている鉄棒による懸垂腕屈伸の反復回数と柔道着懸垂の測定値との関連について調べた結果、有意な正の相関が認められ、両者には関連があることが示唆された。

鉄棒による懸垂腕屈伸と柔道着懸垂の大きな相違は、握りの形状と素材にあり、柔道着懸垂の測定値に影響を与える要因として、柔道着を握る能力について検討を加える必要がある。本研究では、柔道着懸垂と左右の握力との間には有意な相関は認められず、握力の要因は関与していないことが示唆された。古谷⁶⁾は、手で握ったバーを外力によって牽引し、バーが手から離れた時の牽引力の最大値を測定し「受動的握力」とした。大学柔道選手を対象として、受動的握力を測定したところ、一般的な握力計による握力（能動的握力）の300%程度の数値が得られ、テニス選手や一般人

に比べて有意に高い値が認められたことを報告するとともに、柔道選手が組み手を切られまいとするトレーニング効果によるものであろうと考察している。今後は、受動的握力の測定を行い、柔道着懸垂の測定値との関連について調べる必要があるであろう。

一方、重量物を使用して両手で上方へと引く動作を行うワーククリーンと、片手で引く動作を行うダンベルスナッチの1 RMを測定し、柔道着懸垂との関連について検討した結果、柔道着懸垂の測定値とワーククリーンの1 RMの間には有意な相関は見られなかったが、1 RM体重比の間には有意な正の相関が認められた。また、ダンベルスナッチについては、柔道着懸垂と左の1 RM体重比との間に有意な正の相関が認められたが、右の1 RM体重比との間には有意な相関は認められなかった。これらのことから、柔道着懸垂の測定値には、左手による引く力の体重比の値が関連していることが示唆された。この要因について検討するために、柔道の組み手と柔道着懸垂の測定値との関連について調べてみると、右組の被験者の柔道着懸垂の測定値は、左組の被験者の測定値に比べて有意に高い値が得られた。今回の被験者のほとんどは右利きであり、有賀ら²⁾の先行研究により、利き手側である右手によるダンベルスナッチの1 RMは、左に比べて有意に高いことが示されている。また、右組の選手は、通常左手が「引き手」となり、日頃の練習において左手で引く動作の反復練習を行っている。これらのことから、右組の被験者の柔道着懸垂の測定値が左組に比べて高かったことの原因として、右組の選手は、利き手として使用頻度が高く引く力が強い右手に加え、左手の引く力が柔道の練習の中で強化され、左右ともに引く力が強化される機会を得ているが、左組の選手は、利き手である右手が「引き手」となるため、左手の引く動作を強化する機会が少ないことが推測された。

柔道着懸垂の測定値の全被験者の平均値と標準偏差は、 16.0 ± 7.5 回であった。また、最大は30回（66 kg級2名、73 kg級1名）であり、最小は0

回(100 kg 超級 2 名)であった。筋力トレーニングの負荷と効果の関連^{11, 12)}に着目すると、柔道着懸垂の測定値が、1～5 回であった者については、最大筋力向上の効果が、6～12 回であった者は筋肥大、13 回以上反復できた者は筋持久力の向上がそれぞれ期待できるが、同じエクササイズでありながら、体重や反復能力によって効果に相違が生じてしまうことになる。トレーニングを効果的に実施するためには、トレーニング目的を明確にし、負荷が小さい場合には、腰にウエイトを装着する方法などを、負荷が過大な場合には、床に足をつけて行うなどの配慮が必要と言えよう。

本研究では、柔道着懸垂の測定値と競技成績との間には、関連を見いだすことができなかった。競技成績が高くても、体重の重い階級に所属する者の場合には、柔道着懸垂の測定値は低い傾向が見られた。今後は、長期にわたって柔道着懸垂のトレーニング経験を積んだ選手を対象とした研究や、柔道着懸垂の実施に伴う柔道のパフォーマンスの変化について検討することが必要であろう。

V. 要 約

本研究では、柔道選手の「組み手」の改善のための筋力トレーニングとして近年実践されるようになった「柔道着懸垂」に関する基礎資料を得ることを目的に、大学柔道選手を対象として、「柔道着懸垂」の反復回数を測定し、形態や所属階級、他の体力測定項目の結果、柔道の競技レベルや技術特性などとの関連について検討を行い、次のような知見を得た。

- 1) 柔道着懸垂の測定値と体重及び体脂肪率との間には有意な負の相関が認められた。
- 2) 柔道着懸垂の測定値と鉄棒による懸垂腕屈伸の反復回数との間には有意な正の相関が認められたが、握力との間には有意な相関は認められなかった。
- 3) 柔道着懸垂の測定値と、左手によるダンベルスナッチの 1 RM 体重比との間には有意な正

の相関が認められたが、右手側については有意な相関は認められなかった。また、柔道着懸垂の測定値は右組群の方が左組群よりも有意に大きな値を示し、柔道の「組み手」の特性との関連が示唆された。

- 4) 柔道着懸垂の測定値と競技成績との間には有意な相関は認められなかった。

謝辞

本稿を終えるにあたり、ご協力いただいた東海大学サポートスタッフの小野祐希氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 有賀誠司：柔道選手の専門的筋力トレーニング、月刊トレーニング・ジャーナル、23(6)、69-75、2001。
- 2) 有賀誠司、寺尾 保、恩田哲也、中村 豊、山下泰裕、中西英敏、生方 謙：柔道選手におけるダンベルを用いたクイックリフト・エクササイズについて、東海大学スポーツ医科学雑誌、第14号、23-33、2002。
- 3) 有賀誠司、芝本幸司、中西英敏、山下泰裕、白瀬英春、恩田哲也、麻生 敬、生方 謙：柔道選手における片脚スクワットについて、東海大学スポーツ医科学雑誌、第16号、34-44、2004。
- 4) 有賀誠司、宮崎誠司、岡泉 茂、恩田哲也：柔道選手の下肢運動能力を把握するための専門的テストの検討、柔道科学研究、6、13-18、2000。
- 5) 有賀誠司、中西英敏、山下泰裕、恩田哲也、生方謙：柔道選手の下肢運動能力改善のためのトレーニングに関する研究—片脚 4 方向ジャンプについて—、東海大学スポーツ医科学雑誌、第17号、7-15、2005。
- 6) 古谷嘉邦：能動的筋力と受動的筋力に関する実験的研究、東京医科大学雑誌、第38巻、第 6 号、839-847、1980。
- 7) 佐藤宣踐、古谷嘉邦、白瀬英春：柔道選手の握りに関する研究、東海大学紀要体育学部、7、179-189、1977。
- 8) 金久博昭、近藤正勝、角田直也、池川繁樹、福永哲夫：体重性競技選手の体肢組成、Jap. J. Sports

Sci. 4(9), 1985.

- 9) 山本利春：傷害予防の観点からみた柔道選手の階級別脚筋力と身体組成の評価，臨床スポーツ医学，13(4)，262-266，1996.
- 10) 有賀誠司：筋力トレーニングのスポーツ選手への適用，Japanese Journal of Biomechanics in

Sports & Exercise, 6, 227-239, 2002.

- 11) 有賀誠司：自分でつくる筋力トレーニングプログラム，山海堂，2004.
- 12) Thomas R. Baechle, Roger W. Earle：Essential編，ストレングストレーニング & コンディショニング，ブックハウスエイチディ，1999.



肥満者に対する低圧低酸素環境下 における安静時および歩行運動終了後の 末梢血液循環に及ぼす影響

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 小澤秀樹 (医学部内科学系総合内科学)
桑平一郎 (医学部内科学系呼吸器内科学) 三田信孝 (体育学部生涯スポーツ学科)
山並義孝 (体育学部生涯スポーツ学科) 伊藤栄治 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

The effects of hypobaric hypoxic environment on
peripheral blood circulation at rest and post walking exercise in obese adults

Tamotsu TERAO, Hideki OZAWA, Ichiro KUWAHIRA, Nobutaka MITA, Yoshitaka YAMANAMI and Eiji ITO



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of walking exercise in a hypobaric hypoxic environment on peripheral blood circulation by monitoring skin temperature using thermography in obese adults. Four obese male adults volunteered for the study. The subjects walked for 60 minutes on a treadmill in two environments: a hypobaric hypoxic environment (HE) at 1500 m simulated altitude, and normobaric normoxic environment (NE) at sea level. Before (at rest), 30 minutes and 60 minutes post exercise in HE and NE, the following parameters were measured: skin temperature of upper body (anterior aspect, posterior aspect) with thermography. Areas of high skin temperature at rest in HE showed a tendency larger than that in NE. The skin blood flow was temporarily improved by acute HE. Areas of skin high temperature at 30 minutes and 60 minutes post-exercise in HE showed a tendency larger than that in NE. The skin temperature (mid-palma region) of a fixed point at 60 minutes post-exercise in HE was significantly higher than in NE ($p < 0.05$). The skin blood flow can be temporarily increased by acute walking exercise in HE. These results suggest that walking exercise in a hypobaric hypoxic environment may be a useful method for improvement of peripheral circulation and exercise treatment in obese adults.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 54-61, 2006)

I. 緒 言

従来、私たちは、高地（低圧低酸素環境）トレーニングが一部のエリートスポーツ選手の競技力向上のみならず、スポーツ選手の減量や幅広い年

齢層のヒトに対する肥満の予防・改善および健康増進に貢献する可能性のあること^{1,2)}を報告している。この理由の一つとしては、平地よりも高地での運動がエネルギー消費量の増大および脂質代謝の亢進^{3,4)}などが認められていることから、肥満者の減量・ウエイトコントロールにより

有効であると考えている。私たちの先行研究では、人工的高地環境システムの低圧室を用い、標高1500mに相当する低圧環境下で週3回の歩行運動は、身体的にも安全で安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあること⁵⁾、また、トレーニング頻度を週3回とした場合、1回の低圧低酸素環境下(高地)と残り2回に常圧常酸素環境下(平地)の併用による歩行運動は、単に、常圧常酸素環境下の歩行運動(週3回の頻度)に比較して、長期間にわたって継続することで安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあること^{6,7)}等も報告している。

肥満に関しては、心臓病、糖尿病、高脂血症、高血圧症など多くの生活習慣病の危険因子の一つとしてあげられている。一方、生活習慣病、とくに脳卒中や心不全などの循環器疾患に対する身体運動の有効性も多く報告されている。したがって、肥満の予防・改善は、生活習慣病を予防する一つの手段であり、その予防・改善を目的として、身体運動が導入されている。

循環器疾患に関する評価法としては、心電図および血圧の検査とともに血液循環動態の検査も重要な生理的意義を有するものと考えられる。血液循環動態の良否を判断するものとして、指尖容積脈波を二次微分した加速度脈波は、非観血的な末梢循環動態の一つの指標になること⁸⁻¹⁰⁾が報告されている。さらに、身体運動と加速度脈波からみた末梢の血液循環動態とに密接な関係があること¹¹⁻¹³⁾も報告されている。私たちの低圧低酸素環境と運動に関する先行研究では、加速度脈波からみた末梢循環の動態から、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における一過性の歩行運動は、運動終了後、末梢循環が一時的に改善されること¹⁴⁾、さらに、定期的な歩行運動が安静時の末梢循環を比較的早期に改善すること¹⁵⁾等が認められている。

本研究では、その研究の一環として、これまでの成績を踏まえ、肥満者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時および一過性の歩行運動を行

った場合、サーモグラフィーによる画像解析から得られた皮膚温度の変化から、安静時および運動終了後の末梢血液循環の動態にどのような効果を及ぼすかについて検討した。

II. 実験方法

1. 対象者

実験対象は、成人の男子肥満者4名(年齢 40.0 ± 15.6 歳、身長 170.8 ± 11.9 cm、体重 87.2 ± 26.4 kg、体脂肪率 $28.4 \pm 6.7\%$)を被験者とした。肥満者は、常圧常酸素環境と低圧低酸素環境に分け、それぞれに歩行運動を行わせた。なお、被験者には、研究の目的、内容を十分に説明し、書面にて実験参加への同意を得た。

2. 環境条件

常圧常酸素(NE)および低圧低酸素環境(HE)下の実験は、東海大学スポーツ医科学研究所に設置されている低圧(高地トレーニング)室を使用した。

本研究では、NE(気圧、760 mmHg)およびHE(標高1500 mに相当する気圧、634 mmHg)にそれぞれ調整して行った(室温を22℃、相対湿度55%)。

3. 運動負荷テストおよび運動強度の判定

HEにおける運動負荷テストの測定には、トレッドミルを用い、目標心拍数($(220 - \text{年齢}) \times 0.75$)、動脈血酸素飽和度(90~94%)および主観的運動強度RPE(12~13)の3つの指標からそれぞれの示してある範囲内になるよう歩行速度とトレッドミル傾斜角を求めた。なお、NEの運動強度は、HEの歩行速度と傾斜角を用いた。

4. 歩行運動実験および皮膚温度の測定

歩行運動は、それぞれ60分間とした。実験は、NEおよびHEにおける安静時および歩行運動終了30分、60分後にサーモグラフィーによる画像解

析（上体前部および後部）と定点温度（腹部、背部、手掌部）を測定した。なお、NE および HE における安静時の皮膚温度は、椅座位にて20分以上の安静状態を保持した後に測定した。

6. 測定方法

皮膚温度は、赤外線サーモグラフィー（ハンディサーモ TVS-200、日本アビオニクス株式会社）、動脈血酸素飽和度がパルスオキシメータ（PULSOX-3i、ミノルタ）、心拍数がハートレートモニター（バンテージ NV、ポラルル）、体脂肪率は体組成計（Model BC-118、タニタ）をそれぞれ用いて測定した。

7. 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表し、統計学的解析には HE と NE（安静時、運動終了30および60分後）の有意差の検定に paired t-test を用いた。

統計的有意水準は、すべての検定において5%未満とした。

III. 実験結果

1. 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化

図1および2（上体前面）、3および4（上体後面）に NE および HE の安静時、歩行運動後における皮膚温度の変化を示した（典型的な2例）。まず、安静時の皮膚温度は、HE が NE に比較して、頭部、頸部、胸部、上腕部、手掌部および前腕部等で高温のエリアが拡大していた。

運動終了後の皮膚温度は、HE が NE に比較して、時間経過とともに皮膚温度の上昇がみられ、胸部、腹部、背部、上腕部および手掌部などに高温のエリアが拡大され、60分経過した後もなお高温の状態を維持していた。

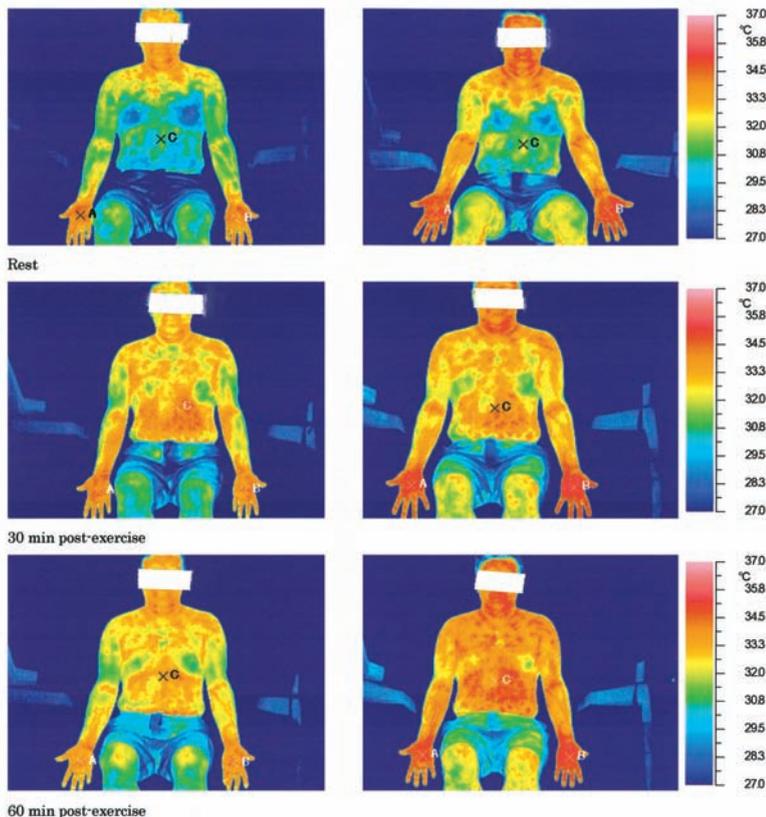


図1 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化（上体前面、被験者；A.I.）

左：常圧常酸素環境、右：低圧低酸素環境

Fig.1 Changes in skin temperature before (at rest) and post exercise in NE and HE (anterior aspect of upper body; subject; A.I.).

Left: NE (normobaric normoxic environment), Right: HE (hypobaric hypoxic environment)

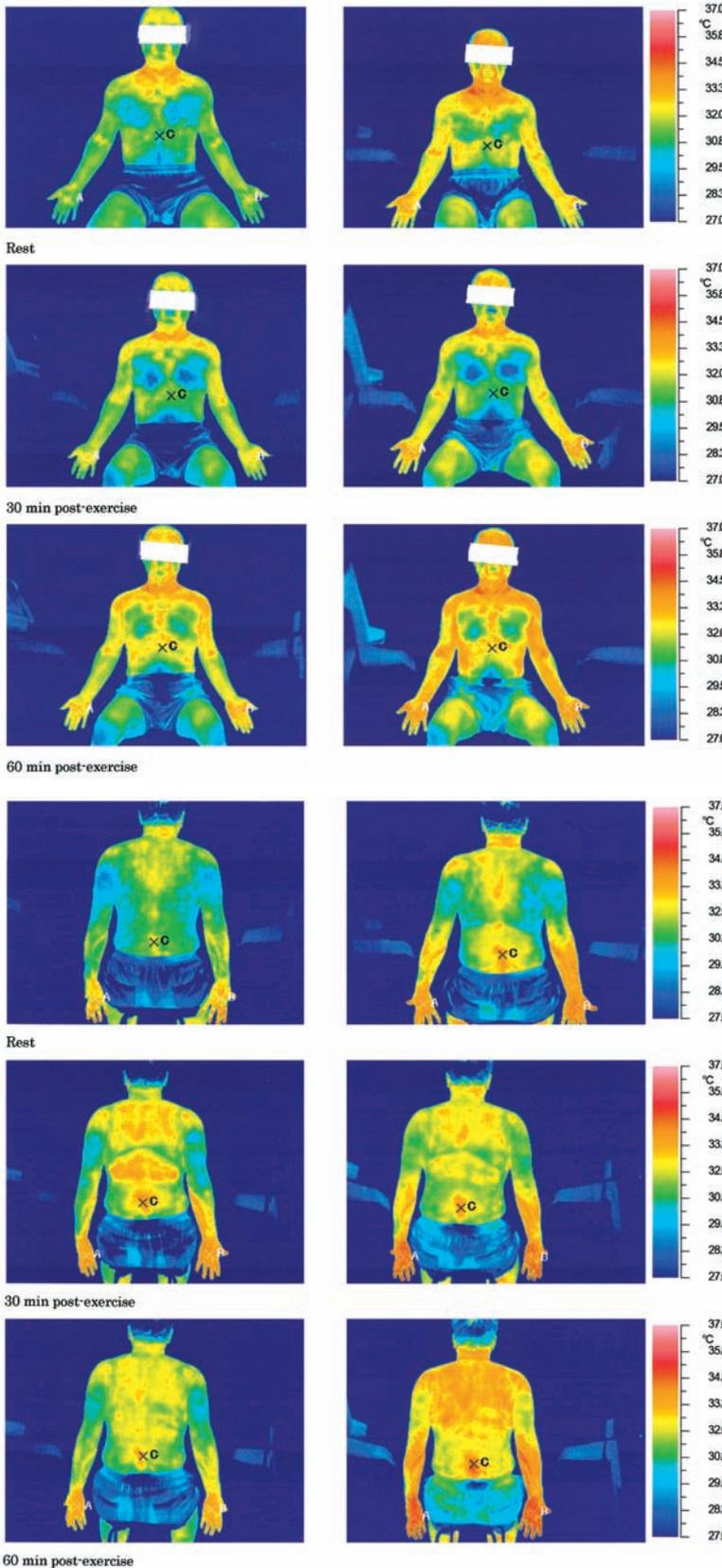


図2 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化(上体前面、被験者; Y.Y.)
 左: 常圧常酸素環境、右: 低圧低酸素環境
 Fig. 2 Changes in skin temperature before (at rest) and post exercise in NE and HE (anterior aspect of upper body, subject; Y.Y.).
 Left: NE (normobaric normoxic environment), Right: HE (hypobaric hypoxic environment)

図3 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化(上体後面、被験者; A.I.)
 左: 常圧常酸素環境、右: 低圧低酸素環境
 Fig. 3 Changes in skin temperature before (at rest) and post exercise in NE and HE (posterior aspect of upper body, subject; A.I.).
 Left: NE (normobaric normoxic environment), Right: HE (hypobaric hypoxic environment)

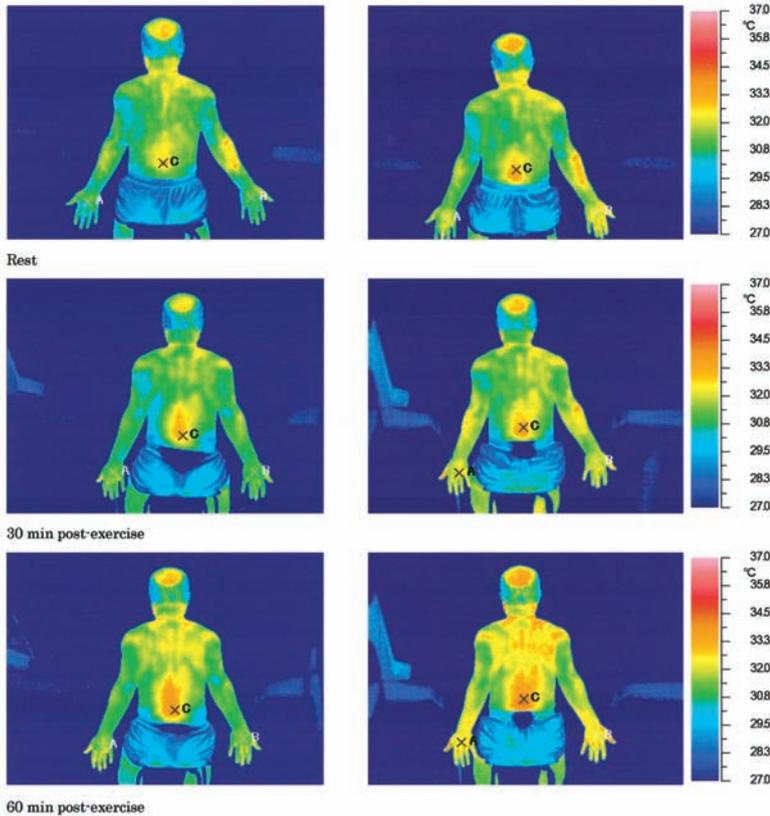


図4 一過性の歩行運動前後における皮膚温度の変化(上体後面、被験者; Y.Y.)
 左: 常圧常酸素環境、右: 低圧低酸素環境
 Fig. 4 Changes in skin temperature before (at rest) and post exercise in NE and HE (posterior aspect of upper body, subject ; Y.Y.).
 Left: NE (normobaric normoxic environment), Right: HE (hypobaric hypoxic environment)

2. 一過性の歩行運動前後における定点温度の変化

一過性の歩行運動前後における定点温度の変化を図5～7に示した。安静時における各部位での定点温度は、HEがNEに比べて、手掌部や腰部でやや上昇傾向がみられた。運動終了後における各部位での定点温度では、HEが時間経過とともに上昇傾向がみられ、とくに、手掌部に顕著な変化が認められ、NEに比較して、運動終了30分、60分後で有意な上昇を示した ($p < 0.05$, $p < 0.05$)。

IV. 考 察

本研究は、減量・ウエイトコントロールを必要とする肥満者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時および一過性の歩行運動を行わせた場合、サーモグラフィーによる画像解析と定点温度から得られたデータを用い、安静時および運動終了後

の末梢血液循環の動態にどのような効果を及ぼすかを検討した。

その結果、HEにおける安静時の皮膚温度は、NEに比較して、高温のエリアが拡大していた。手掌部などの定点温度では、やや上昇傾向がみられた。これらの結果は、低圧低酸素環境が皮膚血流増加の効果にも大きく関与することが示唆される。これらの効果は、私たちが現在までに報告してきている低圧低酸素環境と加速度脈波による末梢循環に関する研究^{14, 15)}と密接に関連づけることができる。前報では、標高1500 m程度の低圧低酸素環境では平地よりも、この加速度脈波の波高比であるd/a値の上昇とともに加速度脈波の総合的指標であるAPG Index^{12, 13)}の上昇も認められ、末梢循環の評価が一時的に高い機能を維持できることを報告している。加速度脈波のb/a値は、血管の伸展性(血管の柔らかさ)を示すもので、d/a値は機能的血管壁の緊張や動脈硬

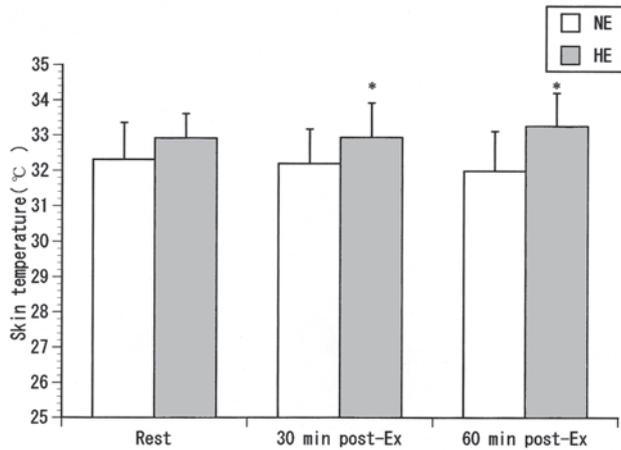


図5 一過性の歩行運動前後における定点温度の変化(手掌中央部)

Fig. 5 Changes in skin temperature of fixed point before (at rest) and post exercise in NE and HE (mid-palmar region).

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic Environment (* $p < 0.05$)

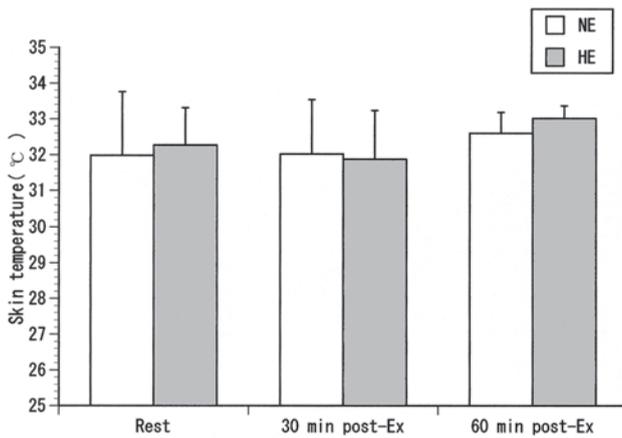


図6 一過性の歩行運動前後における定点温度の変化(腹部)

Fig. 6 Changes in skin temperature of fixed point before (at rest) and post exercise in NE and HE (abdominal region).

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic Environment

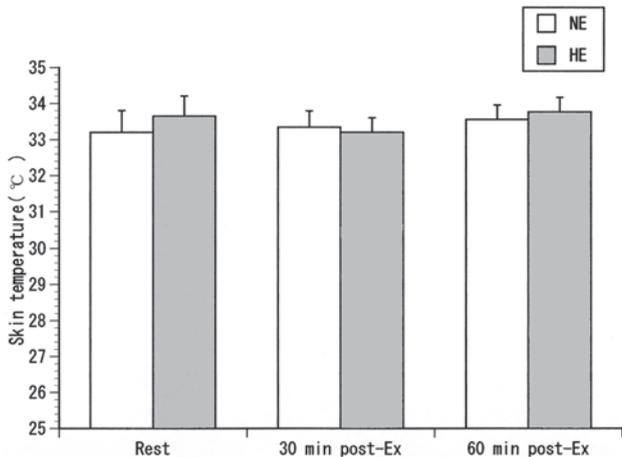


図7 一過性の歩行運動前後における定点温度の変化(腰部)

Fig. 7 Changes in skin temperature of fixed point before (at rest) and post exercise in NE and HE (lumbar region).

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic Environment

化による器質的硬化を反映する⁸⁻¹⁰⁾と考えられ、これらの波高比は、加齢とともにb/a値の上昇、d/a値の低下がみられること¹¹⁾が報告されている。また、虚血性心疾患の患者を対象に末梢血管収縮

剤の投与による昇圧時にはb/a値が増大し、d/a値は減少するのに対して、末梢血管拡張剤の投与による降圧時にはb/a値が減少し、d/a値は上昇すること^{8,9)}が認められている。血管拡張に伴

う加速度脈波の変化としては、とくに、顕著に現れるのが d/a の変化である。これらの結果および本研究における皮膚温度の変化等から、低圧低酸素環境下では、安静時でも末梢血管の拡張、血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが示唆される。

次に、運動終了後の皮膚温度は、HE が NE に比較して、時間経過とともに皮膚温度の上昇がみられ、胸部、腹部、背部および手掌部などに高温のエリアが拡大され、60分経過した後もなお高温の状態を維持していた。各部位での定点温度では、とくに、手掌部に顕著な変化がみられ、HE が NE に比較して、運動終了60分後で有意な上昇を示した。これは、運動終了後も循環経路の終末的な部位でもある手掌部が低圧低酸素環境の影響を受けやすく、血流増加効果の強く現れる部位であると考えられる。これらの効果は、安静時と同様に、加速度脈波による末梢循環の研究^{14, 15)}に関連づけることができる。先行研究では、加速度脈波の波高比である b/a 値は、HE が NE よりも運動終了60分後で有意な減少を示したのに対して、逆に、 d/a および APG Index は有意な上昇を示したことを報告している。加速度脈波波形パターンとその評価（高い機能、標準機能、機能低下）からみると、HE では、その効果が運動終了60分後でも高い機能を維持していたのに対して、NE では運動終了30分程度までは高い機能を維持していたこと等が本研究の結果とほぼ一致している。したがって、従来のエネルギー代謝^{1, 2, 6, 7)} および加速度脈波の成績^{14, 15)}と同様に、低圧低酸素環境である高地での運動の方が平地での運動よりも、皮膚温度の変化からも末梢循環動態により長く効果をもたらすことが示唆される。すなわち、標高1500 m に相当する低圧低酸素環境下で一定強度の運動を一定時間負荷すると、低圧低酸素刺激と運動刺激の相乗作用が運動終了後にも生理応答を増加させ、末梢血管の拡張、血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが考えられる。

そこで、近年、女性や中高年者が週末を利用し

てトレッキングなどでの高地登山（標高1000 m ~ 2000 m）の増加は、運動能力の改善は基より、登山後の長時間にわたるエネルギー代謝の亢進とともに、加速度脈波の変化、さらには本研究で得られた皮膚血流増加の面から末梢循環の一時的な改善もみられ、肥満の予防および疾病予防と健康増進の観点から推奨されるであろうと考えている。

以上、本研究の成績から、肥満者に対する標高1500 m に相当する低圧低酸素環境下における歩行運動は、運動終了後、末梢血管の拡張、皮膚血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが示唆された。

V. まとめ

本研究は、減量・ウエイトコントロールを必要とする肥満者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時および一過性の歩行運動を行わせた場合、サーモグラフィーによる画像解析と定点温度から得られたデータを用い、安静時および運動終了後の末梢血液循環の動態にどのような効果を及ぼすかを検討した。

その成績を示すと次のごとくである。

- 1) 安静時の皮膚温度は、HE が NE に比較して、高温のエリアが拡大していた。
- 2) 運動終了後の皮膚温度は、HE が NE に比較して、時間経過とともに皮膚温度の上昇がみられ、胸部、腹部、背部および手掌部などに高温のエリアが拡大され、60分経過した後もなお高温の状態を維持していた。
- 3) 各部位での定点温度では、とくに、手掌部に顕著な変化がみられ、HE が NE に比較して、運動終了30分、60分後で有意な上昇を示した。

以上、本研究の成績から、肥満者に対する標高1500 m に相当する低圧環境下における歩行運動は、運動終了後、末梢血管の拡張、血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが示唆された。

参考文献

- 1) 寺尾 保, 木村季由, 湯浅康弘, 袋館龍太郎, 恩田哲也, 有賀誠司, 中澤一成, 山並義孝, 中村 豊, 齋藤 勝: スポーツ選手の減量に対する低圧環境下の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 11: 22-29, 1999.
- 2) 寺尾 保, 木村季由, 恩田哲也, 有賀誠司, 中村 豊, サンドゥー・アダルシュ, 山並義孝, 齋藤 勝: 肥満者およびスポーツ選手の減量に対する低圧環境下における歩行運動の有効性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 13: 15-23, 2001.
- 3) Terrados, N., Melichna, J., Sylven, C., Jansson, E. and Kaijiser, L.: Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur.J.Appl. Physiol.* 57: 203-209, 1988.
- 4) 寺尾 保, 恩田哲也, 中村 豊, 有賀誠司: 低圧環境下における持久的トレーニングがスポーツ選手の形態, 身体組成および脂質代謝に及ぼす効果, 体力科学, 46(6): 916, 1997.
- 5) Terao, T., Onda, T., Aruga, S., Yamanami, Y.: Effects of walking exercise in a hypobaric environment on the body composition and energy metabolism of obese subjects. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, 4(4): 161, 1999.
- 6) 寺尾 保, 桑平一郎, 宮川千秋, 恩田哲也, 中村 豊, 三田信孝, 山並義孝, 齋藤 勝: 肥満者の減量に対する低圧環境下および常圧環境下における歩行運動の有効性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 15: 32-38, 2003.
- 7) Terao, T., Miyakawa, C., Yamanami, Y., Saito, M.: The effects of walking exercise in hypobaric and normobaric environments on resting metabolic rate and body composition in obese adults. *Osterreichisches Journal fur Sportmedizin*, 33(2): 26-31, 2003.
- 8) 高沢謙二, 伊吹山千春: 加速度脈波, 現代医療, 20: 948-955, 1988.
- 9) 高沢謙二, 伊吹山千春: 加速度脈波の有効性, 臨床検査, 33: 858-862, 1989.
- 10) 鈴木明裕, 山川和樹, 藤沼秀光, 須藤秀明, 小川研一: 弾性動脈の伸展度 (Distensibility) と, 加速度脈波との関係についての検討, 日本臨床生理学雑誌, 20: 113-123, 1990.
- 11) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用, 労働科学, 61(3): 129-143, 1985.
- 12) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用 (第2報) —波形の定量化の試み—, 体力研究, 68: 17-25, 1988.
- 13) 佐野裕司, 片岡幸雄, 小山内博: 身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響 (その2) —長期トレーニングの影響—, 千葉体育学研究, 16: 47-53, 1993.
- 14) 寺尾 保, 小澤秀樹, 桑平一郎, 三田信孝, 恩田哲也, 中村 豊, 山並義孝, 堀江 繁: 肥満者の減量に対する低圧低酸素環境下の歩行運動が運動終了後の末梢血液循環に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 16: 61-68, 2004.
- 15) 寺尾 保, 伊藤栄治, 小澤秀樹, 桑平一郎, 三田信孝, 山並義孝, 堀江 繁: 中高年者に対する低圧低酸素環境下の歩行運動が末梢循環に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 17: 16-22, 2005.



幼児の跳躍動作における運動伝導の評価

山田 洋 (体育学部体育学科) 加藤達郎 (体育学部体育学科) 三上恭史 (大学院体育学研究科)
金子公宏 (明治大学理工学部) 塩崎知美 (筑波スポーツ科学研究所) 横井孝志 (産業技術総合研究所)

Assessment for motor conduction during jumping in infants

Hiroshi YAMADA, Tatsuro KATO, Yasufumi MIKAMI,
Kimihiko KANEKO, Tomomi SHIOZAKI and Takashi YOKOI



Abstract

The purpose of this study is to examine the “skill” from the point of view in motor conduction during jumping in infants. Subjects were 17 healthy infants (Younger group, $n = 11$; Middle group, $n = 6$). Five college students were participated in the this experiment as control group. Their forms during jumping were recorded by using a digital video camera. Angular displacement, angular velocity and angular acceleration were calculated for hip, knee and ankle joints. Jumping movements were divided to take-off phase and land-on phase based on the displacement of center of gravity. Correlation coefficient (CC) function was calculated for relation between the hip joint angular curve and knee joint angular curve to discuss the motor conduction. CC was also calculated for relation between the knee joint angular curve and ankle joint angular curve. Behavior of CC function in infants was similar to in controls during take-off phase. On the other hand, CC was smaller in infants than in controls during land-on phase. Furthermore, the variance of time lag in peak of CC was larger in infants than in controls, indicating the inability of motor conduction in infants during land-on phase.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 62-68, 2006)

I. はじめに

スキヤモンの発育発達曲線にみられるように、幼児期には神経系の発達が著しい¹⁾。したがって、この時期に適切な運動を行うことが神経系の発達を促し、運動の「巧みさ」を獲得できると考えられる。しかしながら、これまで幼児期の「巧みさ」を評価する研究はあまり行われていない。この「巧みさ」の評価に関してマイネル²⁾は、『巧みな運動では、それぞれの四肢や関節に明らかな順次性が認められる』と述べ、これを「運動伝

導」と定義している。

本研究では、この「運動伝導」の考えに基づいて、ヒトの最も基本的な動作のひとつである“跳躍”をとりあげ、幼児における動作の「巧みさ」を評価することを試みた。幼児に跳躍動作を行わせ、矢状面からの二次元映像解析を行った。跳躍動作を離地局面と接地局面に分け、股・膝・足関節における角速度の変化曲線について相互相関関数^{3, 4)}を用い、各関節間における角速度変化の類似性や時間ずれについて検討した。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

神奈川県横浜市の幼稚園で測定を実施した。年少幼児11名、年中幼児6名を被験児とした。幼稚園と保護者には予め実験の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。コントロール群として健康な男子大学生5名を被験者とした。成人被験者にも予め実験の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。

2. 測定

測定に先立ち、幼稚園教諭から測定についての説明がなされた。その後、各被験児にデジタルサイズの標点を貼付した。標点に用いるマーカーは発泡スチロールの半円で、直径は3 cmと1.5 cmであった。マーカーの色は黒および黄色とし、それぞれの被験者の各部位の背景の色を考慮し、最も

目立つ色を選択した。これらのマーカーは、被験者の頭頂と胸骨上縁、左右の耳珠点、肩、肋骨下端、肘、大転子、手首、手、膝、外果、母指球、踵、爪先に貼付した。

測定時には、被験児に対し出来るだけ高くジャンプするように丁寧に説明をして、練習を数回行わせた。本番の試技は3回行わせ、2回目の試技を解析した。デジタルビデオカメラ（VX-2000、SONY）を用いて、跳躍動作中の矢状面の二次元映像を、毎秒30コマで撮影した（図1）。

3. 解析

得られた映像データをオフラインで処理・解析した。毎秒30コマでUltra EDIT（Canopus）を用いてコンピュータ（Dimension 3000、Dell）に取り込んだ。静止立位→膝の屈曲から離地→接地から膝屈曲→静止立位までを跳躍動作とした。画像解析ソフト（Frame DIAS、ディケイエイチ）を用いてデジタル化を行い、跳躍動作時の股関節



図1 測定概略図
Fig. 1 Experimental set up

節、膝関節、足関節における角度、角速度、および角加速度を算出した。本研究ではこれらのKinematicsパラメータのうち、特に角速度に着目した。また、跳躍動作における重心変位の正ピークを基準に、ピーク以前を離地局面、ピーク後を接地局面と定義した(図2)。この角速度変化曲線の所用時間を100%として規格化し、股関節-膝関節、膝関節-足関節間で相互相関関数を算出した。相関係数により各関節間における角度変化の類似性、およびそのときの時間ずれ(%)を評価した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 幼児の跳躍動作の特徴

跳躍動作時の股・膝・足関節の角速度変化曲線の例を図3に示す。この図では正方向が伸展、負方向が屈曲を表している。成人では、離地局面における離地前(沈み込み)の各関節の負のピークが小さく、離地直前にみられる正のピークが大きい。これに対し、幼児では、離地前の負ピークが成人と比較して大きく、股関節では跳躍前の沈み込みと踏み切り時の伸展がほぼ同じ速さで行われていることを意味している。接地局面では、接地

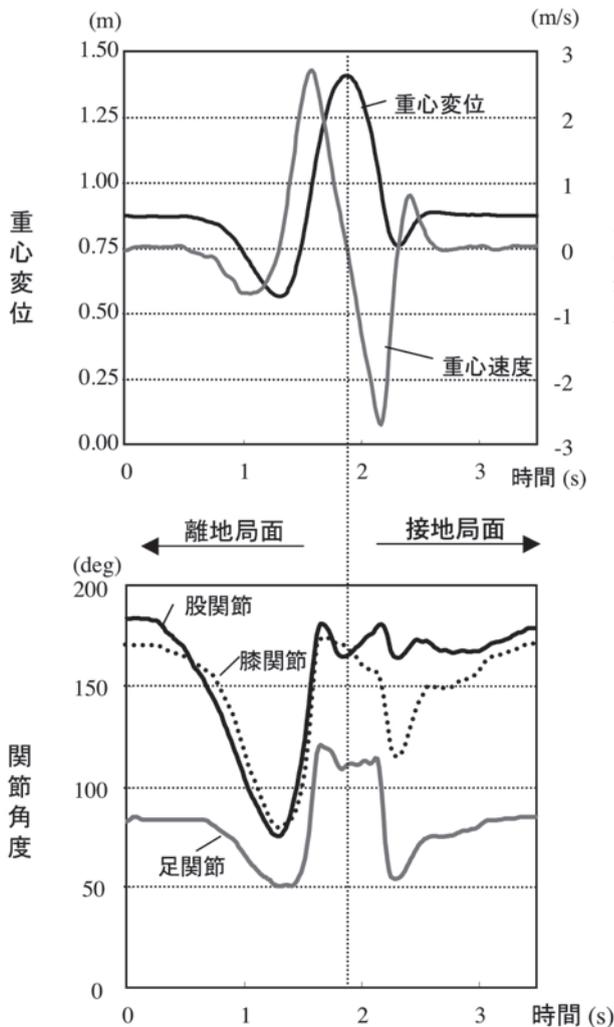


図2 重心変位および速度からみた跳躍動作時における局面分けとそれに対応する股・膝・足関節の角度変化
 Fig. 2 Analyzed phases during jumping movement based on the displacement and velocity of center of gravity

時の足・膝・股の屈曲を意味している各関節における接地直後の負のピークが、成人と比較して幼児では著しく小さい。これは、幼児では離地直後に膝を屈曲し、その屈曲を維持したままで着地し、その後の沈み込みが少ないためである。このように離地直後に膝を屈曲する例は、18人中6例で見られた。

図4は対応した股-膝関節間・膝-足関節間の相互相関関数を示す。この図において、横軸はそれぞれの局面を100%として表示した相関係数、

縦軸は時間ずれを示す。離地局面における相互相関関数をみると、幼児においても成人においても高い相関係数を示しており、股、膝、足関節の角速度は、同じような振る舞いをしているといえる。相互相関関数からみた角速度曲線の時間ずれについては、成人ではほとんどみられないのに対し、幼児では関数のピークがマイナス方向にずれて、股・膝・足の順序性がみとめられる。接地局面の相互相関係数は、幼児においても成人においても離地局面と比較して小さい。成人では、関数

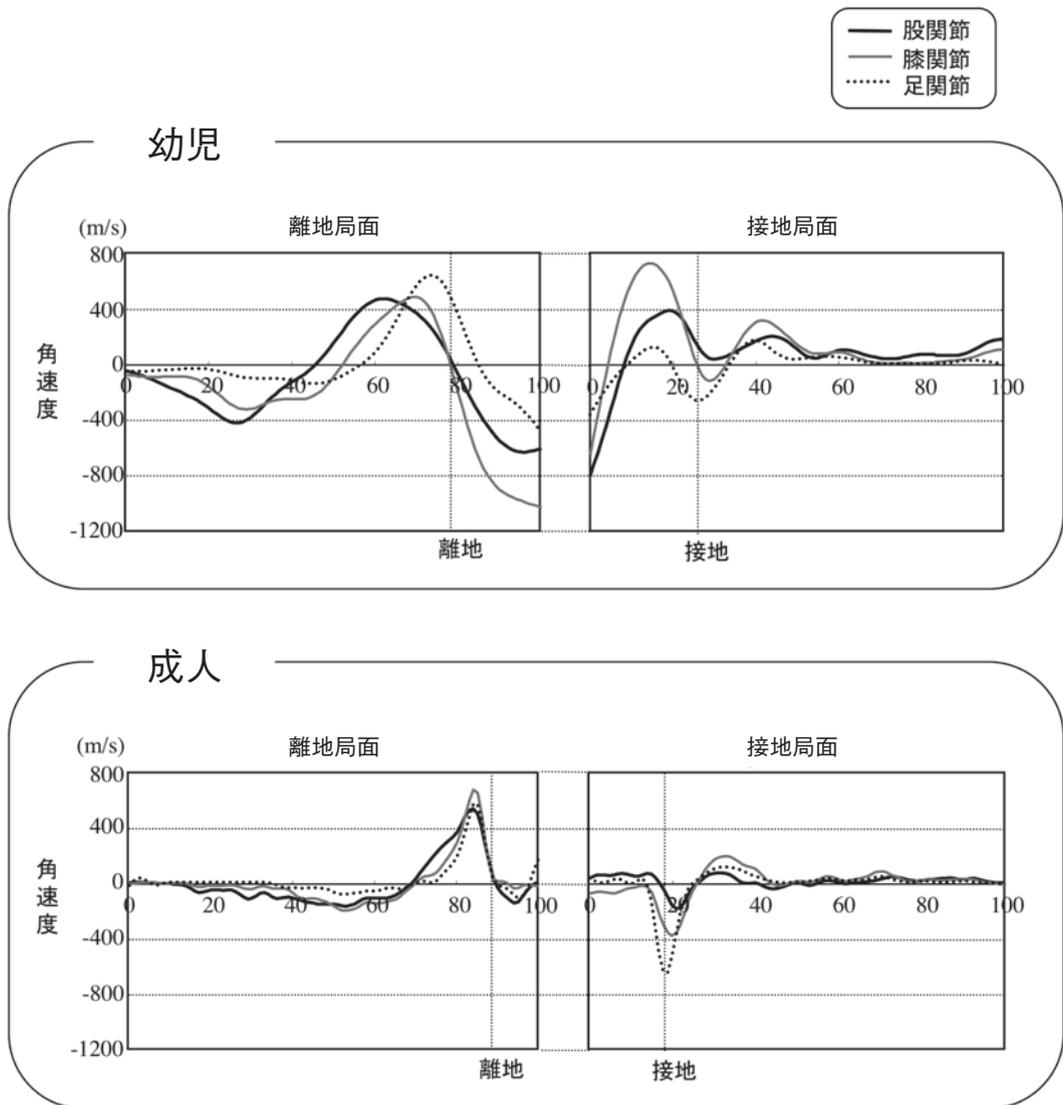


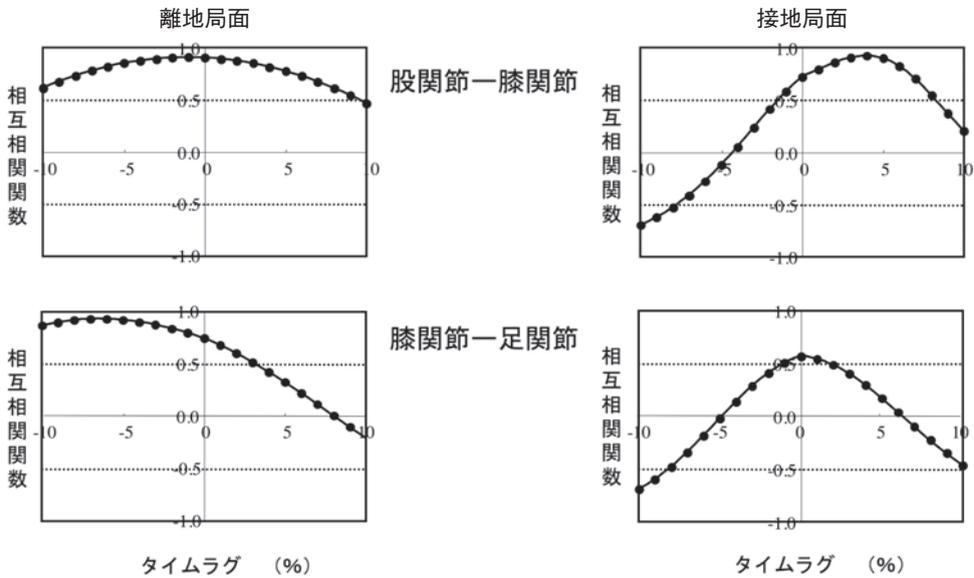
図3 幼児と成人における股・膝・足関節の角速度
Fig. 3 Angular velocity of hip, knee, and ankle joints in adults and infants

のピークがプラス方向にずれて、足・膝・股の順次性がみとめられるのに対し、幼児ではこれが見られない。

2. 相互相関関数からみた運動伝導

図5は、離地局面および着地局面における相互相関係数と、時間ずれ(%)を全被験者について示している。この図において、相関係数が高けれ

幼児



成人

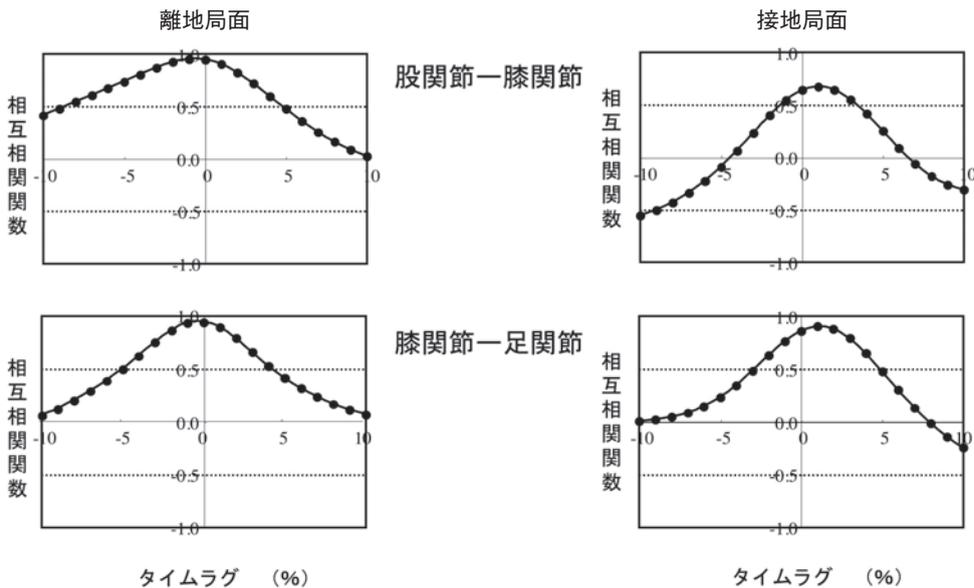


図4 幼児(上)と成人(下)における股-膝関節および膝-足関節間の相互相関関数の例
Fig. 4 Typical examples for cross correlation coefficient

ばその曲線間の類似性が高いことになる。時間ずれについては、近位の関節から遠位の関節（股関節→膝関節、膝関節→足関節）への順序性がある場合にマイナス（離地局面の総時間に対する%表示）、遠位の関節から近位の関節（足関節→膝関節、膝関節→股関節）への順序性がある場合にプラス（接地局面の総時間に対する%表示）で表示している。

離地局面においては、幼児、成人ともに、股関節 - 膝関節間、膝関節 - 足関節間の相互相関係数が高く、各関節の角加速度の変化曲線の類似性が高いことがわかる。時間ずれに関しては、時間ずれなしか、あるいは - 4% ~ + 2% ぐらいの範囲

にまとまっている。したがって、離地局面においては運動の順序性が高く、「運動伝導」がよいといえる。接地局面においては、各関節間の相互相関係数は高いものの、そのバラツキが大きい様子がわかる。時間ずれについても、バラツキが大きい。特に幼児では - 10% から + 10% の広い範囲に散らばっている。宮崎ら⁵⁾は幼児と大学生を対象として、各自の身長比の30%あるいは60%という一定の身長比による台高から飛び降り動作を行わせ、16 mm 映画、筋電図および地面反力記録から分析し、幼児は大学生よりも有意に着地時の体重当たり最大衝撃力が大きく、最大力出現時間や衝撃吸収時間が短いことを示している。彼らは、

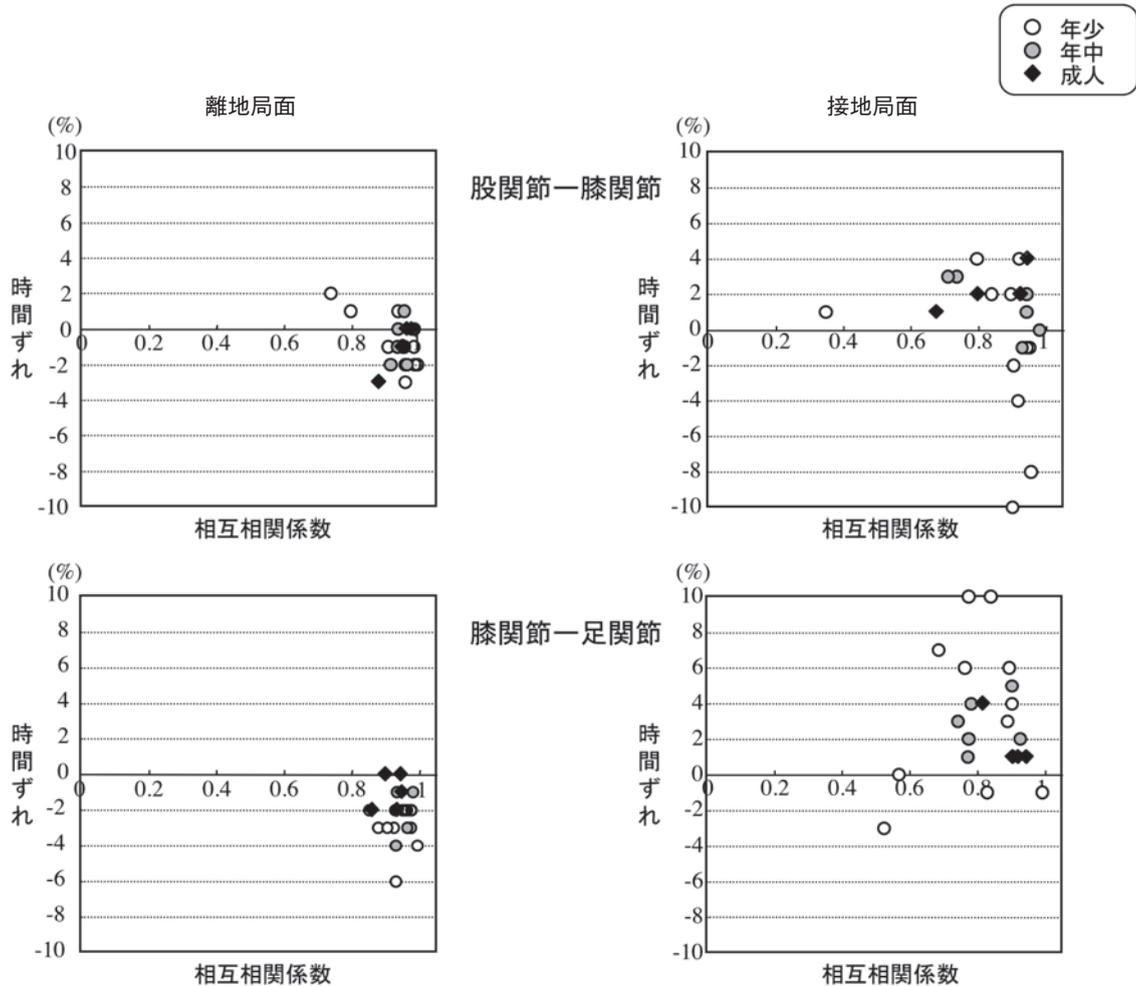


図5 離地および着地局面における相互相関係数と時間ずれ（全被験者）
Fig. 5 Cross correlation coefficient for all subjects

幼児が成人と比較して着地動作中における足関節、膝関節、あるいは股関節等の屈曲度が小さく、また膝関節や足関節伸筋群の筋活動が少ないために、これらの結果が生じたと考察している。これら先行研究の結果もふまえ、着地局面におけるバラツキの大きさは幼児の特徴であり、運動制御、すなわち「巧みさ」が未発達であることに起因していると推察される。今後は、この接地局面に着目して運動伝導の観点から幼児の「巧みさ」について検討していきたい。

引用文献

- 1) 高石昌弘：発育発達と子どものからだ，子どもと発育発達，1，9-12，2003.
- 2) クルト・マイネル著，金子明友訳：スポーツ運動学，大修館，第13版，2002，190-212.
- 3) 和田孝雄：生体のゆらぎとリズム，ゆらぎとリズム，講談社サイエンティフィク第1版，1997，11-27.
- 4) 林 直樹，古谷嘉邦，加藤達郎，関 豪：オーバーハンドの投と打の共通点，東京体育学研究，81-86，1999.
- 5) 宮崎義憲，関 和彦，王 偉，矢野博巳，鎌田俊司：幼児の着地衝撃緩衝能について，体育科学，18，140-148，1990.



講習会形式メンタルトレーニング プログラムの効果について（その2）

石井 聡 (大学院体育学研究科) 高妻容一 (体育学部競技スポーツ学科)

The effect of seminar style mental training program No.2

Satoshi ISHII and Yoichi KOZUMA



Abstract

The purpose of this study was to verify the hypothesis that there would be a positive change of athletes after participating in a mental training seminar conducted by a sport psychologist. One group received twelve 90-minute sessions of the mental training seminar conducted by the sport psychologist for a period of 4 months. The participants were 115 athletes assigned to the Seminar Group. The Control Group of 48 athletes did not participate in any seminar sessions. A seminar style mental training program included self-analysis, purpose of mental training, goal setting, relaxation, psyching-up, imagery, concentration, positive thinking, self-talk, and psychological preparation for competition. In the evaluation, these two groups were tested with the Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for Athletes (DIPCA.3). This standardized psychological test was used as a pretest at the start of the seminar, and as a posttest four months later at the end of the 12 sessions in Seminar Group. The Control Group was administered the same DIPCA.3 for pretest and posttest. A two way ANOVA (Analysis of Variance) was utilized for statistical analysis of the groups for positive influences received by the participants from the mental training seminar (Seminar Group). In the following test, significant differences were found in all 18 items out of 18 items for the Seminar Groups. However, the Control Group had only one factor of significant differences. In addition, 97% of the Seminar Group had positive answers in the survey administered to the participants. These results support the hypothesis that a seminar style mental training program has a positive effect.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 69-78, 2006)

I. はじめに

2004年のアテネオリンピックでは、日本のメダル獲得数が「東京オリンピックと並ぶ16個の金、合計のメダル数では史上最多の37個を獲得」¹⁾という快挙を成し遂げ、獲得したメダルの内訳は、金16、銀10、銅が11の合計37個であり、前回の2000年シドニーオリンピックと比較して2倍の獲得数であった。今回のアテネオリンピックで

の好成績の理由には、日本オリンピック委員会 (JOC: Japanese Olympic Committee) のゴールドプランにおける財政支援、および選手強化に必要なコーチングスタッフ、マネジメントスタッフの配置、また国立スポーツ科学センターなど情報・戦略スタッフ、医・科学スタッフの充実や科学的なサポートの役割が大きかったと言われている。2004年の日本スポーツ心理学会第31回大会においては、菅生 (国立スポーツ科学センター) や久木留目 (財団法人日本レスリング協会強化委員会委

員)らが、アテネオリンピックでの心理的サポートの取り組みについて報告した²⁾。さらに、2005年の日本スポーツ心理学会では、オリンピックでの「種目別心理サポート・メンタルトレーニングの経緯と現状について」、菅生(国立スポーツ科学センター)、荒木(大阪体育大学)、遠藤(山梨大学)、岡沢(奈良教育大学)らによって話題提供がおこなわれた³⁾。このようにアテネオリンピックでは、スポーツ科学という観点からのサポートが話題になり、その中でもスポーツ心理学の心理的サポートの重要性が話題となった。

ここで日本におけるスポーツ心理学や心理的サポートの歴史を紐解くと、ローマのオリンピック大会頃から試合に対する「心理的準備」として、競技力を高めるための心理面のトレーニングが注目され研究されるようになった。1964年の東京オリンピック大会に対する選手強化策では、「根性」の問題が大きく取り上げられた。たとえば射撃では、ジェコブソンの漸進的リラクゼーションやシュルツの自律訓練法や催眠法などの臨床心理の技法を適応する試みもなされた。さらに、「あがり」の防止や「あがり」の対策などの研究も進められた⁴⁾。猪俣⁵⁾によるとこれらの研究は、「主として試合の場における過緊張状態(あがり)をいかに防止するかをおもなテーマし、リラクゼーション法、自律訓練法、催眠法等を中心としたトレーニングが実施された。」としている。このようにわが国では、比較的早くからこの問題に対する臨床心理的研究がスポーツ選手を対象として実施されたが、それは射撃の選手に限定されていた。また「精神の強化については、体力や技術面のハードトレーニングの過程で身につけられるとされたり、コーチの経験に基づいて、いわゆる精神教育として行われてきた歴史がある」と松田⁶⁾は報告している。東京オリンピックでは、女子バレーボール(東洋の魔女)の活躍などもあり、当時の根性(精神・スパルタ)練習の影響から、日本のスポーツ界は根性主義と言われる心理面での強化が主流になっていった。しかし、1984年のロサンゼルスオリンピック大会にい

たって、日本代表選手の成績不振が精神面の問題にあったとする反省をもとに、再び日本体育協会のスポーツ科学委員会の中に「スポーツ選手のメンタルマネジメントに関する研究」プロジェクトが設けられ、日本における心理(メンタル)面の強化が再開されることになった。ロサンゼルスオリンピック大会後に開始された日本体育協会のスポーツ医・科学委員会のメンタルマネジメント研究で松田⁶⁾は、「メンタルマネジメント(Mental Management)」という言葉を用いている。これは、「精神の自己管理を意味している。スポーツ選手のメンタルマネジメントは、体力や技能のトレーニングと同様に、競技場面では最高のパフォーマンスを発揮するために必要な精神的な側面を積極的にトレーニングして精神力を高め、自分で精神の管理(またはコントロール)できるようになることをめざして行われる」と定義している。猪俣⁴⁾は、松田⁶⁾の述べているメンタルマネジメントの定義で使われている「自己管理」(またはコントロール)という言葉には心理的スキルが必要であると考え、次のように説明している。「代表的なものとして、緊張やストレスのコントロール、イメージ、注意の集中、積極的思考、目標設定などがあげらよう。これらのスキルは競技パフォーマンスを促進するために必要不可欠な心理的要素である。これらのスキルは、トレーニングによって習得もしくは向上させることが可能であり、このトレーニングを特にメンタルトレーニングと呼んでいる。」

このような研究プロジェクトを背景として、日本のスポーツ現場にもスポーツ心理学によるメンタル面強化やメンタルトレーニングの普及がされるようになった。しかし、この普及の過程で、自称専門家や企業によるスポーツ心理学を背景としないメンタルトレーニングを指導する人々が現れるようになり、スポーツの現場を混乱させるようになった⁷⁾。そこで日本スポーツ心理学会では議論を重ね、2000年には、日本スポーツ心理学会が認定する「スポーツメンタルトレーニング指導士・補」の資格認定制度が確立された。これにつ

いて杉原⁸⁾は、「スポーツの現場では心理“学”的な基礎を持たない経験だけに頼ったいい加減で怪しげなメンタルトレーニングというものが横行し始めている。選手の心の問題を扱うだけに、そのようなメンタルトレーニングは選手にとって有害であるばかりでなく、メンタルトレーニング、ひいてはスポーツ心理学に対する信頼を失わせる」と資格制度発足について述べている。この資格認定制度を確立させる中で、日本スポーツ心理学会は、メンタルトレーニングの定義を「スポーツ選手や指導者が競技力向上のために必要な心理的スキルを獲得し、実際に活用できるようになることを目的とする、心理学やスポーツ心理学の理論と技法に基づく計画的で教育的な活動」であるとしている⁹⁾。

一方、海外における心理的サポートやメンタル面強化の研究動向を紐解くと、「海外では、1950年代から旧ソビエト社会主義国家の威信をかけ、オリンピックでメダルを獲得することを目的として、メンタル面強化が始まった」¹⁰⁾と報告している。1970年代には、旧ソビエト連邦や旧東ドイツのオリンピックにおけるメダル獲得数などの影響から、北米を中心とした西洋諸国でもメンタル面強化のトレーニングや心理的サポートに関する研究が始まった。同時に、メンタル面強化を目的とした世界的な動向が、国際スポーツ心理学会 (ISSP: International Society of Sport Psychology)、国際応用スポーツ心理学会 (AAASP: Association for The Advancement of Applied Sport Psychology)、国際メンタルトレーニング学会 (ISMTE: International Society for The Mental Training and Excellence) の3つを中心に展開するようになっていった¹⁰⁾。現在、「メンタルトレーニング」を専門に取り扱う学会は、ISMTE、AAASP、および国際スポーツ心理応用学会 (ICPAS: International Congress on Psychology Applied to Sport) の3つがある⁷⁾。海外でのメンタルトレーニングの定義としては、1982年にISMTEの設立者で初代会長でもあったUnestahlは「メンタルトレーニングという言葉は、

個人の外的・内的・メンタル・身体行動や経験などをコントロールしたり、変化させることを目的とした心理学的テクニックに対して使われる。このメンタルスキル・行動・態度・ストラテジーの系統的なトレーニングは、精神力が身体的な強さと同じようにトレーニングできるという考えを基本としている」と定義している。またISMTEでは、メンタルトレーニングの国際的な指導者を育成するために、国際教育システム (国際ライセンス制度) を確立した。その中でメンタルトレーニングとは、「メンタルトレーニングとは、身体的な部分にかかわらない全てのトレーニングであり、ピークパフォーマンスとウェルネスを導くための準備である。スポーツのパフォーマンスや人生を向上させるための、ポジティブな態度、考え、集中力、メンタル、感情などを育成・教育することが中心である」と定義している¹¹⁾。

メンタルトレーニングの講習会形式の効果に対する先行研究として、中込¹²⁾は講習会の内容を週1回2時間のセッションを10回行い、心理テスト (心理的競技能力検査) および内省報告による分析を実施し、その結果メンタルトレーニング講習会は有効であったと報告している。また猪俣ほか^{13, 14)}は、大学競技者を対象としたより効果的なメンタルトレーニングプログラムの作成を試みた報告をしている。このような実践的研究を背景として、徳永¹⁵⁾はメンタルトレーニングの進め方について、講習会形式の指導をしており、「このような一般的な指導から、個々の課題に応じた実践的トレーニングを開始すべきである」と述べている。一方、海外での講習会形式のメンタルトレーニングプログラムは、Unestahl¹⁶⁾の「Inner Mental Training」、Orlick & Partington¹⁷⁾がオリンピック代表選手に実施した研究、Suinn¹⁸⁾の「VMBR: Visuo-motor behavior rehearsal」、Tukko¹⁹⁾の「Sports Psyching」などがあり、これらの研究や実践での効果が現在のメンタルトレーニングプログラムに多大な影響を与えている。

本研究に対する先行研究では、講習会形式のスポーツメンタルトレーニングプログラムがスポー

ツ選手の心理的側面にポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を立て、仮説検証その1という研究を実施した。この研究では、高妻²⁰⁾の作成したプログラムの有効性を分析するために2つのグループに同じ専門家が同じプログラムを実施し、講習会形式の指導が有効であったことを検証した²¹⁾。本研究は、先行研究に続いて仮説の検証その2とし、講習会を受講したグループ（講習群）と受講しなかったグループ（コントロール群）に対して分析を行い、メンタルトレーニング講習会がスポーツ選手に対してポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を立てた。

そこで本研究の目的は、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムがスポーツ選手にポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を検証することであった。

Ⅱ. 方 法

1) 本研究の対象者は、メンタルトレーニングの講習を受講した大学生スポーツ選手115名（18～22歳の男女）、および講習を受講しなかった大学生スポーツ選手48名（18～22歳の男女）であった。本研究では、メンタルトレーニングの講習を受けているグループ（講習群）と講習会を受けなかったグループ（コントロール群）の心理的影響を分析するために、心理的競技能力診断検査（DIPCA.3）という標準化されたスポーツ心理テストを使用した。このDIPCA.3は、5因子（競技意欲、精神の安定・集中、自信、作戦能力、協調性）に大別し、それをさらに12尺度（忍耐力、闘争心、自己実現意欲、勝利意欲、自己コントロール能力、リラックス能力、集中力、自信、決断力、予測力、判断力、協調性）に分類し、それぞれの結果が5段階に評価ができ、それに総合得点を加えた18項目に対して分析ができる^{22, 23)}。講習群には、講習会実施前にプリテストとしてDIPCA.3を実施し、同様にコントロール群にも同じ時期にDIPCA.3を実施した。その後、講習群

は、毎週1回のペースで合計12回（約4カ月）の講習会を実施し、12回目の講習が終了した後にポストテストとして2回目のDIPCA.3を実施した。コントロール群も同様に同じ時期にDIPCA.3を実施した。さらに講習群にはアンケート調査を実施し、講習会に参加した選手の感想や意見など質的データの収集も実施した。

2) 講習群は、高妻²⁰⁾が作成したメンタルトレーニングプログラムを教科書（今すぐ使えるメンタルトレーニング：選手用 ベースボール・マガジン社）とした。加えてこの教科書に沿って自己学習ができる用紙「メンタルトレーニング初級編：質問用紙（自己学習プログラム）」を使用し、その自己学習の方法を紹介した。また参加者は、この用紙の講習で終了できなかった部分を各自で実行し、講習会最終日に提出をする条件をつけた。今回実施したメンタルトレーニングプログラム²⁰⁾は、表1に示す18ステップで構成されていた。

3) 本研究で、講習群に実施した約4カ月にわたる合計12回の講習会の内容は、下記の通りであった。

第1回では、メンタルトレーニング開始前に参加者に対してプリテストとしてDIPCA.3を実施し、現在の心理面を自己分析した。また、この心理テストを用いて、現在のメンタル面の長所や短所の認識をし、今後どのようなメンタル面強化の必要性があるかを説明した。

第2回では、参加者にメンタルトレーニング講習会プログラムを実施する目的、理論、さらに歴史的背景などを説明した。特に、メンタルトレーニングとは何かを説明する目的で、日本オリンピック委員会作成のメンタルトレーニングを紹介するビデオを見せ、その内容や活用された心理的スキルなどを説明した。

第3回では、スポーツ現場でのメンタルトレーニング実践例のビデオを使い具体的な方法やプログラムを紹介した。そのビデオの内容は、試合当日の朝の散歩から試合場に行く前、試合場に到着して、ロッカールームでの時間の過ごし方、試合場への散歩、試合前の心理的準備、試合開始直前、

表1 メンタルトレーニングプログラム
Table 1 Mental training program

ステップ1	心理的競技能力診断検査を使用した自己分析
ステップ2	質問に答える形式の自己分析
ステップ3	メンタルトレーニングの目的や効果を理解する
ステップ4	目標設定
ステップ5	姿勢で気持ちをチェックし、セルフコントロールへ
ステップ6	自分の心拍数や脈拍を確認しよう
ステップ7	呼吸法の確認とコントロール
ステップ8	音楽の利用
ステップ9	リラクゼーション
ステップ10	サイキングアップ
ステップ11	理想的な心理状態（フロー、ゾーン、火事場の馬鹿力）
ステップ12	イメージトレーニング
ステップ13	集中力
ステップ14	ポジティブシンキング（プラス思考）
ステップ15	セルフトーク
ステップ16	サイキアウト
ステップ17	セルフコンディショニング
ステップ18	試合に応用するテクニック（試合に対する心理的準備）

試合中、試合後までの流れを紹介した試合当日のプログラムであった。

第4回では、実際に毎日の練習や試合の前に実践する心理的スキルを紹介し、それを体験するというプログラムを実施した。毎日の練習や試合に対する心理的準備として行う「リラクゼーション」と「サイキングアップ」のトレーニング方法を体験させ、その目的を説明した。またそこで使用する姿勢、心拍数、呼吸法、音楽の利用方法の紹介などもされた。

第5回では、スポーツ心理学には、「理想的な心理状態」、「フロー」、「ゾーン」と呼ばれる心理状態があることを紹介し、その理論的背景の説明、さらにスポーツ選手が最高能力を発揮する「理想的な心理状態」を自分自身で作り出すための具体的な方法の説明をした。またいろいろな競技選手が体験した具体的な理想的な心理状態についての紹介もした。特に、自分自身の理想的な心理状態についての経験を記述し、その状態をどのように作り出すかという方法を説明した。

第6回では、動機づけ（やる気を高める）を目的として「目標設定（結果目標）用紙」、「目標設定（プロセス目標）用紙」を記入し、その目標を達成するためのプランを作成させた。また「スポーツ人生物語用紙」を使用し、引退までのスポーツの人生を自由記述で書かせた。さらに、練習日誌で短期目標の達成を確認する方法を紹介した。最後に、朝起きたときと寝る前のセルフコンディショニングの方法も紹介され、毎日の生活で活用する方法の説明をした。

第7回では、スポーツ選手が最も多く活用しているイメージをどのようにトレーニングとして実施するかを説明した。たとえば、段階的なイメージトレーニングの方法を映像と実技を使い体験させた。また高校野球の部監督が作成した「イメージビデオ」を見せ、甲子園という目標を明確にイメージできる方法を紹介し、そのビデオの簡単な作成方法の説明もした。

第8回では、集中力を高めるための具体的なトレーニング方法や試合で活用できる集中力の高め

方、また毎日の練習の中で、何をどのように集中するかなどを紹介した。具体的には、試合前や試合中の集中力の高め方、プレー中の集中力欠如からの回復方法（気持ちの切り替え）などを実技として説明した。具体的には、大リーガーのイチロー選手の行うバット回しを「パフォーマンス・ルーティーン」というテクニックであることを説明した。また、「フォーカルポイント」や「呼吸」を使った集中のテクニックなど体験を通じて説明した。

第9回では、自信の向上や厳しい練習を楽しく行うためのテクニックとして「プラス思考（ポジティブシンキング）」のトレーニング方法を具体的に紹介した。この「プラス思考」を毎日の生活や練習においてトレーニングとして行い、いかに試合で活用するかを説明した。特に、自分自身がコントロールできるものとできないものの区別をし、プレーに対していい影響を与える自分がコントロールできるものに意識を集中する理論を説明した。また、「プラス思考用紙」(高妻、2002)を用いた自分の気持ちをプラス思考にするためのプログラムの体験もした。またセルフトーク（自己会話、内言、自己暗示）という心理的スキル活用して、試合中の気持ちの切り替えや自信の回復などの方法を説明した。

第10回では、この講習会で学んできた心理的スキルを応用して、試合に対して徹底的に勝つ可能性を高めるための心理的準備を行う方法の紹介をした。

第11回では、心理的スキルを毎日の生活や練習でいかにして活用するかの方法を紹介した。メンタルトレーニングの大きな利点は、1日24時間どこでも活用できる点であり、毎日の練習だけではなく、日常生活でもトレーニングできるという事を説明した。加えて、朝起きてから寝るまでのどのように心理的スキルを活用するのか、メンタルトレーニングを実施するかの自分のプログラムを作成し、それを1週間実践して感想を書いてくるという課題を出した。

第12回では、この講習会のまとめをした後、こ

の講習の効果を確かめる自己分析として講習会の参加者にDIPCA.3（ポストテスト）を実施し、1回目の講習会に実施したDIPCA.3（プリテスト）のデータを比較分析（評価）した。また、122ページに及ぶ教科書を読みながら実施していく「自己学習プログラム」の課題を提出させた。

以上のように実践群のメンタルトレーニング講習会は、メンタルトレーニングの実践編として理論と実践の方法を紹介し、毎日の練習や試合で活用する課題がだされた本格的な心理面強化の内容であった。

Ⅲ. 結 果

本研究は、講習会を受講したグループ（講習群）と受講しなかったグループ（コントロール群）に対して分析を行い、メンタルトレーニング講習会がスポーツ選手に対してポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を検証することであった。そこで、講習会の内容（講習群、コントロール群）と時期（メンタルトレーニング講習会前後）において、二元配置分の分散分析を実施した。その結果、DIPCA.3の18項目全ての項目において講習会前後と2群の間に有意な交互作用が認められた。そこで、単純主効果の検定を実施し、「メンタルトレーニング講習会前後」において、講習会内容を要因とした対応のない一元配置の分散分析を実施した。表2に示すように講習群では、総合得点を含む18項目の全てにおいて有意な差が認められた。一方、コントロール群においては、プリテストとポストテストの間に有意な値が見られたのは、判断力の1項目だけであった。さらに講習会前後・時期を要因とした対応のある一元配置分散分析を実施した。分析の結果、「講習会前」では、主効果が認められたのは、忍耐力、自信、決断力、予測力、判断力、自信、作戦能力、総合得点の8項目であった。また、「講習会后」では、主効果が認められたのは、18項目の全てにおいて有意差が見られた。また講習群の講習会に

表2 コントロール群と講習群のDIPCA.3のpretestとposttestの結果
Table 2 Result for pretest and posttest of DIPCA.3 between the control group and the seminar group

	コントロール群 (n=48)				有意水準	講習群 (n=115)				有意水準
	Pretest		Posttest			Pretest		Posttest		
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
忍耐力	13.96	3.00	14.13	3.49	15.12	3.36	19.10	1.76	**	
闘争心	16.60	3.20	15.94	3.77	17.23	3.05	19.17	1.53	**	
自己実現意欲	16.54	2.54	16.21	2.89	17.03	2.71	19.17	1.53	**	
勝利意欲	14.75	3.50	14.44	3.33	15.48	3.77	16.62	3.19	**	
自己コントロール能力	14.54	3.08	14.81	3.46	14.63	3.37	17.31	2.50	**	
リラックス能力	13.27	3.47	13.52	4.14	13.84	4.01	17.24	2.91	**	
集中力	15.10	2.64	15.31	3.23	15.94	2.89	18.35	1.77	**	
自信	12.13	3.15	12.75	3.70	13.71	3.79	17.21	2.73	**	
決断力	12.38	3.42	12.81	3.84	13.76	3.59	17.15	2.81	**	
予測力	12.15	3.02	12.35	3.74	13.42	3.40	16.62	2.72	**	
判断力	11.75	3.13	12.56	3.33	13.86	3.24	16.94	2.77	**	
協調性	16.38	3.37	16.21	3.75	17.20	3.36	19.19	2.12	**	
競技意欲	61.85	9.37	60.71	11.08	64.86	9.73	72.76	6.52	**	
精神安定・集中	42.92	8.07	43.65	9.92	44.42	9.28	52.90	6.44	**	
自信	24.50	6.07	25.56	7.09	27.47	7.08	34.36	5.21	**	
作戦能力	24.00	5.71	24.92	6.48	27.28	6.32	33.56	5.21	**	
協調性	16.38	3.37	16.21	3.75	17.20	3.36	19.19	2.12	**	
総合得点	169.38	23.97	171.04	29.45	181.23	29.73	212.77	21.01	**	

** p < .01

参加しての内省報告から、「(1) 非常によかった76%、(2) よかった21%、(3) 普通3%、(4) あまりよくない0%、(5) よくない0%」という回答を得た。

IV. 考 察

本研究の目的は、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムがスポーツ選手にポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を検証することであった。そこで、講習会を受講したグループ（講習群）と受講しなかったグループ（コントロール群）に対しての分析を実施した。その結果、本研究の分析からは、12回の講習を受講した講習群と講習会を全く受講しなかったコントロール群において、DIPCA.3の結果を比較して、明確な差が認められた。特に、DIPCA.3における総合得点の分析からは、コントロール群のプリテストにおける総合得点（平均）が169.38点、4カ月後のポストテストでは171.04点と1.66点の向上しか見られず、同時にこの群における統計処理による

有意差は認められなかった。一方、講習群は、プリテストが181.23点からポストテストが212.77点に向上し、31.54点の向上があり、加えて1%水準での有意差が認められた。このことからメンタルトレーニングの講習を受講することがスポーツ選手に対する心理的競技能力（精神力）の強化にポジティブな影響を及ぼすことが示唆されたと考える。また、講習会前後・時期を要因とした対応のある一元配置分散分析の結果、「講習会前」では、主効果が認められたのは、判断力、作戦能力、忍耐力、自信、決断力、予測力、自信、総合得点の8項目であった。また、「講習会後」では、主効果が認められたのは、18項目の全てにおいて1%水準で有意差が見られた。このことより、講習群は、コントロール群より講習会を実施する前から心理的競技能力が高かったことがわかった。また内省報告から、実施群の参加者は、多くが体育学部の学生であり、スポーツ心理学などの授業を受講（75.7%）していたことが判明した。一方、コントロール群は、スポーツを実施している大学生ではあるが体育学部以外の学部やスポーツ心理学関係の授業などはほとんど受講していなかった。

このような観点から、この実施群のDIPCA.3のプリテストの平均値が高かったと考える。しかし本研究の分析から、講習群はポストテストにおいて更なる心理的競技能力の向上が認められた。このことから、講習会が選手にポジティブ影響を与えたことが示唆されたと考える。

また講習群がDIPCA.3のプリテストとポストテストの結果を自分で比較分析した後、「メンタル面が強くなっていますか？」(総合得点)の質問では、「Yes」が97.3%、「No」が0.9%、「無記入」が1.8%という回答であった。このことから、DIPCA.3での分析という限られた範囲ではあるが、ほとんどの参加者に対してメンタルトレーニング講習会がポジティブな影響を与えたと考えられる。さらに「記録・試合の成績・自分のプレー・気持ちなど何が成果として現れましたか？」という自由記述形式の質問に対しては、「自己ベストがでた」という回答が7名、「プラス思考になった」が23名、「プレーに安定がでた」が6名、「ミスした後の気持ちの切り替えができるようになった」6名、「自信がついた」が5名、「セルフコントロールできるようになった」が5名、「落ち着いてプレーができるようになった」が5名などの回答があり、ネガティブな回答は全く見られなかった。このことから講習会形式というメンタルトレーニングプログラムにおけるひとつの有効性が、DIPCA.3での分析と内省報告から検証できたと考える。

加えて、先行研究では、Unestahl¹⁶⁾ スウェーデンのモスクワオリンピック代表チームに対して実施したメンタルトレーニング講習会プログラムの効果を報告している。その内容は、スウェーデンチームのオリンピック決勝進出者、また金・銀メダリストのうちメンタルトレーニングプログラムの訓練を受けていたものの比率が高くなっており、メンタルトレーニングの有効性を示しているものであった。高妻²⁰⁾のメンタルトレーニングプログラムは、このスウェーデンオリンピックチームで実証されたものを基本的に導入しており、先行研究と同じ傾向が確認できた。特に、リラク

ゼーションのトレーニングでは、Unestahlの漸進的筋弛緩法を取り入れ、セルフコントロール能力を伸ばす方法として活用している。現在は、世界レベルでこの漸進的筋弛緩法が多くスポーツ心理学者に使われ、その成果はAAASP(国際応用スポーツ心理学会)やISMTE(国際メンタルトレーニング学会)などでも多く報告されている¹¹⁾。また中込¹²⁾らは、講習会形式のメンタルトレーニングを実施し、その効果の検証をしている。その内容は、17名で10セッションを約2カ月半、講習会形式のメンタルトレーニングをおこない、心理的競技診断検査(DIPCA.1)を使用してその効果を検証している。さらに内省報告から「認知的変化が、対応するすべての行動的側面に変化をもたらすというわけではないが、今回の講習経験が総じて積極的な意味をもっていたことが確認される。」とし、その有効性を示している。KOZUMA²⁴⁾は、大学柔道部に対して3カ月の間メンタルトレーニングの講習を実施し、実験群がコントロール群と比較してメンタル面が強化されたと報告している。猪俣¹⁴⁾は、競技力向上を目的としてメンタルトレーニングの講習会を実施した。その講習会の結果は、プリ・ポストテストとして利用した心理的競技能力診断検査(DIPCA.2)の全ての項目で有意差が認められている。また福岡ユニバーシアードにおいてサッカーの日本代表チームにメンタルトレーニング講習会でTSMI(体協競技意欲検査)を利用し、選手にポジティブな影響を与えたと報告している²⁵⁾。サッカーにおいては、メンタル面強化を目的とした高妻の作成したメンタルトレーニングプログラムの講習会を実施した研究は多数報告されている²⁶⁻²⁸⁾。

このように、海外及び国内の先行研究からも専門家による講習会を受講することで心理的競技能力や競技意欲という観点での効果が検証されている。このことからメンタルトレーニングプログラムの有効性や講習会形式の実施方法を含めて、本研究では、高妻²⁰⁾の作成したメンタルトレーニングのプログラムを週1回の講習会形式で実践

することの有効性が検証できたと考える。今後は、内容の違う講習会を実施すれば選手に対して、どのような影響を及ぼすかという仮説3の研究が必要であろうと考える。さらに仮説4となる同じグループが初級編や中級編といった段階的なプログラムを実践するという研究にも発展させていきたい。

引用及び参考文献

- 1) 浅見敏雄：第2回 JISS 国際スポーツ科学会議 2004～アテネからトリノ、北京へ～ プログラム・抄録集，5，2004.
- 2) 楠本恭久，楠本恭久，菅生貴之，久木留毅，石井源信：アテネオリンピックと心理サポート，日本スポーツ心理学会第31回大会研究発表抄録集，11-12，2004.
- 3) 石井源信，笠原一也，菅生貴之，荒木雅信，遠藤俊郎，岡澤祥訓：より良い心理的サポートを目指して（その1）—心理サポートの弊害—，日本スポーツ心理学会第32回大会研究発表抄録集，4-5，2005.
- 4) 猪俣公宏：選手とコーチのためのメンタルマネジメント・マニュアル，大修館書店，1997，i-3.
- 5) 猪俣公宏：スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，25-28.
- 6) 松田岩男：スポーツ選手のメンタルマネージメントに関する研究—第1報—，日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，i-iv，1985.
- 7) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニングコーチ用，ベースボール・マガジン社，2003，1-19.
- 8) 杉原 隆：スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，1-5.
- 9) 吉川政夫：スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，15-19.
- 10) 高妻容一：世界のメンタルトレーニングの最新動向～資格制度の観点～，体育の科学，第51巻，第11号，852-855，2001.
- 11) 高妻容一：メンタルサポートの専門家育成教科書，東海大学メンタルサポート部門・メンタルトレーニング・応用スポーツ心理学研究会，2004.
- 12) 中込四郎：メンタルトレーニング・ワークブッ

- ク，道和書院，1994.
- 13) 猪俣公宏，武田 徹，小山 哲，高妻容一，石倉忠夫，吉田行輝，辻中 圭，蔡 庚，澤木幸子，安藤賢治，巖永山：大学競技者を対象としたスポーツメンタルトレーニング講習プログラムの開発と実施，中京大学体育学研究紀要，No.10，71-76，1996.
- 14) 猪俣公宏，武田 徹，小山 哲，高妻容一，長岡由紀子，吉田行輝，石倉忠夫，杉山卓也，朴貞植，蔡 庚，澤木幸子：スポーツメンタルマネジメント講習会プログラムの開発，中京大学体育学研究紀要，No.11，127-131，1997
- 15) 徳永幹雄：メンタルトレーニングと心理的サポートメンタルトレーニングの進め方，臨床スポーツ医学，Vol.17，No.3，287-288，2000.
- 16) Lars-Eric Unestahl: Inner Mental Training: Training Instructions, Orebro University, 1980.
- 17) Orlick, T. & Partigton, J.: Mental links to excellence. The Sport Psychologist, 2, 105-130, 1988.
- 18) Richard M. Suinn: Seven Steps to Peak Performance, Hans Huber Publishers, 1986.
- 19) Tom Tutko: SPORTS PSYCHING, Mental Training for Coach and Athletes, The Coaching Association of Canada, 1983. (テリー・オーリック「スポーツサイキング」高妻容一，高妻ジョージアン訳。コーチング・クリニック，第3巻，第1号，ベースボール・マガジン社，16-17，1989.)
- 20) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニング選手用，ベースボール・マガジン社，2002.
- 21) 高妻容一，石井 聡：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について，東海大学紀要掲載予定
- 22) 徳永幹雄：ベストプレーへのメンタルトレーニング，大修館書店，1996，7-62.
- 23) 徳永幹雄：効果的なメンタルトレーニングのための心理検査の利用，体育の科学，第51巻，第11号，868-871，2001.
- 24) Yoichi Kozuma, Ryuji Okada: A Mental Training Program for National Collegiate Top Level Judo Team in Japan, 近畿大学教養部研究紀要，第26巻，第2号，1994.
- 25) 高妻容一，猪俣公宏，瀧 豊樹，宇野 勝，乾

- 真寛, 西田裕之, 宮崎純一: ユニバシアード '95 福岡大会 日本代表チームの科学的サポート・支援部隊 (その3) —メンタルトレーニングと心理的サポート—, サッカー医・科学報告, 第17巻, 41-46, 1997.
- 26) 宮崎純一, 高妻容一, 内藤秀和, 流郷吐夢: サッカーチームにおけるメンタルトレーニングの実践 その2—心理的コンディショニングの実践とパフォーマンスについて—, サッカー医・科学研究, 第18巻, 113-117, 1998.
- 27) 宮崎純一, 高妻容一, 加藤 譲: メンタルトレーニングの継続と競技意欲の向上について, サッカー医・科学研究, 第20巻, 159-162, 2000.
- 28) 内藤秀和, 高妻容一, 宮崎純一, 流郷吐夢: サッカーにおけるメンタルトレーニングの実践 その3, サッカー医・科学研究, 第18巻, 119-125, 1998.



講習会形式メンタルトレーニング プログラムの効果について（その3）

高妻容一（体育学部競技スポーツ学科） 石井 聡（大学院体育学研究科）

The effect of seminar style mental training program No.3

Yoichi KOZUMA and Satoshi ISHII



Abstract

The purpose of this study was to verify the hypothesis that there would be a positive change on two groups of athletes after participating in two different mental training seminars conducted by a sport psychologist. The two different groups received twelve 90-minute sessions conducted by the same sport psychologist for a period of 4 months. A control group did not participate in any mental training seminar. The Introduction group was one of the experimental groups which consisted of 147 athletes who received introductory seminar on mental training which included the basic ideas of sport psychology and mental training, such as motivation, anxiety, pressure, and psychological skills. The Practical group consisted of 116 athletes who participated in a practical mental training seminar which included self-analysis, goal setting, relaxation, psyching-up, imagery, self-talk, concentration, and positive thinking. The 48 participants of the Control group did not participate at all. These three groups were tested with the Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for Athletes for evaluation. This standardized psychological test was used as a pretest at the start of the seminar, and as a posttest at the end of the sessions. The Control group was tested at the same time with the other two groups. Two way ANOVA (Analysis of Variance) was utilized for statistical analysis for positive influences received by the participants. Significant differences were found in all 18 items out of 18 items for the Practical groups, in 10 items out of 18 items for the Introduction group, and in only one item out of 18 items for the Control group in the following test. These results support the hypothesis that a seminar style mental training program has a positive effect.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 79-88, 2006)

I. はじめに

2004年に開催されたアテネオリンピックでは、日本選手団が過去最高の金メダル16個を獲得し、前回のシドニーオリンピックと比較してもメダルの倍増となる37個のメダル獲得という多大な成果をあげた。この成果の背景には、文部科学省の取り組みや国立スポーツ科学センター（JISS：Japan

Institute of Sport Science）を中心としたスポーツ科学によるサポートの影響があったと考えられる。このスポーツ科学のサポートの中には、心理的側面からのサポートという新しい方法が注目され、選手がプレッシャーなどの心理的問題を「準備」、「強化」、そして「トレーニング」という観点が考えるようになってきた。しかしわが国では、スポーツ選手が競技で実力を発揮したり、優勝したりする時、「精神力」とか「根性」

という言葉がよく使われてきた歴史がある。一方、スポーツ心理学の分野では、「心理的スキル (Psychological Skill)」という表現がされ、この心理的スキルはトレーニング (学習) することで向上するという考えがある¹⁾。Griffith (1925)²⁾ は、スポーツ心理学者が行う重要なことは、「コーチや選手が直面する心理的な問題を科学的な方法を使いサポートすること」であると述べている。また彼は、「スポーツ心理学者がコーチや選手の経験をもっと研究すべきだ」と述べ、「より効果的な心理学的な原理を系統的に記録すべきだ」とも述べている。最近のスポーツ心理学の研究の多くは、これらの2つの重要な点を留意して展開されている。Suinn (1985)³⁾ は、1984年のオリンピックで実施されたスポーツ心理学のサポートについて調査をし、集中力、リラクゼーション、イメージ、セルフコントロール、目標設定、コーチと選手のコミュニケーション、ストレスマネジメント、セルフトーク、重大局面でのマネジメント、サイキングアップ、思考マネジメント (プラス思考) などの心理的スキルが使用されたことを報告している。また Orlick & Partington (1988)⁴⁾ は、夏季ロサンゼルスと冬季サラエボオリンピックに参加した235名の選手に調査を実施し、メンタルトレーニングなどの心理的準備は、選手のプレーに影響を及ぼす大きな要因であることを報告している。さらに Gould (2002)⁵⁾ は、32名のオリンピック金メダリストに対して質的研究をし、チャンピオンになれる特徴を、不安の処理やコントロール、自信、メンタルタフネス、スポーツに対するインテリジェンス、集中力、闘争心、ハードワーク、目標設定とそれを達成する能力、コーチ受容、プラス思考、最適水準、完璧主義の適応などがあると報告している。このような研究を背景に、多くのスポーツ心理学者たちがパッケージ化したメンタルトレーニングのプログラムを作成し、現場で効果をあげたことが報告されるようになった。たとえば、「Sport Psyching」(Tutco & Tosi, 1976)⁶⁾、「Attention Control Training」(Nideffer & Sharpe, 1978)⁷⁾、「Inner Mental Training」

(Unestahl, 1980)⁸⁾、「Peak Performance」(Kraus, 1980)⁹⁾、「Athletic Excellence」(Loehr, 1982)¹⁰⁾、「Psyching for Sport」(Orlick, 1986)¹¹⁾、「Head-up Baseball」(Ravizza & Hanson, 1995)¹²⁾などのメンタルトレーニングプログラムが紹介され現場での実践が報告されるようになってきた。

一方、日本体育協会スポーツ医科学委員会では、ロサンゼルスオリンピックにおける日本代表の実力発揮の問題や海外からのメンタル面強化の情報などにより、1985年より「スポーツ選手のメンタルマネジメントに関する研究」プロジェクトをスタートさせた。その後、2002年までの18年間にわたりこの研究プロジェクトは継続され、150以上の報告がされた¹³⁾。この研究プロジェクトでは、多くの競技団体に対して調査・研究・実践を実施し、その過程のなかで、スポーツ現場でもメンタル面強化に対する注目がされるようになった。しかし、メンタルトレーニングが普及されると同時に、メンタルトレーニングをビジネスとして利用する企業や自称専門家が現れ、スポーツの現場が混乱するようになって来た。このような背景のもと、2000年には日本スポーツ心理学会が、「スポーツメンタルトレーニング指導士・指導士補」の資格認定制度を発足させ、年に2回の研修を実施し、メンタルトレーニングの専門家育成を始めた¹⁴⁾。一方、このようなスポーツ心理学の現場での応用や実践は、研究として実施するには、実験室での研究とは違い、あまりにもコントロールしなければならないことが多く、日本スポーツ心理学会や日本体育学会などにおいてもメンタルトレーニングの研究報告は、少ない現状がある。土屋 (2005)¹⁵⁾ は、日本スポーツ心理学会が編集したメンタルトレーニング教本の中で「研究を目的にメンタルトレーニングが実践されることは稀である。しかし、だからといって研究が不要ということではない」と述べ、「実践には常に評価が必要とされるので、メンタルトレーニングの指導の現場では、実践と研究が一体となっていると考えたほうがよい」とも述べている。これまでの日本における研究の多くは、一般的に統制群法と言われる研

究方法が用いられている。しかし現場の事情から1つのチームをメンタルトレーニング実施群と非実施群に設定することは困難な現状がある。このような背景の元、先行研究の検索から、日本におけるスポーツ心理学の研究分野においては、メンタルトレーニングのプログラムの内容を検証した研究は少ないが、中込（1994）¹⁶⁾は筑波大学スポーツクリニックのメンタル部門において、メンタルトレーニングのプログラムを作成し、講習会を実践するという試みをしている。このような現状から見た場合、選手のメンタル面の向上をさせるには、講習会形式、チームへの心理的サポート、個人的指導、そして個人への心理的サポートの方法が一般的である。

このような背景から本研究では、一般的に多く使われる講習会形式のメンタルトレーニングプログラムを取り上げることとした。またこのピークパフォーマンスを向上させる選手の心理的要因を数字やデータで科学的に測定する必要もあると考え、心理的競技能力診断検査という標準化されたスポーツ心理テストを用いて、講習会が及ぼす選手への心理面の影響を分析することにした。本研究では、現場での実践研究を目的とし、研究における限界等を考慮した上で、高妻（2002）¹⁷⁾が作成したメンタルトレーニングプログラムの選手への影響を検証することをひとつの仮説とした。またそのプログラムを実践する上で、一般的に多く行われている講習会形式の指導を日本スポーツ心理学会認定資格スポーツメンタルトレーニング指導士の資格保持者である専門家により実施するという条件をつけた。その上で、この講習会形式のメンタルトレーニングプログラムが選手たちにポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説も立てた。しかしこの仮説を検証するには、いくつかの段階的な研究の必要性を感じ、下記のような4段階の研究を積み重ねることにした。仮説の検証その1として、高妻（2002）¹⁷⁾が作成したプログラムを講習会形式で実施し、単純にプリ・ポストテストでその効果を比較検討することにした。しかしそのプログラムの有効性（繰り返しの効果）

を深く確かめるために同じ講習会形式のプログラムを2つのグループに実施した結果、2つのグループに対する講習会形式のプログラムの有効性を検証できた¹⁸⁾。また仮説の検証その2では、講習会形式のプログラム実施の講習群と非実施群の比較検討をし、講習会形式でのメンタルトレーニングプログラム実施の有効性を検証した¹⁹⁾。

そこで本研究では、仮説の検証その3とし、2つの内容の違う講習会を実施し、その内容によりスポーツ選手に対する心理的影響が違うであろうという仮説を検証することにした。加えて、講習会を受講しなかったグループも含めて3グループでの比較検討を実施することと講習会形式のメンタルトレーニングプログラムの有効性を検証することにした。

Ⅱ. 方 法

本研究への参加者は、大学生スポーツ選手（18歳から21歳までの男女）であり、この内訳は、(1) スポーツメンタルトレーニング入門編の講習会を受講したグループ（入門群）が147名、(2) スポーツメンタルトレーニング実践編の講習会を受講したグループ（実践群）115名、(3) 講習会を受講しなかったグループ（コントロール群）48名であった。本研究では、この3つの群の心理面の影響を検証するための道具として、標準化されたスポーツ心理テストである心理的競技能力診断検査を使用した。この検査は、選手が52の質問に対して5段階で回答したものを数値化して心理的競技能力の評価をし、5つの因子：競技意欲、精神の安定集中、自信、作戦能力、協調性、および12尺度：忍耐力、闘争心、自己実現意欲、勝利意欲、自己コントロール能力、リラックス能力、集中力、自信、決断力、予測力、判断力、協調性、さらに全項目を総合して評価する総合得点という18の項目に対して分析をすることができる²⁰⁾。そこで入門群と実践群は、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムを始める前にプリテストとし

て、心理的競技能力診断検査を使用して心理的競技能力を測定した。同時期にコントロール群も同じ検査を実施した。その後、入門群と実践群の2つのグループは12回の講習会を受講し、約4カ月の講習後に同じ心理的競技能力診断検査をポストテストとして実施した。コントロール群も同様に同じ時期にポストテストを実施した。

また2つのグループの講習会参加者に対しては、この講習会に対する評価を「(1)非常に良い、(2)良い、(3)普通、(4)悪い、(5)非常に悪い」という5段階で回答するアンケート調査を実施した。さらに毎講習会で自由記述形式の感想やいくつかの質問にも回答をさせた。

1. メンタルトレーニングプログラム

本研究では、2つのグループに対して内容の違う講習会を毎週1回のペースで12回(約4カ月)実施し、コントロール群は講習会の受講は全くなかった。

1) 入門群の講習会では、メンタルトレーニングというスポーツ心理学のプログラムに対しての知識がほとんどない大学生スポーツ選手を対象に、スポーツにおける心理的側面の重要性を認識させると同時に、不安やプレッシャーなどの心理面の問題を提起するメンタルトレーニングの入門編という内容であった。ここでは、メンタルトレーニングの知識を紹介するという観点が中心課題であった。その具体的な内容は下記の通りである。

- (1) プログラム開始前の評価：標準化されたスポーツ心理テストである「心理的競技能力診断検査」を使用して、メンタルトレーニングを開始する前の講習会参加者の心理的側面をプリテストとして実施した。またこの講習会の内容を説明するガイダンスとした。
- (2) 心理面の重要性：マラソンにおける選手の心理面での重要性やその感情の変化をビデオを使用して解説をした。特に、選手に強気(プラス思考)と弱気(マイナス思考)によるパフォーマンスへの影響を取り上げ

た。

- (3) 学問的・科学的な背景：スポーツ心理学とは何か、また体育やスポーツとは何かも含めての説明をし、学問的また科学的背景でのスポーツの紹介をした。また野球におけるプレッシャーについてのビデオを見せ、スポーツにおけるプレッシャーについての解説をした。
- (4) スポーツと不安：スポーツにおける不安についての理論的説明をし、特に不安があると選手たちはどのような行動を取り、最終的にパフォーマンスにどのような影響を及ぼすのかを解説した。またオリンピックにおける不安についてのビデオを見せ解説をした。
- (5) プレッシャー：ストレスやプレッシャーがスポーツに対してどのような影響を及ぼすのかを理論的背景から説明した。またサッカー選手のW杯におけるプレッシャーのビデオを見せ解説をした。
- (6) 心理面の強化法：心理面を強化するには、メンタルトレーニングというプログラムがあり、実際にどのようにして現場で応用しているのかの例を紹介した。
- (7) 試合に対する心理的準備：ある野球の投手が試合前の準備をどのようにしているのかのビデオを見せ、心理的準備の重要性を説明した。
- (8) スランプ：運動学習における選手の進歩の変化やスランプに対する理論的な背景や対処法について説明した。特にスランプという問題を心理面でどうとらえるかの解説をした。
- (9) やる気：動機づけ理論から理想的なやる気の持ち方ややる気を高めるための方法を紹介した。また「ほめる」というトピックスで、他人をやる気にさせる例を紹介した。
- (10) フィードバック：スポーツをするときの指導者のアドバイスの仕方や選手がそのアドバイスをどのように受け止めるかの考え方

についての説明をした。またある監督の選手に対するフィードバックの例を紹介し解説をした。

- (11) ケガの心理面：ケガをして復帰するまでのリハビリテーションの過程を取り上げ、逆境における心理面の重要性やその対処法について説明した。またあるオリンピック選手が怪我から復帰するまでの心理面での悩みやトレーニングを紹介し解説した。
- (12) 自己分析：ある選手のコメントやインタビューから、その選手を分析し自分と比較する内容の講習を実施した。また講習終了後には、第1回目の講習で実施（プリテスト）したと同じ心理的競技能力診断検査を2回目（ポストテスト）の実施をした。しかし、この群に対しては、検査のフィードバックは実施しなかった。

2) 実践群の講習は、大学生スポーツ選手を対象に、高妻（2002）⁸⁾ が作成したプログラムである「今すぐ使えるメンタルトレーニング：選手用（ベースボールマガジン社）を教科書とし、毎日の練習や試合ですぐに活用できる内容であった。またこの教科書に沿って自己学習ができる用紙（122ページの冊子）を使用し、この自己学習用紙は講習会を受講しながら専門家の指示に従って書き、書ききれなかった残りを課題として自己学習させることとした。実践群で実施した講習会形式プログラム12回の具体的な内容は、下記の通りである。

- (1) プログラム開始前の評価：標準化されたスポーツ心理テストである「心理的競技能力診断検査」を使用して、メンタルトレーニングを開始する前の講習会参加者の心理的側面を分析した。また分析したデータをフィードバックし、これから実施するメンタル面強化の必要性を認識させ、今後どのような強化が必要なのかを「自己分析」する内容であった。
- (2) 目的：ここでは、このプログラムを実施す

る目的や理論的背景を紹介し、ビデオを活用しメンタルトレーニングがなぜ必要なのか、またそれは何かを紹介し解説した。

- (3) 実践例の紹介：実際にメンタルトレーニングを実施しているチームの例をビデオ等で紹介し、このプログラムの理解を深めた。その内容は、あるチームが講習を受講し、強化合宿でメンタル面強化のトレーニングを実施、試合直前の心理的準備、試合後の結果までの流れを紹介した心理的準備の応用プログラムであった。
- (4) 心理的スキルの紹介：ここでは、実際に毎日の練習や試合で実践する心理的スキルを紹介し、それを体験するというプログラムを実施した。特に、練習や試合に対する心理的準備としての「リラクゼーション」や「サイキングアップ」というトレーニング方法を体験し、その目的やそれに含まれるテクニックや活用方法を解説した。
- (5) 理想的心理状態：「ゾーン」とか「火事場の馬鹿力」と言われる理想的心理状態を紹介し、このスポーツ選手が最高能力を発揮する理想的な心理状態を作るための具体的な方法を説明した。特に、約100名の選手たちのゾーン体験談を紹介し、その上で自分の経験を記述することを実施し、その理想的心理状態をいかに作るかという方法の具体的な例を説明した。
- (6) 目標設定：選手の動機づけを目的とした目標設定（結果目標）用紙、目標設定（プロセス目標）用紙、目標を達成させるためのプラン作成、さらに「スポーツ人生物語用紙」を使い引退までのスポーツ人生を自由記述で書かせ、最後に練習日誌の必要性や日誌を活用してその目標達成度を確認する方法があることなどを紹介した。
- (7) イメージトレーニング：ここでは、選手が最も多く活用しているイメージをいかにトレーニングとして実施するかを説明した。特に、ビデオを活用して段階的にイメージ

トレーニングをする方法を体験させた。また高校野球監督が作成した「イメージビデオ」を見せ、目標とする甲子園へのイメージ強化の具体例を紹介し、そのビデオの作成方法も説明した。

- (8) 集中力：ここでは、集中力を高める具体的な方法、試合で活用する集中力の高め方、毎日の練習でいかにして集中するかなどを紹介した。具体的には、プレーや試合前の集中力の高め方、プレー中に起こる集中力の欠如からの回復の方法などを実技として体験した。特にイチロー選手の活用するバット回しを、「パフォーマンスルーティーン」というテクニックであることを説明し、実際に自分が応用できる方法を見つけるところまで実施した。またサッカー選手のPK（ペナルティキック）における成功例と失敗例をビデオで分析し、この成功例を自分のパフォーマンスルーティーンとすることも解説した。
- (9) プラス思考：自信を高めたり、厳しい練習を乗り越える目的で行う「プラス思考」を具体的に紹介し、毎日の生活や練習においてトレーニングを実施し、これを試合でどう応用するかという点に焦点を絞り説明した。特に、コーチと選手の間関係、選手同士のコミュニケーション、試合における審判のミス、試合場のコンディションや天候の問題など、自分自身がコントロールできない物事に対して、どのような考え方をすればプレーにいい影響を及ぼすのかなどの方法を説明した。また「プラス思考用紙」というものを使い、プラス思考とはどのようなものであるかを理解するための50の質問に回答をさせた。さらにセルフトーク（自己会話、内言、自己暗示）と言われる心理的スキルを活用し、試合中に自信を高めたり、気持ちの切り替えに対しての方法を紹介した。具体的に、どのような言葉遣いや声の出し方をすれば、自分のプレー

が良い方向に向かうのかを説明した。

- (10) 試合に対する心理的準備：この講習で学んできた心理的スキルを応用して、試合に対して勝つ可能性を高める徹底した準備をしていくという方法を紹介した。たとえば、試合前日、試合当日の朝、食事、試合場への移動、試合場にて、試合前のウォーミングアップ、試合中（ハーフタイム・タイムアウト・1回戦と2回戦の間など）の使い方、個人やチームとしての雰囲気作り方など勝つ可能性を高めるための準備の方法を説明した。またあるオリンピック選手が心理的準備をして、オリンピックで満足の行く結果を残したというインタビューのビデオを見せ、心理的準備の重要性を解説した。
- (11) 24時間を活用したトレーニングの方法：メンタルトレーニングの利点は、24時間が活用できる点であり、毎日の練習に加えて、日常生活でもトレーニングができることを紹介した。次に、朝起きてから寝るまでの1日のメンタルトレーニング実施のプラン作成をし、これを1週間実施しての感想を書いてくるという課題を出した。
- (12) まとめとポストテスト：12回の講習会のまとめを実施し、最後に心理的競技能力診断検査を実施した。ここでは、この講習会の1回目に実施した心理テストと2回目に実施した心理テストのデータを比較分析（評価）した。つまり、この講習会の受講が自分の心理面に対してどのような影響を与えているのかを自己分析することを実施した。またこの講習会の感想等も自由記述で書き、まとめとした。最後に、122ページに及ぶ自己学習プログラム実施の課題提出をした。

3) コントロール群は、入門群や実践群同様にスポーツを実施している大学生（18～21歳の男女）が対象であった。しかしこのコントロール群に対しては、講習会等の心理面に影響する試みは

全く実施しなかった。

Ⅲ. 結 果

本研究は、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムの有効性の検討、および実施したメンタルトレーニングの内容が異なれば、心理面での影響が異なるか否かについて検討するために、内容の違う2つの講習会を受講したグループと講習会を受講しなかったグループの3つの群の分析をおこなった。そこで、3つの群における心理的競技能力診断検査の12項目と5因子に総合得点を含めた18項目の得点の平均値の差を二元配置分散分析の統計処理をした。その結果、すべての項目において時期とトレーニングの間に有意な交互作用が認められた。その後、単純主効果の検定として、入門群、実践群、およびコントロール群共に、トレーニング前後ごとにトレーニング内容を要因とした一元配置分散分析をおこなった。その結果、入門群では、心理的競技能力検査の勝利意欲、リラックス能力、自信、決断力、予測力、判

断力、自信、作戦能力、精神の安定集中および総合得点の10項目において有意な大きな値が認められた。また実践群は、18項目すべてにおいて有意な大きな差が認められた。しかしコントロール群では、判断力の1項目のみに有意な値が認められた。表1は、この3つの群における心理的競技能力診断検査のデータを示すものである。

本研究では、今回使用した心理的競技能力診断検査の総合得点に注目し、この総合得点について時期とトレーニングの内容を要因とした二元配置分散分析をおこなった結果、時期とトレーニング内容の間に有意な交互作用が認められた。そこでトレーニング内容ごとに、トレーニング前後（時期）を要因とした一元配置の分散分析をおこなった。その結果、入門群および実践群においては、トレーニング時期において有意な主効果が認められ（入門群 $F(1, 146) = 12.329, p < 0.01$ 、実践群 $F(1, 114) = 202.866, p < 0.01$ ）、トレーニング前と比較してトレーニング後で有意に大きな値であった。またコントロール群においては、トレーニング時期においては有意な主効果は認められなかった ($F(1, 47) = 0.482, ns$)。

表1 入門群、実践群、およびコントロール群の心理的競技能力診断検査の分析結果

Table 1 The Result of Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for athletes among introduction, practical, and control groups.

	入門群 (n=147)					実践群 (n=115)					コントロール群 (n=48)				
	Pretest		Posttest		有意差	Pretest		Posttest		有意差	Pretest		Posttest		有意差
	M	SD	M	SD		M	SD	M	SD		M	SD	M	SD	
忍耐力	15.13	2.79	15.52	2.99		15.12	3.36	19.10	1.76	**	13.96	3.00	14.13	3.49	
闘争心	17.19	3.01	17.02	3.04		17.23	3.05	19.17	1.53	**	16.60	3.20	15.94	3.77	
自己実現意欲	16.89	2.46	17.02	3.00		17.03	2.71	19.17	1.53	**	16.54	2.54	16.21	2.89	
勝利意欲	15.63	3.07	14.87	3.46	**	15.48	3.77	16.62	3.19	**	14.75	3.50	14.44	3.33	
自己コントロール能力	14.73	3.37	15.03	3.18	**	14.63	3.37	17.31	2.50	**	14.54	3.08	14.81	3.46	
リラックス能力	13.09	4.08	14.04	3.51		13.84	4.01	17.24	2.91	**	13.27	3.47	13.52	4.14	
集中力	15.93	2.82	15.03	3.23	**	15.94	2.89	18.35	1.77	**	15.10	2.64	15.31	3.23	
自信	12.36	3.51	13.63	3.43	**	13.71	3.79	17.21	2.73	**	12.13	3.15	12.75	3.70	
決断力	12.79	3.55	14.06	3.31	**	13.76	3.59	17.15	2.81	**	12.38	3.42	12.81	3.84	
予測力	12.78	3.18	13.91	3.45	**	13.42	3.40	16.62	2.72	**	12.15	3.02	12.35	3.74	
判断力	12.85	3.31	14.00	3.40		13.86	3.24	16.94	2.77	**	11.75	3.13	12.56	3.33	
協調性	17.17	3.08	17.33	2.97		17.20	3.36	19.19	2.12	**	16.38	3.37	16.21	3.75	
競技意欲	64.84	8.61	64.44	9.12		64.86	9.73	72.76	6.52	**	61.85	9.37	60.71	11.08	
精神安定・集中	43.74	9.18	45.10	8.90	*	44.42	9.28	52.90	6.44	**	42.92	8.07	43.65	9.92	
自信	25.15	6.55	27.70	6.37	**	27.47	7.08	34.36	5.21	**	24.50	6.07	25.56	7.09	
作戦能力	25.63	6.06	27.90	6.36	**	27.28	6.32	33.56	5.21	**	23.73	5.91	24.92	6.48	
協調性	17.17	3.08	17.33	2.97		17.20	3.36	19.19	2.12	**	16.38	3.37	16.21	3.75	
総合得点	176.54	24.49	182.48	26.16	*	181.23	29.73	212.77	21.01	**	169.38	23.97	171.04	29.45	

* $p < .05$ ** $p < .01$

また、トレーニング前後ごとにトレーニング内容を要因とした一元配置分散分析をおこなった。その結果、トレーニング前では、トレーニング内容に有意な主効果が認められた ($F(2, 307) = 3.469, p < 0.05$)。シェフェの手法を用いて多重比較をおこなったところ、コントロール群と比較して実践群の値は有意に大きな値を示した。またトレーニング後でもトレーニングの内容に有意な主効果が見られた ($F(2, 307) = 67.495, p < 0.01$)。多重比較の結果、コントロール群と比較して実践群が有意に大きな値を示した。

また、この講習に対する内省報告では、入門群が「(1) 非常に良かった71%、(2) 良かった23%、(3) 普通5%、(4) 悪かった1%、(5) 非常に悪かった0%」、一方、実践群は、76%が「(1) 非常に良かった」、21%が「(2) 良かった」、3%が「(3) 普通」、0%が「(4) 悪かった」、0%が「(5) 非常に悪かった」という結果であった。

IV. 考 察

本研究の目的は、2つの内容の違う講習会を実施し、その内容によりスポーツ選手に対する心理的影響が違おうであろうという仮説を検証することであった。加えて、講習会を受講しなかったグループも含めて3グループでの比較検討を実施することと講習会形式のメンタルトレーニングプログラムの有効性を検証することでもあった。

入門群は、心理的競技能力診断検査の18項目中、総合得点を含む10項目について有意差が認められ、また総合得点を取り上げたとき、平均値が176.54点から182.48点の向上(5.94点)し、有意差も認められた。このことから、講習会の内容がスポーツにおける心理的側面の重要性やメンタルトレーニングの紹介(知識)であったことを考えたとき、入門編としての効果は検証できたのではないかと考える。しかし、競技意欲や協調性の項目で有意差が認められなかったことを考えた場合、メンタルトレーニングの知識を学ぶだけでは自分のテ

クニックとして身につかないため、トレーニングとして実践する必要があると考えられる。また実践群は、先行研究の仮説の検証1および2で講習会形式メンタルトレーニングプログラムの有効性を検証された高妻(2002)⁸⁾が作成したメンタルトレーニングプログラムを使用し、本格的(実践的)な講習とその課題(毎日の練習や試合で応用するという宿題)を実施した。その結果、心理的競技能力診断検査の18項目中すべての項目に対して有意差が認められたことから、本研究でも講習会形式の実践的メンタルトレーニングプログラムの有効性が示唆されたのではないかと考える。また図1に示すように、総合得点を見たとき、平均値が181.23点から212.77点という31.54点の向上を示し、有意差も認められたことから、この講習の内容が選手に対してポジティブな影響を及ぼしたことが検証できたと考える。このことから入門編で紹介した知識だけの講習会より、現場での応用を目的とした実践形式の講習会のほうが、選手に与える影響は大きくなると考える。一方、講習等を全く実施しなかったコントロール群は、心理的競技能力診断検査による分析でも有意差が認められず、総合得点の平均値も169.28点から171.04点とほとんど変化が見られなかった。このことから講習会形式の紹介プログラムやメンタル面強化(トレーニング)プログラムを導入する方が何も導入しないよりも、選手の心理的側面に対してポジティブな影響を与える可能性が高いことが示唆されたと考える。つまり、本研究からメンタル面強化を目的に講習会を実施することの有効性が検証できたと考える。また講習会の内容によって選手に対する影響も違おうことが分析でき、今後はこの講習会の内容をさらに吟味することも必要であろうことが示唆されたと考える。

さらに、この講習に対する内省報告では、入門群が「(1) 非常に良かった71%、(2) 良かった23%、(3) 普通5%、(4) 悪かった1%、(5) 非常に悪かった0%」という分析ができた。このことから講習会形式メンタルトレーニングプログラムの入門群という内容に対して、94%の講習会参加者から

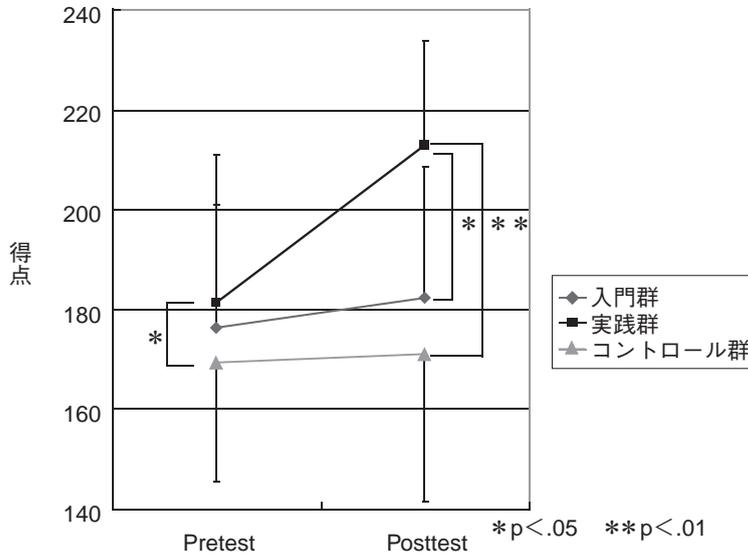


図1 心理的競技能力診断検査の各群における総得点の変化
Fig. 1 The total score of Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for three groups.

ポジティブな回答を得ることができた。一方、実践群は、76%が「(1)非常に良かった」、21%が「(2)良かった」、3%が「(3)普通」、0%が「(4)悪かった」、0%が「(5)非常に悪かった」という結果であり、97%の選手が講習会の受講に対してポジティブな回答している。このことは、講習会形式のメンタルトレーニングプログラムの有効性を示すひとつの材料になったと考えるし、この講習会形式の方法が肯定されたのではないとも考える。

最後に、本研究の結果から、講習会形式のスポーツメンタルトレーニングプログラムの有効性および専門家による内容の異なる講習会プログラムがスポーツ選手に対して心理的によい影響を与えるであろうという仮説を検証できたと考える。今後は、この研究を発展させて、講習会形式メンタルトレーニングプログラム入門編を実施し、同じ参加者が継続して実践編の講習会を実施した場合の効果の検証をすれば、より効果的なプログラムの作成ができると考える。

参考文献

- 1) 徳永幹雄：競技者に必要な心理的スキルとは教養としてのスポーツ心理学，大修館書店，2005，10-17.
- 2) Griffith, C. R.: Psychology and its relation to athletic competition. *American Psychological Education Review*, 30, 193-199, 1925.
- 3) Suinn, R.: The 1984 Olympic and sport psychology. *Journal of sport psychology*, 7, 321-329, 1985.
- 4) Orlick, T. & Partington, J.: Mental links to excellence. *The Sport Psychologist*, 2, 105-130, 1988.
- 5) Gould, D., Dieffenbach, K. & Moffett, A.: Psychological characteristics and their development. *Olympic champions*, 14, 172-204, 2002.
- 6) Tutco, T. & Tosi, U.: *Sport Psyching*. Los Angeles, CA: Teacher. 1976.
- 7) Nideffer, R. & Sharpe, R.: *Attention Control Training* NY: Wyden, 1978.
- 8) Unestahl, L.: *Sport psychology in theory and practice*. VEJE Publ. Inc. Orebro Sweden, 1986.
- 9) Kraus, D.: *Peak Performance*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1980.

- 10) Loehr, J.: Athletic Excellence. Denver, CO: Forum, 1982.
- 11) Orlick, T.: Psyching for Sport: Mental training for athletes. Champaign, IL: Leisure Press, 1986.
- 12) Ravizza, K. & Hanson, T.: Heads-up Baseball Lincolnwood, IL: Master Press, 1995.
- 13) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニング：コーチ用，ベースボールマガジン社，2002，20.
- 14) 杉原 隆：まえがき，スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，3-4.
- 15) 土屋裕陸：メンタルトレーニング実施後の振り返り，スポーツメンタルトレーニング教本，大修館書店，2005，52.
- 16) 中込四郎：メンタルトレーニングワークブック，道和書院，1994.
- 17) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニング：選手用，ベースボールマガジン社，2002.
- 18) 高妻容一，石井 聡：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について（その1），東海大学紀要，記載予定，2006.
- 19) 石井 聡，高妻容一：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について（その2），東海大学スポーツ医科学研究所雑誌，18，69-78，2006.
- 20) 徳永幹雄：ベストプレイへのメンタルトレーニング，大修館書店，1996，26-48.



健常者における微小血栓の形成について

河乃建仁 (医学部分子生命科学) 岩垣丞恒 (体育学部生涯スポーツ学科)

新居利広 (体育学部競技スポーツ学科) 大崎 栄 (体育学部競技スポーツ学科) 山村雅一 (医学部分子生命科学)

Formation of plasma micro-plug in the healthy persons

Kenji KOHNO, Suketsune IWAGAKI, Toshihiro ARAI, Sakae OSAKI and Masaichi YAMAMURA



Abstract

【Background】 Silent cerebral infarction can occur in healthy individuals; however, the formation process of the micro-plug is not clearly understood. We have found micro-particles in the blood, which have not been reported.

【Methods】 The subjects were 6 healthy male students (19 ± 0.8 years old). Blood was collected every two hours for one day. We examined the size of the plasma micro-particles using flow-cytometry (EPICS-ALTRA).

【Results】 The largest micro-particle before breakfast was $6.9 \pm 2.6 \mu\text{m}$ in diameter, and that of half an hour after breakfast was $11.3 \pm 4.1 \mu\text{m}$ ($p < 0.01$). The largest micro-particle before running exercise was $13.9 \pm 6.5 \mu\text{m}$, that immediately after exercise was $75.1 \pm 43.7 \mu\text{m}$ ($p < 0.001$), and that of after 1 hour was $46.1 \pm 28.2 \mu\text{m}$ ($p < 0.001$). The largest micro-particle immediately after getting up in the morning was $6.9 \pm 2.6 \mu\text{m}$, and that at noon was $8.3 \pm 2.3 \mu\text{m}$ ($p < 0.02$).

【Discussion】 These results showed that micro-particles increased in size after eating, daily activity or exercise. Since the diameter of capillary tubes is 8 to 20 μm in humans, the micro-particles increased up to 3.8 to 9.3 times the diameter of the tube, causing a blockage. At this point, the micro-particles become micro-plugs and this phenomenon can occur in healthy individuals. This study showed a new process-related embolism.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 89-92, 2006)

I. 背景

近年、臨床検査機器の飛躍的進歩により、これまで検出できないさまざまな病変が検出できるようになった。脳ドックによる微小脳梗塞（隠れ脳梗塞ともいう）の発見はその一例であった。これまで、健常者において40代では4人に1人、50代では3人に1人、60代では8割以上の割合で微小脳梗塞の痕跡が発見されていた¹⁻³⁾。このようなデータは、健常者においても血栓が形成されていることを示唆した。

これまで、我々は、70名の健常者を対象に4年間に亘り研究した結果、健常者の血液には「血漿微粒子」が存在していることを発見し、それについて報告してきた⁴⁻¹⁰⁾。本研究では、健常者において血漿微粒子が微小血栓の形成との関係について検討した。

II. 研究方法

対象者は、6名の大学生健常者であった。本研究の対象者に対しては、研究の内容、方法並びに

結果の取り扱いについて、本人に説明し、書面承諾を得た。また、本研究については、東海大学湘南校舎の倫理委員会に提出し、承認を得た。

対象者は普段と同様な日常生活をし、2時間おきに指先部から0.2 mlの血液を採取し、ヘパリン入り毛細採血管を用いて採血し、毛細管遠沈管を用いて1500×gで10分間を遠心分離し、上清血漿を得た。得た血漿をpH7.4のリン酸緩衝液(phosphate buffer saline; PBS)で希釈し、フローサイトメトリー(Flow-cytometry, EPICS-ALTRA, Beckman Coulter Inc.)にて、血漿微粒子の大きさを測定し、一日中における特徴的な変化を示す食事前後と、運動前後と、早朝日中との変化について比較検討した。

フローサイトメトリーの精度管理には、「Flow-Check」(Cat#: 6605359, Beckman Coulter Inc. USA)、日差変動管理には「Flow-set」(Cat#: 6607007, Beckman Coulter Inc. USA)、微小血栓のサイズ同定には、「Coulter CC size standards」(Cat#: 6601329, Beckman Coulter Inc. USA)、微小血栓の数の測定には「Flow-Count」(Cat#: 7547053, Beckman Coulter Inc. USA)を、それぞれ用いた。

フローサイトメトリーで得た粒子大きさの値は、長さ単位ではなく、相対的蛍光強度単位(チ

ャンネル)であるので、長さ単位(μm)に変換した。単位の変換には、直径 $2\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ 、 $20\ \mu\text{m}$ 、 $40\ \mu\text{m}$ の標準粒子(「Coulter CC size standards」)を用いた。まずは、既知サイズの各粒子の前方散乱光強度値を、フローサイトメトリーに付属されている専用データ解析ソフト(Flow-cytometry analyzer Expo 2, Beckman Coulter Inc. USA)で割り出した。次に、Microsoft Excel 2003を用い、割り出した値と粒子のサイズにより、チャンネル/サイズ換算式「 $y = ax - b$ 」を得た。尚、「y」は前方散乱光強度である。この換算式を用い、粒子の大きさ「x」の値(μm 単位)を割り出した。「Flow-Set」でフローサイトメトリーの日差変動を管理している場合、換算式における「a」と「b」の値は、変動がなく、定数となる。

Ⅲ. 研究結果

健常者の血漿微粒子の最大大きさ(直径)は、朝食前の $6.9 \pm 2.6\ \mu\text{m}$ に対し、朝食後では $11.3 \pm 4.1\ \mu\text{m}$ までに有意に上昇した($p < 0.01$, 図1)。

運動(走行練習)直前の $13.9 \pm 6.5\ \mu\text{m}$ に対し、運動直後では $75.1 \pm 43.7\ \mu\text{m}$ (最大で $140\ \mu\text{m}$)ま

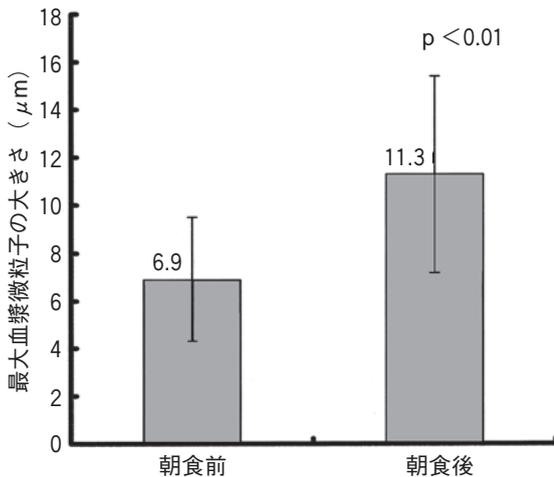


図1 最大血漿微粒子の大きさにおける食事の影響
Fig. 1 Effect of breakfast on the largest micro-particle size

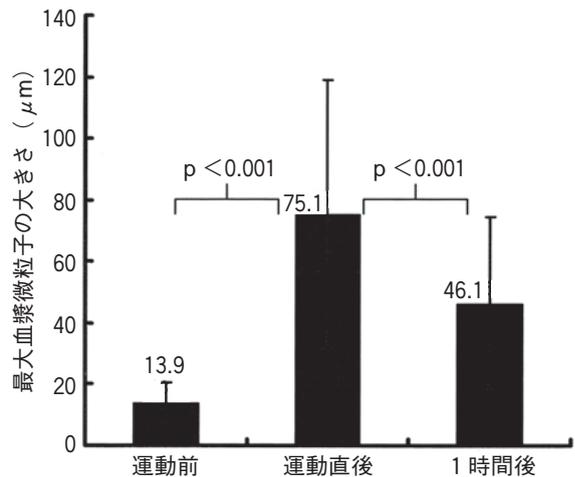


図2 運動前後における最大血漿微粒子の大きさの変化
Fig. 2 Changes of the largest micro-particle size before and after running

でに上昇し、1時間を休養した後では、 $46.1 \pm 28.2 \mu\text{m}$ までに回復した。これらの変化は、いずれも統計学的に有意に認められた ($p < 0.001$ 、図2)。

早朝起床直後の $6.9 \pm 2.6 \mu\text{m}$ に対し、日中 (11~13時) では $8.3 \pm 2.3 \mu\text{m}$ までに有意に増大した ($p < 0.02$ 、図3)。

血漿微粒子の数もサイズの変化と同様な傾向の変動を示した。朝食前の 17.7 ± 12.6 個 / μl に対し、朝食後では 45.6 ± 20.6 個 / μl までに有意な上昇

を示した ($p < 0.001$ 、図4)。

運動 (持久走) 直前は 23.4 ± 21.2 個 / μl に対し、運動直後は 58.9 ± 29.7 個 / μl までに有意に上昇した ($p < 0.02$)。1時間を休養した後は、 40.6 ± 30.3 個 / μl までに回復したが、統計学的に有意に認められなかった ($p > 0.05$ 、図5)。

早朝起床直後の 17.7 ± 12.6 個 / μl に対し、日中 (11~13時) では 51.5 ± 47.8 個 / μl までに有意に上昇した ($p < 0.001$ 、図6)。

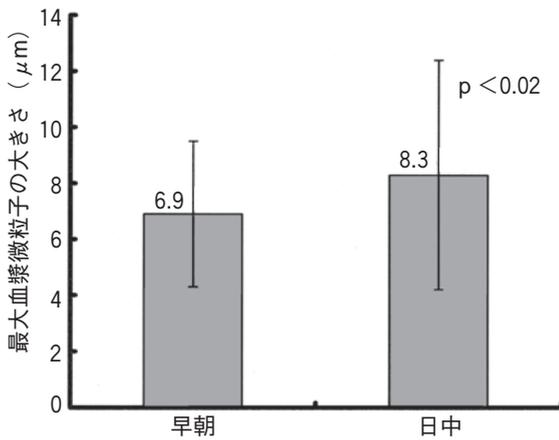


図3 日中での最大血漿微粒子の増大
Fig. 3 Increase of the largest micro-particle size at noon

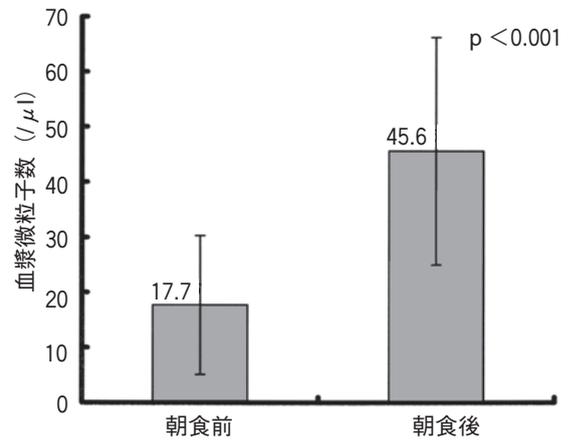


図4 血漿微粒子数における食事の影響
Fig. 4 Effect of breakfast on the largest micro-particle count

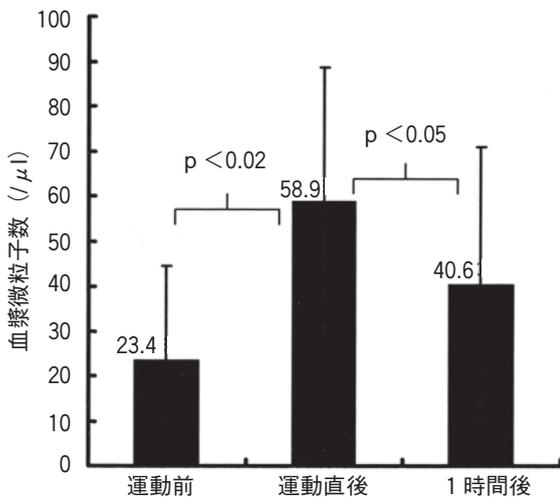


図5 運動前後における血漿微粒子数の変化
Fig. 5 Changes of the micro-particle count before and after running

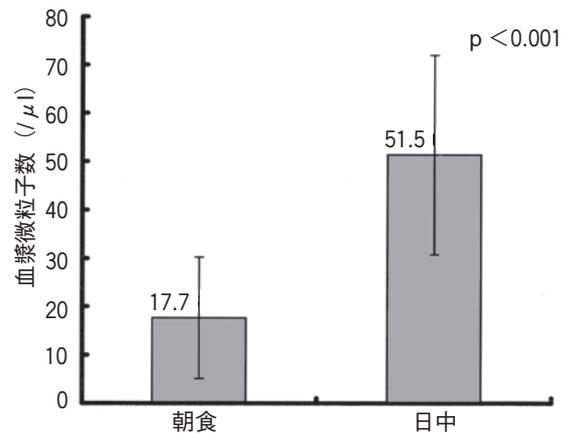


図6 日中での血漿微粒子数の増加
Fig. 6 Increase of the micro-particle count at noon

IV. 考 察

起床直後の血漿微粒子のサイズが最も小さく、その数も最も少なかった（図1、3、4、6）ことは、休養（睡眠）下では、血漿微粒子が小さくなり、その数も減少していることを示した。

一方、運動後（図2）、または日中（図3）では、血漿微粒子が大きくなり、その数も増加した（図5と図6）ことは、日常活動または運動などの行動は、血漿微粒子を大きくし、数を増やす働きを有することが明らかとなった。

このような事柄から、血漿微粒子は、ヒトの身体的活動にとって必要なものであると考えられる。

このように、血漿微粒子は、ヒトの活動にとって必要とされいながら、場合により、毛細血管の直径の数倍までに大きくなることもあった（図2）。このような大きな粒子は、毛細血管を通りにくく、やがて、血管を塞ぐことになるだろう。血管を塞いだ時点で、血漿微粒子は微小血栓になる。このような事柄からは、「血漿微粒子から微小血栓へ」という血栓形成における新たな機序が存在していることを示唆した。このような大きな血漿微粒子、即ち微小血栓は、健常者においても日常的に発生していることが判明された。

参考文献

- 1) 松村 賢：無症候性脳血管障害患者におけるサッケードの分析，群馬医学，64，135-141，1996.
- 2) 吉田 聡，浦田幸朋：高血圧と認知機能，超高齢者軽症高血圧に対する降圧療法の有用性，治療，84(11)，2853-2859，2002.
- 3) 西脇祐司：血管系・神経系の加齢変化に関する6年間のコホート研究，無症候性脳梗塞の予防学的意義を中心にして，総合健康推進財団研究報告書，1998，120-128，2001.
- 4) Lujian XING，岩垣丞恒，山村雅一：Plasma particle imaging について，体力科学，49(3)，451，2000.
- 5) Lujian XING，Suketsune IWAGAKI: Characteristics of the plasma particle image in long distance runners, *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 6(4), 162, 2000.
- 6) Lujian XING，岩垣丞恒，山村雅一：Plasma particle image における jogging の影響，体力科学，49(6)，734，2000.
- 7) Kenji KOHNO，Suketsune IWAGAKI: Components of the plasma particle, *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 7(4), 188, 2001.
- 8) 河乃建仁，岩垣丞恒，山村雅一：Plasma 粒子の形態的特徴における持久性トレーニングの影響，体力科学，50(6)，842，2001.
- 9) Lujian XING，山村雅一，岩垣丞恒，王 惠珍：長距離選手の plasma particle image による metabolic field の検討，*Tokai J. Sports Med. Sci.* 13, 41-48, 2001.
- 10) 河乃建仁，岩垣丞恒，山村雅一，新居利広，大崎 栄：高濃度酸素吸入による plasma 粒子への影響及びその背景について，体力科学，51(6)，622，2002.



足趾力に関する研究

第2報

加門正行 (スポーツ医科学研究所研修員) 東福寺規義 (医学部附属東京病院診療協力部技術支援科)

野中拓馬 (医学部附属病院リハビリテーション技術科) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

An improved dynamometer for toe strength measurement Second Report

Masayuki KAMON, Noriyoshi TOUFUKUJI, Takuma NONAKA and Yutaka NAKAMURA



Abstract

The purpose of this study is to examine the performance of an improved toe strength dynamometer, the prototype of which we described in our previous paper. We confirmed the reproducibility of the strength values for all five toes measured together and for each of the five toes measured independently. Next, we tested the machine's ability to measure concentric and eccentric muscle strength. The test subjects were 32 student athletes: 24 male (average age of 19.9 ± 1.9 years) and 8 female (average age of 20.5 ± 1.8 years). The reproducibility of measurements of concentric and eccentric muscle strength was high, with intraclass correlation of $r = 0.893-0.972$ for the former and $r = 0.806-0.934$ for the latter. The values for eccentric toe muscle strength showed significantly higher reproducibility than those for concentric toe muscle strength. In the previous report there were many missing data on the fourth and fifth toes; in the test of the improved dynamometer, there were fewer missing data. We were able to obtain almost all the measurements of toe strength, both those for all five toes measured together and those for each toe measured independently. The improvements were shown to make the prototype dynamometer more effective at measuring toe strength. The machine showed high measurement reproducibility, and it accurately displayed the strength of the subjects' toes. The number of measured values, however, was insufficient for comparison of toe strength between athletes of different sports. It will be necessary to study more subjects.

Keywords: athlete, toe strength, concentric and eccentric contraction force, all toes, each toe

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 93-99, 2006)

I. はじめに

前回我々は足趾力測定器を自家考案し、スポーツ選手を対象に筋力測定を行った。足趾力測定器による測定では各足趾の求心性筋力、および遠心性筋力の測定を実施し、その測定値は高い再現

性を示したが、反面、微小な筋力の測定が装置の構造上不可能であった点、すべての足趾を同時に測定できなかった点の2つが課題として残された。今回、これら2つの問題点を補うべく足趾力測定器の改良を行い、前回と同様にスポーツ選手を対象として、得られた測定値と測定値の信頼性を検討したので報告する。

Ⅱ. 対象と方法

1. 対象

被験者は運動部所属の大学生で、足趾と下腿に機能障害が認められない東海大学体育会所属の部員32名（柔道9名、バスケットボール4名、サッカー3名、バレーボール2名、ハンドボール2名、テニス2名、陸上2名、硬式野球1名、バドミントン1名、その他6名）である。男性は24名（年齢 19.9 ± 1.9 歳）、女性は8名（年齢 20.5 ± 1.8 歳）を対象とした。なおこれら被験者には事前に研究の目的と方法を十分に説明し同意を得た上で測定を行った。

2. 測定器具

今回使用した測定機器は、前回のデジタル表示のものを改良し市販の竹井機器工業のアナログ握力計（0 kg 以上、0.5 kg 単位で表示）を用いた。本体に握力計（a）をL字鋼でスライド板に固定した。巻き取り軸（b）の直径3 mmの鋼鉄製ワイヤーは、足固定台（c）に対し求心性、遠心

性に移動できる構造である。握力計の力点にはジュラルミンをJ時状に加工した伝達棒（d）を取り付け、その先にワイヤーで足趾リング（e）を取り付け、足趾筋力が足趾リングから力点へ水平にかつ外力を受けずに力が伝達できるように改良した。さらに今回は新たに全足趾の足趾力を測定する為に全足趾測定棒（f）を作成し、足趾リングと同様の手順で求心性、遠心性の測定を行った。この形状は足趾において全足趾測定棒の把持しやすさを考え、試作として水平軸に約35度に屈曲している。足固定台にのせた足は固定用ベルトにより固定され、各足趾を足趾リングに固定させ求心性、遠心性の測定を行った。足趾リングは前回のものを改良し足趾の大きさにあわせ4種類を作成した。今回改良を加えた測定器は従来からの特徴である求心性と遠心性の筋力測定が可能であると同時に、各足趾と全足趾の筋力が測定できることが変更点となった（図1、2）。

3. 測定方法及び測定項目

測定は被験者を座位にし、まず求心性筋力を第一趾に対し3回測定した後、同様に第二～第五

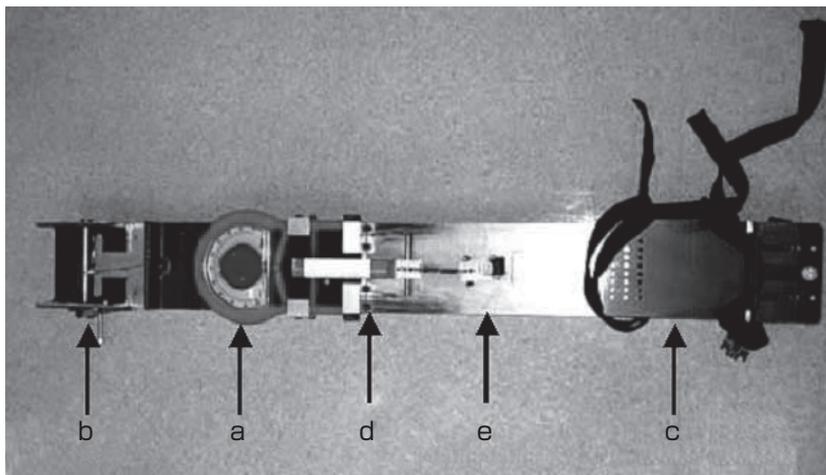


図1 足趾力測定装置

Fig. 1 Strength of foot flexor device

a : 竹井機器工業アナログ握力計（0.5 kg で表示）
 b : 巻き取り軸（S45C製）
 c : 足固定台（一般工業用鋼材製）
 d : 伝達棒（ジュラルミン製）
 e : 足趾リング（ジュラルミン製）

a: Grip strength measuring device (It displays more and 0.5 kg)
 b: Take up stick (S45C)
 c: Foot stabilizer (steel materials)
 d: Transfer stick (duralumin)
 e: Thumb ring (duralumin)

各趾及び全足趾についても3回測定した。次に遠心性筋力を求心性筋力と同様に、第一～第五各趾と全足趾の測定を行った。片方の足の求心性筋力、遠心性筋力を測定した後、他方の足を測定した(図3)。

求心性筋力はまず足趾リングの位置決めを行う。測定を行う足趾に足趾リングを挿入し遠心方向に一定の緊張がかかり、足趾リングが落下する限界点を測定開始点とした。位置を決めた後に、足趾リングを被検者の最大努力下で求心方向への屈曲したときの力を測定した。全足趾については足趾リングと同様の手順で測定を行った(図4)。

遠心性筋力は足趾にリングを挿入し、最大屈曲位をとりワイヤーに一定の緊張をかけた位置を測定開始地点とした。巻き取り軸のワイヤーを遠心性に巻き取ることにより足趾リングを遠心性に

スライドさせ、足趾が伸展され、被検者が痛みにより足趾リングを保持不可能となった時点、もしくはリングが外れた時点を終了とし測定を行った。求心性筋力、遠心性筋力ともに痛みが生じたときの値も測定値とした(図5)。

4. 統計処理

足趾筋力値の再現性については、級内相関係数によって検討した。

Ⅲ. 結 果

1. 全足趾および第一～第五各趾足趾力測定及び再現性について

求心性筋力、遠心性筋力において左右の級内相関係数は $r = 0.806 \sim 0.972$ であり、良好な再現性が得られた。

全足趾足趾力と第一～第五各趾足趾力の測定値から求心性筋力、遠心性筋力及びその左右の平均値と標準偏差を求めた。左全足趾足趾力と第一～第五各趾の求心性筋力の平均値と標準偏差は $12.3 \text{ kg} \pm 4.0$, $10.7 \text{ kg} \pm 4.6$, $5.4 \text{ kg} \pm 2.2$, $4.7 \text{ kg} \pm 2.3$, $4.0 \text{ kg} \pm 2.1$, $1.9 \text{ kg} \pm 1.6$ となった。右全足趾足趾力と足趾における足趾力の平均値と標準偏

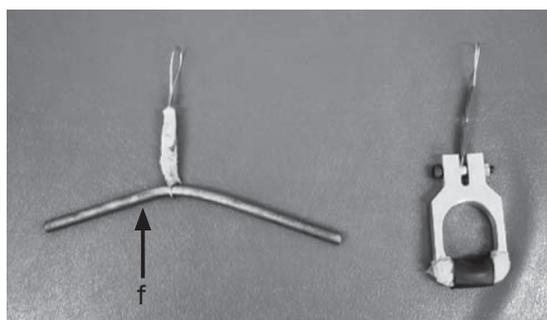


図2 全足趾測定棒及び足趾リング
f: 全足趾測定棒 (S45C 製)
Fig. 2 New device and Thumb ring
f: New device (S45C)



図3 足趾力測定装置
Fig. 3 Strength of foot flexor device

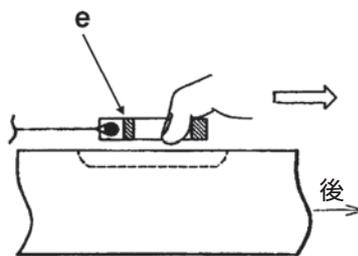


図4 求心性筋力
Fig. 4 Concentric contraction

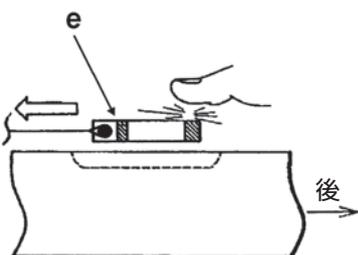


図5 遠心性筋力
Fig. 5 Eccentric contraction

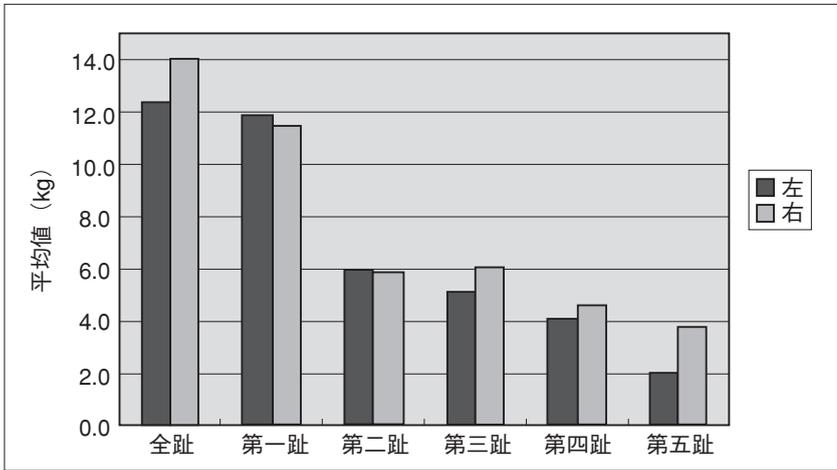


图6 求心性筋力平均值(男性)
Fig. 6 Flexional force out put (male, Concentric contraction)

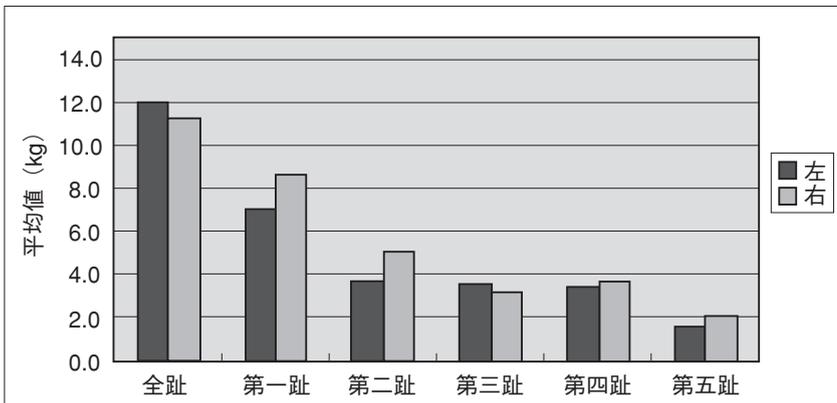


图7 求心性筋力平均值(女性)
Fig. 7 Flexional force out put (female, Concentric contraction)

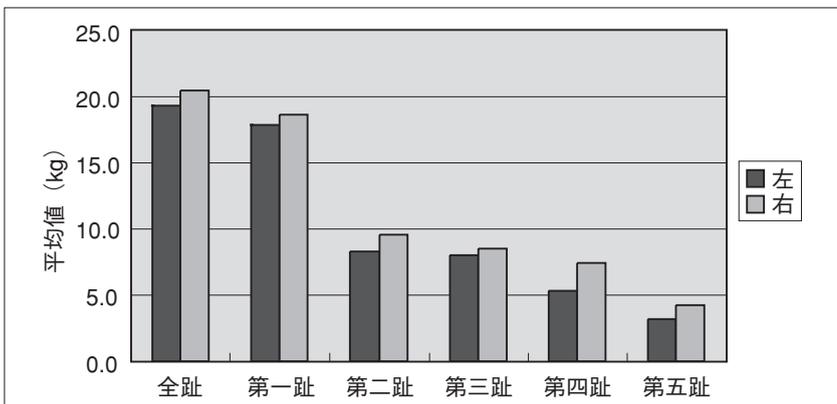


图8 遠心性筋力平均值(男性)
Fig. 8 Flexional Force out put (male, Eccentric contraction)

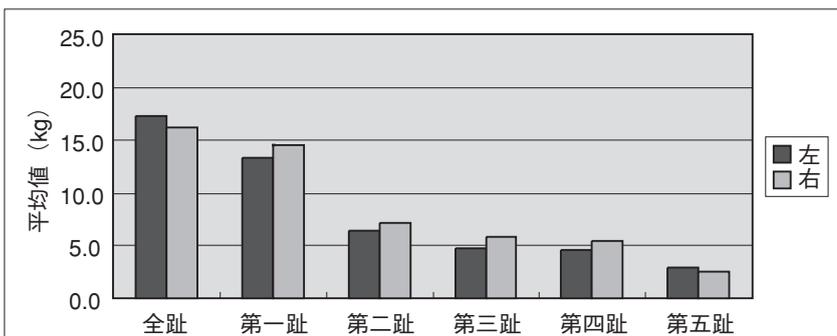


图9 遠心性筋力平均值(女性)
Fig. 9 Flexional Force out put (female, Eccentric contraction)

差はそれぞれ13.3 kg±4.6, 10.9 kg ±4.4, 5.7 kg ±2.3, 5.4 kg ±2.7, 4.5 kg ±2.6, 2.8 kg ±2.1となった。左全足趾足趾力と第一～第五各趾の遠心性筋力の平均値と標準偏差は18.8 kg ±6.6, 16.9 kg ±5.2, 7.9 kg ±2.5, 7.2 kg ±3.2, 5.2 kg ±2.4, 3.1 kg ±2.3となった。右全足趾足趾力と足趾における足趾力の平均値と標準偏差はそれぞれ19.5 kg ±6.2, 17.6 kg ±5.3, 8.9 kg ±3.1, 7.8 kg ±3.5, 6.9 kg ±3.6, 3.8 kg ±2.8となった。今回は平均値が得られたデータは全データ中95.4%であった (図6～9)。

2. 全足趾と第一趾における足趾力の比較

1) 全足趾および第一趾求心性筋力

男性についての値は全足趾では最低値4.5 kg、最高値28.0 kg、第一趾では最低値4.0 kg、最高値32.0 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は全足趾では左足12.4 kg ±4.3、右足14.1 kg ±4.9、

第一趾では左足11.9 kg ±4.7、右足11.5 kg ±4.7となった。また女性についての値は全足趾では最低値7.0 kg、最高値17.5 kg、第一趾では最低値3.5 kg、最高値12.5 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は全足趾では左足11.9 kg ±3.8、右足11.2 kg ±3.6、第一趾では左足7.1 kg ±2.1、右足8.6 kg ±2.6となった (図10、11)。

2) 全足趾および第一趾遠心性筋力

男性についての値は全足趾では最低値7.0 kg、最高値33.5 kg、第一趾では最低値6.0 kg、最高値34.0 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は全足趾では左足19.3 kg ±7.0、右足20.5 kg ±6.3、第一趾では左足17.8 kg ±5.2、右足18.6 kg ±5.1となった。また女性についての値は全足趾では最低値10.0 kg、最高値26.0 kg、第一趾では最低値7.0 kg、最高値25.0 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は全足趾では左足17.3 kg ±5.9、右足

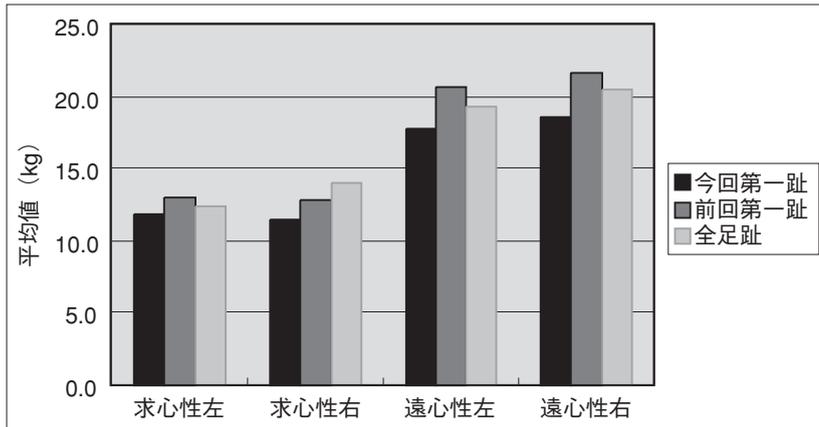


図10 足趾力平均値 (男性)
Fig. 10 Ave. of flexional force output (male)

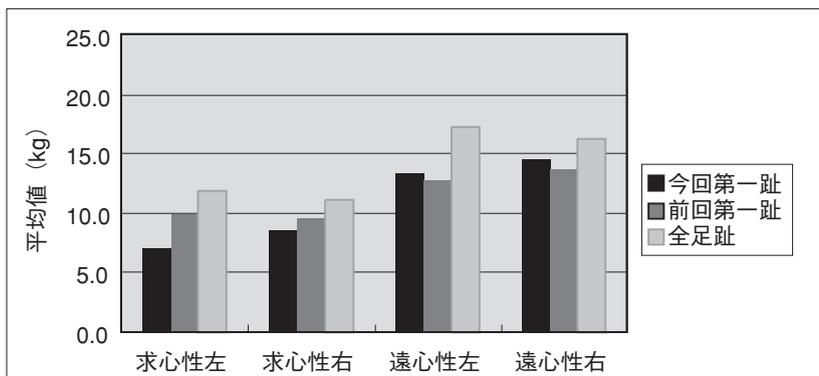


図11 足趾力平均値 (女性)
Fig. 11 Ave. of flexional force output (female)

16.3 kg \pm 4.8、第一趾では左足13.4 kg \pm 5.0、右足14.6 kg \pm 4.9となった（図10、11）。

IV. 考 察

前回の報告では試作した足趾力測定器による測定値が高い再現性を得たことを確認した。第一～第三各趾において測定値の再現性は確認できたものの、第四、五趾では欠損値が得られ測定方法に課題を残した。本研究では前回試作した足趾力測定器に改良を加え、それを用いて足趾力を測定し全足趾と第一～第五各趾において求心性筋力、遠心性筋力の測定が可能となった。第一趾においては前回と同様すべての値を得られ高い再現性が認められた。

今回測定した測定値の再現性に関して、級内相関係数は $r = 0.806 \sim 0.972$ であり、前回と同等に良好な再現性が得られた。前回の測定では装置の測定能力上、5 kg 未満の値と全趾の値が測定できなかったが、今回は足趾力測定器の改良により、5 kg 未満の測定と全足趾の測定を可能となった。また、求心性筋力及び、遠心性筋力の2つの筋力についてそれぞれの値を測定することが可能であった。前回と同様に今回の測定は、ほぼすべての値において測定値を得ることが可能となり、さらに全足趾の測定値も得ることができ、改良効果が見られたと考えられる。前回においては第二～第五各趾の測定の場合に、数値が5 kg 未満となり欠損値となった。測定値が得られたデータは、全データ中77.5%であった。しかし今回は得られたデータは全データ中95.4%であり、これは前回よりも高い数値を示している。すべての測定値において0 kg もしくは値が得られなかったという欠損値は前回は22.5%であるのに対し、今回は4.6%であり大幅に減少している。これより、今回の改良は前回の数値より高い再現性が得られ、さらに今回の測定は前回よりも微小な筋力の測定が可能となったと考えられる。また4.6%の欠損値が発生した理由としては、測定開始時にうまく屈曲で

きない、足趾が足趾リングの内径と外径の幅よりも小さいなどで足趾リングを把持できない事柄があげられる。また、測定後に、隣接する足趾に痛みが生じた症例があり、これは足趾リングを握る際に、隣接する足趾にも力が入ることで、足趾リングの側面の金属部分に接触した為であると考えられる。今後これらの疼痛発生の予防に、足趾リングの横の幅を薄くしたり、もしくは緩衝材を用いることによる足趾リングの改良が必要だと考えられる。

村田¹⁾らの報告によると足把持力は男性平均12.7 kg \pm 3.6、女性平均8.3 kg \pm 2.8であった。本研究においては全趾の値は男性の求心性筋力における平均値と標準偏差は左12.4 kg \pm 4.3、右14.1 kg \pm 4.9、遠心性筋力左19.3 kg \pm 7.0、右20.5 kg \pm 6.3であった。女性は求心性筋力左11.9 kg \pm 3.8、右11.2 kg \pm 3.6、遠心性筋力左17.3 kg \pm 5.9、右16.3 kg \pm 4.8であった。村田らの報告による足把持力と本研究の双方の共通点は求心性筋力で男性は類似した値を示しており、女性は若干高い値を示している。本研究は日頃からトレーニングを行っているスポーツ選手を対象とした為、日頃のトレーニング効果から足趾筋力が優れているのではないかと推測された。しかし、今回の測定値の比較からは有意な差は見出せなかった。このことは、各スポーツ間の特性を比較検討するには十分な被験者数を獲得することができなかった為と考えられ、スポーツ間の特性を比較するため、対象者を増やす必要があるという点が課題となった。

中村ら²⁾の文献によると足趾の屈曲運動において、主動作筋は長指屈筋と長母指屈筋であるといわれている。これより全足趾と第一趾足趾力の比較を行うと全足趾の値と第一趾足趾力の値では求心性、遠心性共に全足趾の測定値の方が高い値を示した。これは全足趾の屈曲運動が第一趾足趾筋の単独の運動を表すのではなく、長指屈筋と長母指屈筋の複合運動により屈曲運動が行われていることを示唆している。また結果より第二～第五趾の値と比べても全足趾の値と第一趾の値が近い値を示している。これからも、全足趾の測定におい

て第一趾が足趾筋力に重要な役割を果たしていると考えられた。

V. まとめ

本研究は、前回作成した足趾力測定器を改良し、その測定値の再現性を確認し、スポーツ選手を対象として全足趾および各足趾の求心性筋力、遠心性筋力の測定が可能かどうかを検証し、今回、得られた数値を検討し、以下の結果が考えられた。

- 1) 前回作成した足趾力測定器を改良し、スポーツ選手の全足趾と第一～第五各趾の求心性筋力、および遠心性筋力の測定を実施した。
- 2) 改良した足趾筋力測定器による測定は、全足趾および第一～第五各趾の測定値において高い再現性を示した。
- 3) 得られた測定値は前回よりも欠損値が少なく、微小な筋力の測定が可能となった。
- 4) 裸足で行われるスポーツ種目、靴を履くスポーツ種目による測定値の差は見出すことはできず、今後、各々のスポーツ種目に対する対象数を増やし比較検討する必要があると考えられた。

参考文献

- 1) 村田 伸, 忽那龍雄: 足把持力測定の試み, 理学療法の科学, 17(4): 243-247, 2002.
- 2) 中村隆一, 齋藤 宏, 長崎 浩: 足関節と足の運動, 基礎運動学第6版, 250-261, 2003.



野球選手の手指血行障害の実態

西村典子 (スポーツ教育センター) 中村 豊 (スポーツ医学研究所)

恩田哲也 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

伊藤栄治 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

Circulatory disturbances in the fingers of baseball players

Noriko NISHIMURA, Yutaka NAKAMURA, Tetsuya ONDA and Eiji ITOH



Abstract

The purpose of this study is to report the factors of circulatory disturbances in the fingers of baseball players and the symptoms of those and to investigate the incidences by the administration of a questionnaire. The respondents were 804 players belonging to clubs in junior high school, high school, and universities. According to questionnaires, 202 players (25.1%) were aware of circulatory disturbances in their fingers, and there were most replies having circulatory disturbances in the catching hand with index finger.

Especially players of a position with much catching balls frequency, such as a catcher and a first baseman, seem to have the high rate of having circulatory disturbances from repetitive ball impact. No relation to their positions, the appearances of circulatory disturbances in the fingers was remarkably increased from 4 to 7 years from beginning baseball that suggested this period would be needed the device and the measure of practice method for prevent or relief from repetitive ball impact.

The various factors seem to be relative causing the appearances of circulatory disturbances in the fingers, such as years of experience playing baseball, their position, their using globes or mitts, temperature, ground condition, smoking custom and so on.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 100-106, 2006)

I. はじめに

野球における手指血行障害は以前から認知されている障害の一つであり、その発生頻度や程度などについては捕球動作の反復ストレスによるものや投球動作そのものがもたらす指の過伸展ストレスによるものなどが散見されるが、肩や肘に比べるとその傷害に対する予防や治療については依然不明な点も多い¹⁻⁵⁾。野球の競技シーズンが主に

春から秋にかけての比較的気温の高い時期にあるため、低温環境によって発生しやすい手指血行障害の実態を十分に把握するにはいたっていないのが現状である。野球の現場では手指血行障害による疼痛や感覚障害などから、競技パフォーマンスの低下をきたしていることが問題となっている。

今回手指血行障害を訴える野球選手を経験し、競技に対する影響や発生過程など、長年にわたる野球競技における手指血行障害の実態を明らかにする。

Ⅱ. 対象および方法

1. 対象

中学校、高等学校、大学の硬式野球部に所属する選手804名を対象とした（表1）。

2. 方法

804名の硬式野球選手に対し、手指血行障害（疼痛や冷感、しびれ感などの感覚障害等）に関するアンケート調査を実施し、調査分析を行った。主な調査項目は、手指の疼痛やしびれ感、冷感などの感覚障害の自覚の有無、症状発生手指、症状

を感じる時期とその程度、主な守備位置、競技年数、喫煙の有無（大学生のみ）等である。

Ⅲ. 結 果

野球の競技中に手指の疼痛やしびれ感、冷感などの感覚障害の発生を自覚する選手の割合を図1に示す。全体では804名中202名（25.1%）の選手が手指の疼痛や感覚障害を自覚している。所属別では、大学生246名中67名（27.2%）、高校生524名中133名（25.4%）、中学生34名中2名（5.9%）であった。

表1 手指血行障害調査の対象

Table 1 Subjects of our investigation about circulatory disturbances on fingers

	大学生	高校生	中学生	全体
投手	70	110	3	183
捕手	26	53	2	81
内野手	80	211	12	303
外野手	70	150	17	237
合計	246	524	34	804
年齢	20.6±13.3	16.4±0.53	13.5±0.50	17.6±7.7
競技年数平均	11.07±2.2	7.74±1.9	5.56±1.5	8.67±2.6

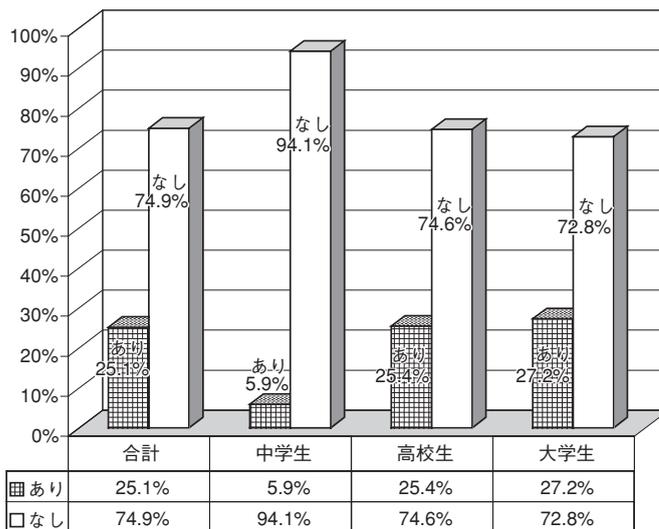


図1 手指の疼痛や感覚障害を自覚する選手の割合

Fig. 1 Percentage of players having pain or sensory disturbances on fingers

守備位置別に手指の疼痛や感覚障害を自覚する選手の割合（図2）では、内野手303名中88名（29.0%）、投手183名中51名（27.9%）、捕手81名中21名（25.9%）、外野手237名中42名（17.7%）の順で症状発生頻度が高くなっている。また守備位置別にみた症状発生部位では、投手は投球側示指49.0%、捕手は捕球側示指が81.0%、内野手は捕球側示指76.1%と捕球側示指に高い割合を示した（図3）。

であり、捕手は捕球側示指が81.0%、内野手は捕球側示指76.1%と捕球側示指に高い割合を示した（図3）。

競技年数別にみた手指の疼痛や感覚障害などの症状発生率では競技開始後4～7年で症状を自覚する選手の割合が顕著に増加し、その後はほとんど変化なく推移している。守備位置による顕著な

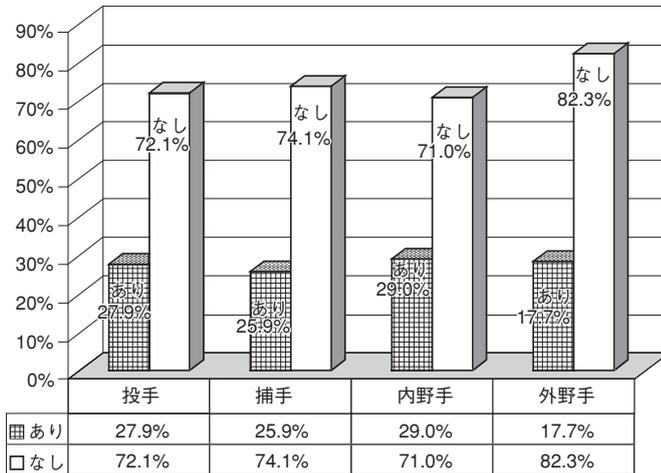


図2 守備位置別にみた手指の疼痛や感覚障害を自覚する選手の割合

Fig. 2 Percentage of players having pain or sensory disturbance on fingers in each position

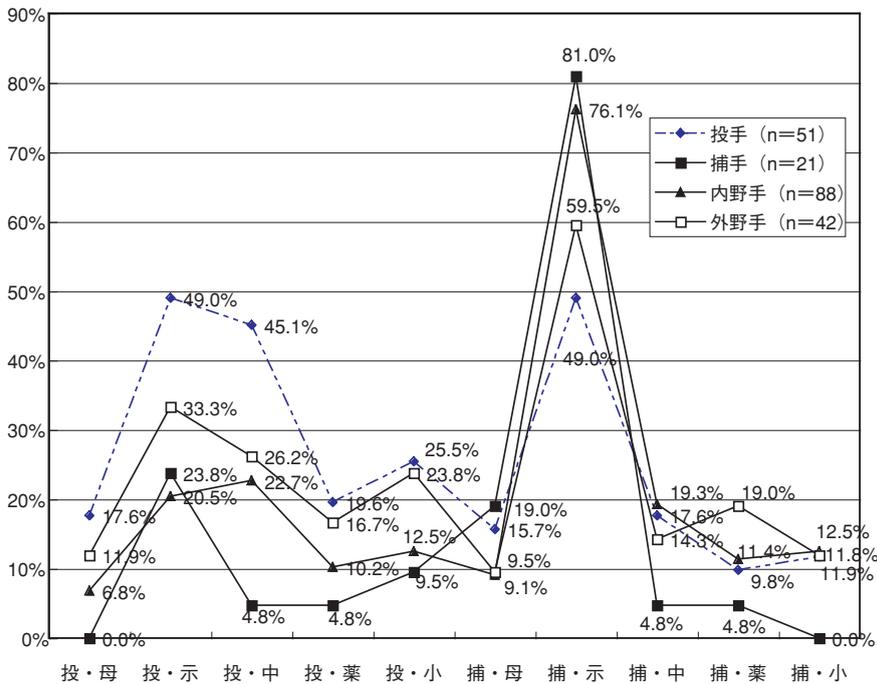


図3 守備位置別にみた自覚症状発生部位の割合

Fig. 3 Percentage of fingers having symptom in each position

野球選手の手指血行障害の実態

差は特には認められなかった (図4)。

大学生を対象とした喫煙に関する項目では、非喫煙群で手指の疼痛や感覚障害などの症状があると答えた選手が116名中22名 (19.0%)、なしと答えた選手が94名 (81.0%) なのに対し、喫煙群で

はこれらの症状があると答えた選手が126名中42名 (33.9%)、なしと答えた選手が82名 (66.1%) であった。これらの値にはそれぞれt検定による有意な差が認められた (図5)。

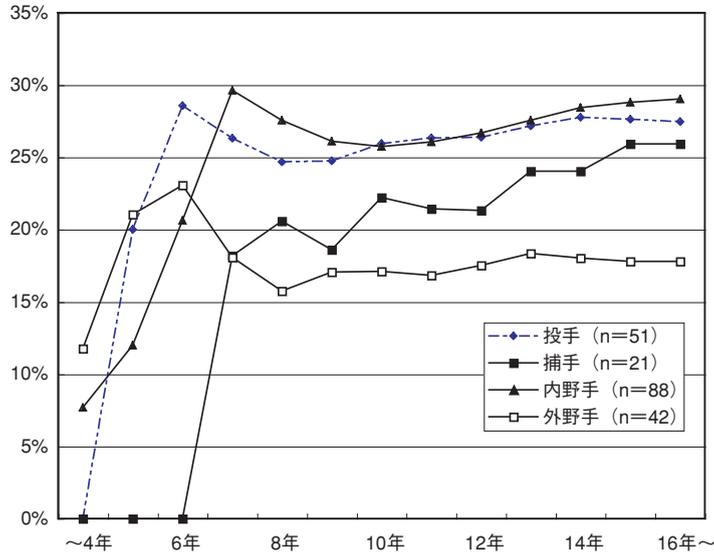


図4 守備位置別にみた競技年数と自覚症状の推移

Fig. 4 Relation between years of playing baseball and symptom of circulatory disturbance in each position

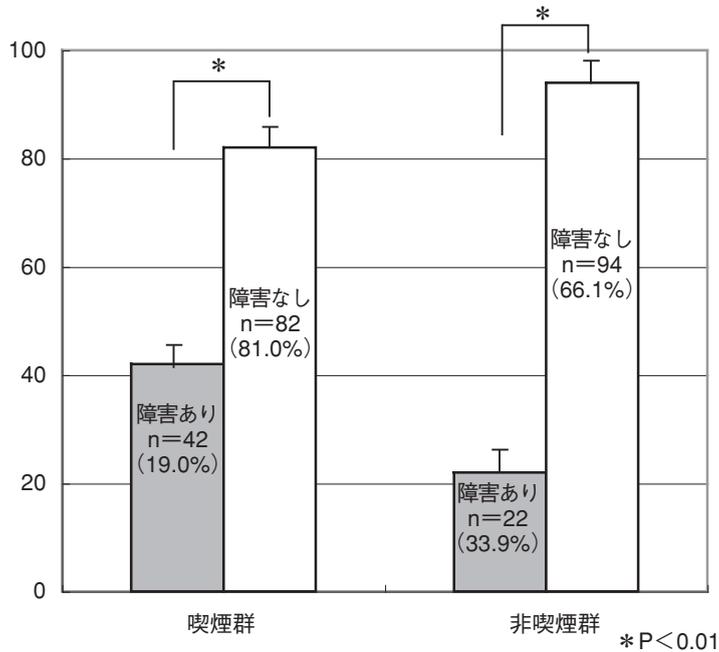


図5 喫煙と手指血行障害の関係

Fig. 5 Relation between smoking and symptom of circulatory disturbances on fingers

V. 血行障害が起こる発生要因と症状

1. 症状

血行障害を呈している手指は冷感、しびれ感、疼痛、チアノーゼ、血色不良などを伴うことがある²⁾。これらの症状によって手指のもつ巧みな感覚が麻痺することがあるため、捕球動作が十分にを行うことが出来ず、競技に支障をきたす場合がある。また一度衝撃を受けて痛めた手指の創傷、擦過傷などは非常に治りにくく、捕球動作が繰り返されることで痛みを伴う場合がある。これには末梢血液循環の不良が治癒遅延に影響を及ぼすことが考えられる。

2. 発生要因

1) 衝撃によるもの

グラブ捕球側にはボールの衝撃による振動ストレスが頻回に加わり、特に示指の付け根（MP 関節）付近で捕球することが基本的技術として要求される⁶⁾。示指 MP 関節に局限した捕球動作を繰り返すことは、掌側中手動脈を圧迫し、末梢血管

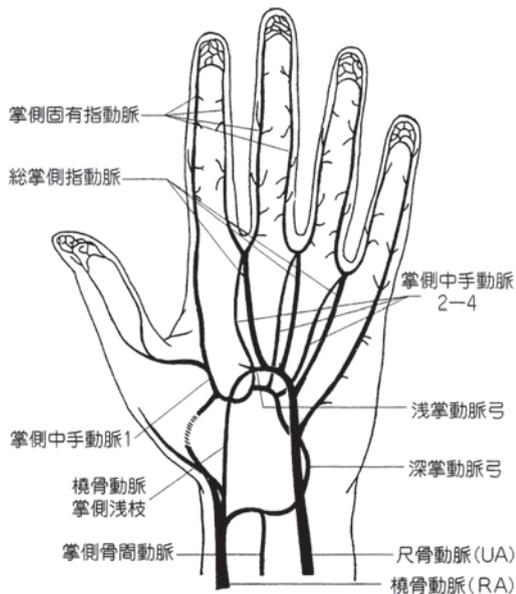


図6 手と手指における動脈の分枝 (文献7より引用)
Fig. 6 Arterial branching of hand and fingers (it quotes from reference 7)

への微細損傷によって示指先端部までの血行不良を引き起こす一因と考えられる (図6)⁷⁾。

捕球頻度が他のポジションに比べて高い捕手や一塁手などは、ポジション特性として手指血行障害を考慮した衝撃吸収緩和機能に優れているミットを使用しているが、末梢血管への微細損傷が回復する前に捕球による衝撃ストレスが繰り返されるため、やがては手指血行障害へと症状が進行する可能性がある。

2) 投球動作によるもの

投球動作に関連したものとしては、投球側示指および中指の伸展ストレスによるものがあげられる。投手は競技レベルがあがるにつれて、多種多様な変化球を投げることが要求され、過度な伸展ストレスが繰り返されることで手指血行障害を起こすことが報告されている (図7)⁴⁾。

VI. 考 察

上肢を使った野球選手の動作において、投球動作による肩や肘などの血行障害が重要視されているが、捕球動作やバッティング動作での衝撃ストレスによる血行障害についても考慮する必要がある。今回アンケート調査を行った選手の25.1%

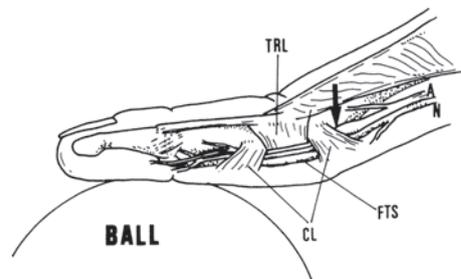


図7 ボールリリース時にみられる指伸展による血管神経束のentrapment (文献4より引用)

Fig. 7 Entrapment of blood and nerve bundle causing hyperextension of a finger releasing a ball (it quotes from reference 4)

TRL: 横支靭帯
CL: Cleland 靭帯
FTS: 屈筋腱鞘

(202名)が手指の疼痛やしびれ感、冷感などの感覚障害の発生を自覚しており、これらの症状は反復する衝撃ストレスもしくは投球時の伸展ストレスが手指の血行障害を引き起こしているものと考えられる。投手では投球による投球側示指、投球側中指、捕球側示指への血行障害と思われる自覚症状が多くみられたが、捕手や内野手では捕球動作における反復ストレスが原因と思われる捕球側示指への血行障害に関連する自覚症状が顕著にみられた。

捕球側示指への血行障害を訴えるポジションとしては捕手、一塁手があげられる。他のポジションに比べて捕球動作が圧倒的に多く、衝撃吸収を考慮されたミットを使用しているが、現状ではミットを使用しているも手指血行障害が起こりやすいといえる。池田は捕球側示指の血行障害に対し、スポーツ医学的な見地から緩衝材料を用いたミットの有益性を述べているが⁶⁾、現状ではその啓蒙が十分には活かされていないといえる。また次に遊撃手があげられるが、このポジションでは二塁への送球に対する捕球の反復ストレスがある。遊撃手は内野手の中でも守備機会の多いポジションであり、このポジションを守る選手は、衝撃吸収性よりも捕球のしやすさを重視したグラブ薄手のグラブを好む傾向があり、捕球時の手指血行障害を引き起こしやすいと考えられた。捕球のしやすい薄手のグラブは、結果として捕球による衝撃の反復ストレスによる手指血行障害を起こしていると考えられる。外野手は送球を捕球するという機会が少ないため手指血行障害の発生率は他のポジションに比べて低く、フライ捕球やゴロ捕球などによる衝撃は手指血行障害を起こすまでにはいたらないと考えられた。

手指血行障害の発生の多くは、選手の自覚的症状などから秋・冬などの低気温時に多く発生し、環境因子に左右されるといえる一方で、寒い地域にある高校が必ずしも血行障害発生率が高いとはいえず、環境因子以外の因子も関与していると考

えられた。

競技年数別にみた手指血行障害発生率ではポジションに関わらず、競技開始後4～7年で手指血行障害の発生率が顕著に増加しているが、その後競技年数を重ねても特にその発生率に変化はみられなかった。4～7年というこの時期に手指血行障害が著しく増加する原因として考えられるのは、個体の発育段階による成長期特有のものであるか、単なる競技年数によるものなのかは明確ではないが、両方の要因がからむと考えられる。

今回対象となった野球選手の平均競技開始年齢が8.58歳（最年少2歳、最年長15歳）であり、小学校低学年頃から野球をはじめの選手が多く、中学から高校にかけては練習量や専門的なポジション特有の練習が増えるなど練習環境が変化することが想定され、この時期が競技年数4～7年に相当すると思われる。練習量とともに捕球動作、特にグラブをはめたときの示指の扱いなどで、反復ストレスによる衝撃は変化するため、この年代にあたる野球指導者は手指血行障害に対する予防策や指導法などを検討することが重要であると考えられる。

大学生を対象とした喫煙に関する項目では喫煙群での手指血行障害発生率が非喫煙群に比べて有意な差がみられた。喫煙は末梢血液循環に影響を与え、手指血行障害の発生を助長させるため、行っていない習慣として、広く認知されているものである。本来はスポーツ選手が喫煙習慣をもつことはスポーツ道徳に反することであるが、現状ではスポーツ選手の喫煙習慣も黙視されている。喫煙によって末梢血液循環が悪くなり、そこに捕球による反復ストレスが繰り返されることで手指血行障害が増悪することが考えられる。

今回の調査において、喫煙習慣のある選手と喫煙習慣のない選手では手指血行障害の発生頻度に有意差がみられることから、改めて、喫煙は末梢血液循環に悪影響を及ぼすと考えられる。

Ⅶ. まとめ

- 1) 野球選手の手指血行障害について、アンケート調査をもとに検討したところ、25.1%の選手に手指血行障害と思われる自覚症状がみられた。
- 2) 手指血行障害の発生には競技年数、守備位置、気温、喫煙、使用グラブ、練習環境などが複合的に関与することが推察されるため、練習量の増加やポジション特性を考慮した練習を行うことが予想される競技開始後4～7年の選手を指導する者は手指血行障害に対する予防策や指導法などを検討することが重要であると考えられる。
- 3) 手指血行障害が競技パフォーマンスに影響を及ぼす実態を把握し、適切な予防策と障害に対する効果的な改善法の確立を検討することが望まれる。

Ⅷ. 要 約

本研究は野球選手の手指血行障害についての発生要因と症状について報告し、アンケート調査をもとにその実態を把握し、検討したものである。アンケート結果においては804名中202名(25.1%)の選手が手指血行障害を自覚していると回答し、捕球側示指への血行障害の発生率が最も高い結果となった。捕手や一塁手など捕球頻度の多いポジションの選手は特に血行障害の発生率が高く、

捕球衝撃の反復ストレスが手指血行障害を引き起こす一因と考えられる。またポジションに関わらず、野球競技開始後4～7年で手指血行障害の発生率が顕著に増加することから、この時期に衝撃による反復ストレスを回避もしくは軽減させるための練習方法の工夫や対策を取る必要があると考えられる。手指血行障害の発生には競技年数、守備位置、気温、喫煙、使用グラブ、練習環境などが複合的に関与することが推察される。

参考文献

- 1) Lowrey CW, Chadwick RO, Waltman EN: Digital vessel trauma from repetitive impact in baseball catchers. *J. Hand Surg.* 1: 236-238, 1976.
- 2) Sugawara M, Ogino T, Minami A, Seiichi I: Digital ischemia in baseball players. *Am. J. Sports. Med.* 14: 329-334, 1986.
- 3) 宮本俊和: スポーツ領域のサーモグラフィの応用. *Biomedical Thermology*, 21(2): 45-51, 2001.
- 4) Itoh Y, Wakano K, Takeda T, Murakami, T: Circulatory disturbances in the throwing hand of baseball pitchers. *Am. J. Sports. Med.* 15: 264-269, 1987.
- 5) 伊藤恵康, 久保井二郎, 鶴飼康二, 綾部敬生, 奥山訓子, 平野圭司: 投球による手および指の障害—その治療と予防—. *臨床スポーツ医学*18号2巻: 143-148, 2001.
- 6) 池田浩之: 野球選手の手指血行障害. *臨床スポーツ医学*5号8巻: 891-896, 1988.
- 7) 伊藤恵康: Lumbrical canal syndrome, *OS Now* スポーツ整形外科新装改訂版, 四肢スポーツ外傷の手術的治療. 林 浩一郎編, メジカルビュー社, 1996, 132-137.



大血管冷却による体温変化

中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 吉田早織 (体育学部非常勤講師)

筒井稔久 (医学部付属大磯病院リハビリテーション技術科)

金子雅明 (医学部付属大磯病院リハビリテーション技術科)

Change of the temperature by cooling a great vessel

Yutaka NAKAMURA, Saori YOSHIDA, Toshihisa TUTUI and Masaaki KANEKO



Abstract

Although lowering temperature by cooling the great vessel which runs a hypodermic shallow place is a method performed at the time of a heat disorder, since it is complicated, man's regulation mechanism of body temperature of whether temperature falls is not clear. Two healthy college students were made into the subject in this experiment. By cooling the great vessel which runs a hypodermic shallow place, it experimented in how much temperature is lowered. As an index of core temperature, the temperature of external acoustic meatus was measured and the temperature of the skin was measured as an index of a peripheral shell temperature.

The picture obtained from thermography was analyzed and a peripheral skin temperature was measured.

A measuring method stuffs ice into the ice back, and cools directly the neck to which a great vessel runs the portion shallow from the surface of the skin, axillar and inguinal region. Cooling time was made into 20 minutes by the longest. The position of a cooling part and a temperature measurement part set up eight conditions. It observed how much the neck would be cooled and core temperature and a peripheral shell temperature would change. It observed how much axillar portion would be cooled and core temperature and the skin temperature of the upper extremity would change. It observed how much inguinal portion would be cooled and core temperature and the skin temperature of lower limb would change. Temperature change when cooling the neck, axillar portion, and inguinal portion simultaneously was measured. Next, the subjective symptoms in these conditions were recorded.

The fall tendency was not looked at by the skin temperature of the limbs made into the peripheral index. and the temperature of external acoustic meatus made into the index of the core temperature. And as for such temperature, the upward tendency was felt a little. However, in the analysis of the skin temperature by thermography, the fall of temperature accepted by the tip from the cooling portion. And the extent accepted so notably that it goes to a tip. It is thought that this experiment may have become the factor from which a cooling act raises temperature since it is not not high temperature environment but the situation which carried out the temperature rise again, either. Moreover, a possibility of having become the factor to which cooling in a great vessel reduced blood temperature, and lowered temperature can be considered.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 107-113, 2006)

I. はじめに

人間は恒温動物であるから体温はほぼ一定に保たれ、高温環境では熱の放散がなされ、寒冷環境では熱の産生が行われ、この両者の熱のバランスが保たれて人間は一定体温を保っているのが通常である。近年ではこの熱の平衡が破綻し熱が体内にうつ熱する状態に至ったのが熱中症であることは広くスポーツ界に理解されることとなっている。

高温多湿環境で発生する熱中症はスポーツ現場で起こる死亡事例としていまだに重要性が高く、不慮の事故による死亡を除いてスポーツ現場で起こる死に至る問題としては突然死と並んで大きな問題である。

しかし実際に熱中症が発生した時のスポーツ現場の処置としては患者を日陰や風通しの良い環境へ移し、体を冷却することは行われているが、この具体的な方法は是非や有効性の目安は不明瞭な点が多い。

推奨される冷却方法として15℃程度の水と45℃程度の空気を一緒に噴霧したり、皮下の浅い部分の大血管を直接冷却する方法などが紹介されている¹⁾が、これらの方法で体温の低下がどの程度もたらされるかは不明瞭である。

本稿では健康人を対象とした大血管の冷却により皮膚温及び深部体温がどのように変化するかを検討した。

II. 研究方法

1. 対象

健康成人（大学生）2名で、内分泌疾患および発汗に特別に異常のない者とした。年齢は19～20歳の男性で、身長は164～170 cm、体重は62～65 kg で特にスポーツ歴はない者であった。

2. 方法

実験期間内の平均室温は約23℃、平均湿度58%の無風の室内環境での実験で、床にストレッチマットを敷き、その上に仰臥位になり体温測定を行った（図1）。皮膚測定は日本アビオニクス社赤外線サーモグラフィー TVS-200による温度解析にて測定し、さらに末梢皮膚の温度としてテルモ社製の定点皮膚温測定器（深部温モニターコアテンプ CNM-210）にて表面温度を測定し、深部温度として耳式体温測定器 M30（EM-30CPLB）にて外耳道部の温度測定を行った（図2）。

冷却方法はアイスバックにブロック氷を充填し、大血管が皮下の浅部を走行する頸部、腋窩部、単径部を直接冷却した（図3）。

測定時間は20分を原則とし、被験者の冷感限界をもって測定時間を設定した。経過は測定前と冷却開始後2分間隔で測定を行った。

測定条件は表1の如くに8条件を設定し測定を行った。冷却開始とともに冷却部の自覚症状を記

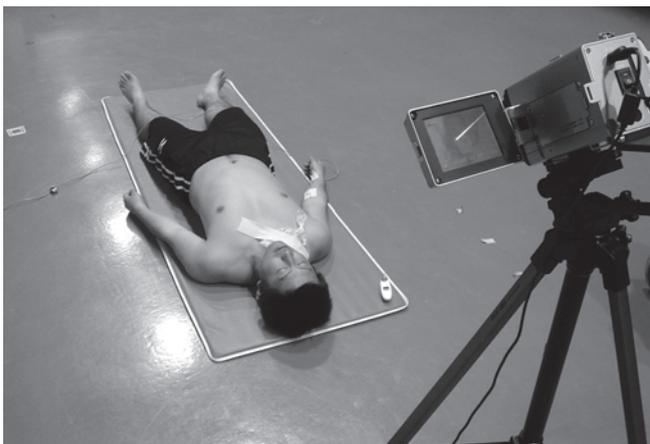


図1 サーモグラフィー撮影
Fig. 1 Thermography

大血管冷却による体温変化

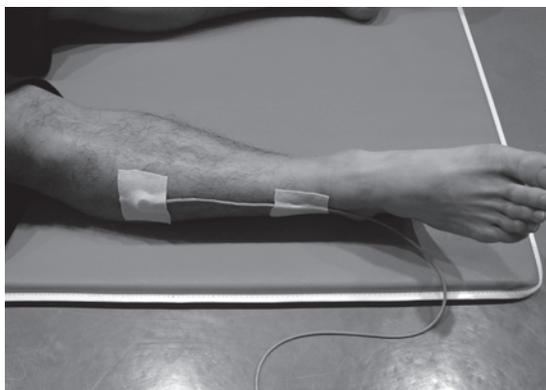


図2 体温測定器
Fig. 2 Instrument for measuring of body temperature



図3 冷却方法
Fig. 3 Cooling method

表1 測定条件
Table 1 Conditions of measurement

測定条件	冷却部位						皮膚温測定部位					耳温度	
	右頸部	左頸部	右腋窩	左腋窩	右桡径部	左桡径部	右前腕	左前腕	右下腿	左下腿	前胸部	右耳	左耳
1)	●						●						●
2)	●						●					●	
3)			●				●					●	
4)				●			●					●	
5)					●				●			●	
6)						●			●			●	
7)			●	●	●	●				●		●	
8)	●	●	●	●	●	●				●		●	

●：実行条件

載し、頸部冷却の場合は冷却側と同側の外耳道温度（深部体温）と反体側の測定との2条件を設定し測定を行った。腋窩部の測定では冷却側と同側の前腕皮膚温度と反体側の前腕皮膚の温度の2条件で測定し、深部体温として右側の外耳道温度を測定した。単径部冷却でも同様に冷却側と同側の下腿前面と反体側との皮膚温度の測定し、深部体温として右側の外耳道温度を測定した。さらに両側単径部および両側腋窩部の同時冷却による前胸部の皮膚温度変化と外耳道温度を測定し、最後に両側頸部、腋窩部、単径部の同時冷却を被験者の冷感限界内で行い、前胸部皮膚温度と外耳道温度を測定した。

3. 観察項目

以下の点に着目して冷却経過における外耳道温度、皮膚温度、サーモ画像分析から得られた温度計測値を用いて体温変化を検討した。

- ①頸動脈部冷却による外耳道温度および顔面皮膚温度の変化
- ②腋窩部冷却による深部体温変化と上肢皮膚温度の変化
- ③単径部冷却による深部体温変化と下肢皮膚温度の変化
- ④頸部・腋窩部・単径部同時冷却による深部体温変化と体幹皮膚温度の変化
- ⑤各冷却条件下における自覚症状

Ⅲ. 研究結果

頸動脈部の冷却による体温変化は20分の経過で深部体温の外耳道温度や前腕部での温度測定では大きな変化は見られず、外耳道温度は 36.5 ± 3 ℃内を推移し、前腕皮膚温度は冷却側においても反対側の皮膚温度においても差が見られず、 32.7 ± 3 ℃で推移したがいずれも冷却前の皮膚温度から若干の温度上昇傾向が感じられた。サーモグラフィからの解析温度では特に顔面皮膚温度に低下は認めなかった。

腋窩部冷却による深部体温変化と上肢皮膚温度の変化では深部体温の指標とした外耳道温度の数値には変化が見られず低下傾向は示されなかった。冷却側の上肢皮膚温度は前腕にてモニターされたが、数値上は変化が少なく 31.8 ± 2 ℃で推移した。しかし8分経過頃より第4、5指にシビレ感を覚え、終了の20分経過頃では手全体のシビレ感を訴えていた。サーモグラフィからの定点温度解析では $1.0 \sim 1.7$ ℃の皮膚温低下を示していた（図4）。

図5に示されているように単径部冷却による深部体温変化と下肢皮膚温度の変化では上肢の場合と同様に深部体温の指標とした外耳道温度には大きな変動が見られず、また下腿前面に貼り付けた皮膚温度測定の数値には大きな変化はなく、むしろ若干の上昇傾向をも示した。しかしサーモグラフィからの温度解析では低下傾向を示し、足部や足趾では10分経過頃より低下が著明となり、表2が示すように踵部 1.41 ℃の低下で低下率は5.79%で下肢全体の定点解析では第2位の低下率となった。自覚的症状は8分経過頃より足趾にシビレを覚え、20分経過頃には足全体に動かしづらさを訴えていた。

頸部・腋窩部・単径部同時冷却による深部体温変化と体幹皮膚温度の変化では深部体温としての外耳道温度にはほとんど変化が見られず、むしろ冷却以前より体温が上昇している経過を示した。前胸部の皮膚温に低下傾向はなく、冷却前より $0.7 \sim 1.0$ ℃上昇した値で推移した。自覚症状は冷感が強く冷却直後の2～4分後より四肢のシビレ感が出現し、6分頃では足趾全体のシビレ感となり10分以降は四肢末端から腕全体のシビレ感や指・足趾を自動運動させる行為が頻回となり16分で冷却の許容限度となった。

Ⅳ. 考 察

皮下の浅い部分を走行する大血管をアイスバックにて直接冷却することによる体温変化をみる今回の実験では温度計の測定数値からは体温低下を

確認することはできなかった。深部体温の指標とした外耳道温度と、末梢の体温指標としての定点皮膚温度の変化に関しては温度の低下傾向はなく、設定した各条件下でほとんど温度変動が見られないかむしろ若干の上昇傾向を示した。しかしながらサーモグラフィー画像による赤外線皮膚温度解析では冷却部位の末梢部分に相当する四肢には温度の低下が見られ、その傾向は末梢になればな

るほど顕著に見られた。

人間における体温調節システムにはさまざまな機構が存在する。今回の研究では著熱環境下でもなくまた寒冷環境下でもない平均室温23℃程度で湿度約58%の室内環境での体温測定であるために熱中症が発生する高温多湿環境とは異なるために体温調節機構の関わり方も熱中症が発生する時の体温調節反応とは異なると考えられる。

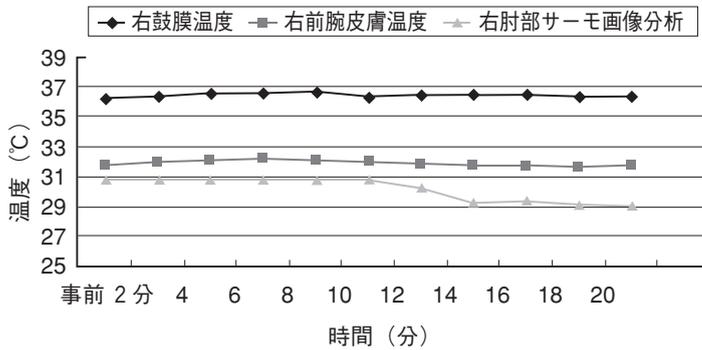


図4 腋窩部冷却時体温変化
Fig. 4 Change of temperature at the time of cooling by axillar portion

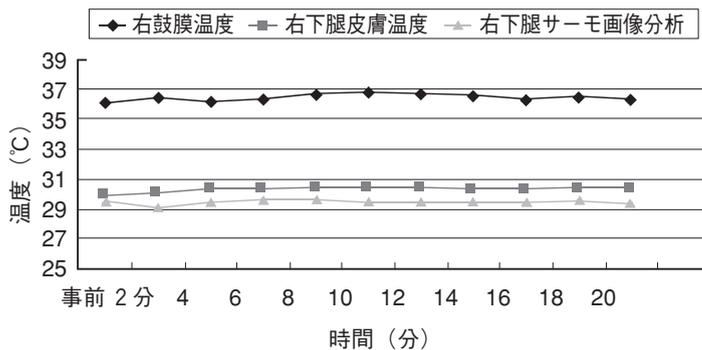


図5 単径部冷却時の体温変化
Fig. 5 Change of temperature at the time of cooling by inguinal portion

表2 サーマグラフィー画像解析による体温変化
Table 2 Change of temperature by analysis of thermography picture

	事前	16分後	低下温度	低下率 (%)
膝部	29.48	29.4	0.08	0.27%
下腿部	29.61	29.47	0.14	0.47%
足関節部	26.86	26.05	0.81	3.02%
踵部	24.36	22.95	1.41	5.79%
足趾部	22.8	20.25	2.53	11.10%

熱中症が現場で発生した際に行われる冷却方法として皮下の浅いところを走行する大血管を冷却する方法が推奨されているが、今回の実験結果からは数値として体温低下を認めることはなく、むしろアイスパックが皮膚に当てられたための低温刺激がフィードフォワード (feed forward) として体温調節システムに機能したことも考えられる²⁾。このことは冷却前の皮膚温度に対し深部体温の指標とした外耳道の温度がわずかに上昇傾向を示し、その後低下傾向を示したことでフィードフォワード (feed forward) として皮膚の感覚受容器が機能し体温調節システムに関与したためとも考えられるが、今後さらに症例を重ね詳細に検討する余地があると考えられた³⁾。

今回の研究から皮下の浅いところを走行する大血管を冷却する方法の妥当性に関してはフィードフォワード (feed forward) として機能したことも妥当性はあると思われるが、主にサーモグラフィーの画像分析からその方法の有効性が判断された。サーモグラフィー画像解析による温度測定では明らかに冷却部の末梢に行く程に皮膚温の低下が見られ、非冷却側との比較でも指尖や足趾では程度が著しく、また自覚症状でもシビレ感覚の出現や、足趾を動かす行為が見られたことなどから判断できると思われる (図6)。足趾を動かす行為は一つの行動性の体温調節とも考えられ、求

心性の冷刺激が中枢に作用しているためと考えられる。

熱中症などの高温多湿環境下で起こる体温調節と今回の実験条件は被験者の身体状況と周囲環境が異なるため同等に有効性を検討することは困難であるが、皮下の浅いところを走行する大血管を冷却する方法は冷却部より末梢の皮膚温度を下げる効果は明らかであると考えられた。

V. まとめ

- 1) 健康成人2名を対象として、皮下の浅い部分を走行する大血管を冷却することにより皮膚温度及び深部体温がどのように変化するかを検討した。
- 2) 深部体温の指標とした外耳道の温度と体表面の皮膚温度の変化は温度計の測定数値からみて体温低下を確認することはできなかった。
- 3) 皮下の浅いところを走行する大血管を冷却する方法による体温低下作用への有効性はサーモグラフィーの画像解析から判断され、その程度は末梢になるに従い顕著になると考えられた。
- 4) 今回の研究環境は高温多湿環境下でもなくまた寒冷環境下でもなく、被験者の身体状況も

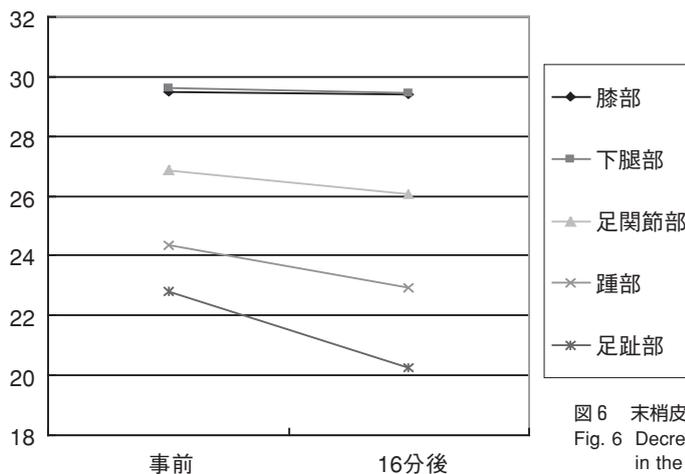


図6 末梢皮膚温度の低下率

Fig. 6 Decreasing rate of the skin temperature in the peripheral portion of the limbs

健常者であるため体温調節機構の関わり方も熱中症が発生する時の体温調節反応とは異なるものと考えられた。

参考文献

- 1) Khogali, M.: Management and therapy regimen during cooling and in the recovery room at different heat stroke treatment centers, in Heat strokes and temperature regulation, Academic Press, 171, 1983.
- 2) 平田耕造, 井上芳光, 近藤徳彦: 体温, 有限会社ナップ, 2002, 6-16.
- 3) Richards D, Schofield PJ, Ross V, Sutton JR: Management of heat exhaustion in Sydney's the Sun City-to-Surf fun runners. Med. J. Australia 2: 457-461, 1979.
- 4) 川原 貴: 夏のスポーツ事故と応急処置 熱中症, 臨床スポーツ医学, Vol.3, No6, 585-588, 1986.
- 5) 彼末一之, 中島敏博: 脳と体温, In: 大村 裕, 中川八郎編, 著熱・寒冷環境との戦い, ブレインサイエンスシリーズ23, 共立出版, 2000.



運動中の脳波計測手法の開発

曲谷一成 (電子情報学部電気電子工学科) 田中絢也 (電子情報学部電気電子工学科)
穂坂直也 (電子情報学部電気電子工学科) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

A development of the EEG measurement method under exercising

Kazunari MAGATANI, Junya TANAKA, Naoya HOSAKA and Tamotsu TERAO



Abstract

Our objective of this research is a development of the method that can detect Electroencephalograph (EEG) of an athlete under exercising. If EEG under exercising can be measured, we can assess the mental condition of the athlete. However, it is said that if a subject moves his/her body, EEG of subject cannot be measured without artifact. Because, signal level of EEG is very small, and body movements cause the electric noise between a skin and an electrode. Therefore, usually, EEG is measured in the shield room, and a subject is required rest in bed while measurement.

In this paper, we will discuss about our new measuring method that can detect EEG under exercising by using Independent Component Analysis (ICA). In our method, true EEG that is included in measured EEG is estimated and extracted by ICA. Five normal subjects under exercising were tested with our method, and in all cases EEG without artifact was able to be measured. So, we think our new method will be useful for the research of mental condition of the athlete.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.18, 89-95, 2006)

I. はじめに

一般に脳波、筋電図等の生体から発生する電気信号を記録する場合、シールドルームのように電磁雑音を遮蔽した空間において行うことが多い。これは、多くの生体信号が非常に微弱であり、外来雑音の影響を受け易いことによる¹⁾。記録する信号の帯域をある程度制限し、商用電力からのハム雑音をハムフィルタによりカットし、雑音の混入を極力避ける手法をとれば、電磁遮蔽せずにこれらの信号を記録することは可能である。

しかしながら、被験者が動いている際の生体信号の記録は一般には不可能であると言われている。

これは、上記の電磁雑音以外に、電極が体動に伴い振動することにより、雑音が混入することを防げないからである。特殊な用途を除いて生体信号の導出には皮膚表面に貼付するいわゆる表面電極が用いられる。多くの場合、この表面電極としては銀-塩化銀 (Ag-AgCl) 電極が用いられるが、皮膚表面とのコンタクトを良好に保つために、皮膚はエタノールにより脱脂され、その上に導電性ペーストを塗布して電極を貼付する。このように電極を装着した場合、皮膚表面と電極面の間には少なからぬ分極電圧 (数10 mV から数100 mV) が発生する²⁾。この分極電圧は被験者が安静にしている場合には、ペーストの乾き具合等によりある程度ドリフトするものの、ほぼ一定の値をとる。

しかしながら被験者の体が動いた場合、それに伴い電極が振動し、電極—ペースト間の間隔が変動することになる。この変動は分極電圧の変化を引き起こすため、体動による電極の振動に同期して分極電圧も振動的に変化することになる。

この体動に伴う分極電圧の変化は脳波のような微弱な信号（数10 μV から数100 μV ）に対して著しく大きい（数10 mV から数100 mV）ため、測定した場合には信号対雑音比は劣悪なものとなる。この体動に伴って発生する雑音は周波数的に見ると低周波成分（数10 Hz 以下程度）が殆どで、多くの場合測定したい生体信号と周波数帯域が重複する。従って単純な周波数帯域を制限するフィルタで、雑音を排除しようとするれば、測定したい生体信号までも排除してしまうことになる。このような理由から、脳波のように信号が微弱な生体信号を運動時に測定することは困難であると言われている。

一方、脳波は脳のマクロな活動状態を表す指標の一つである。ミクロな脳の活動状態を評価するには適していないが、脳波は電極の貼付位置の直下を中心として広がる比較的広範囲な部分の脳の活動状態を電気信号として記録することができる。測定手法が比較的簡易であることから、古くから脳研究に用いられており、精神状態と脳波の持つ周波数スペクトルとの関係がある程度解明されている。このため、運動中の脳波を記録することが可能であるならば、運動している被験者の精神状態をある程度把握することが可能となり、スポーツ選手の練習における有力な評価指標の一つとなる可能性がある。

我々はこのような理由から、運動する被験者の脳波を雑音を除去して記録する手法の開発を試みている^{3,4)}。上述のような状態で導出される、雑音の混入した脳波では、主たる雑音成分だけが計測できるならば、非線形デジタルフィルタを構成して雑音の除去ができる可能性がある。ここでは、加速度センサを被験者の頭部に装着し、運動時に現れる体動を原因とした頭部の加速度を、脳波と同時に計測した。この雑音の混入した脳波と、雑音の主たる成分である頭部の加速度とを用い、独立成分分析（ICA：Independent Component Analysis）を適用して雑音成分の除去を試み良好な結果を得た。以下ではこの運動時の脳波を測定するための我々のシステムについて述べる。

II. システム構成

1. ハードウェア

図1に本システムのブロック図を示す。図より分かる通り、システムは脳波の測定系と頭部の加速度の測定系の二つの測定系を持つ。脳波は耳介をコモン、頭頂部を+、前額正中部を-とする双極誘導により導出され、およそ10000倍の増幅、ハムフィルタによる商用電力からの雑音のカット、および40 Hz 以上の帯域制限を行った後14 bit 分解能のA/D 変換機（マイクロサイエンス社製 ADM681PCI）によりデジタル化されパーソナルコンピュータに入力される。一方被験者頭部の加速度を検出するため頭部に固定された加速度センサ（スター精密社製 ACB302）の出力は増幅器

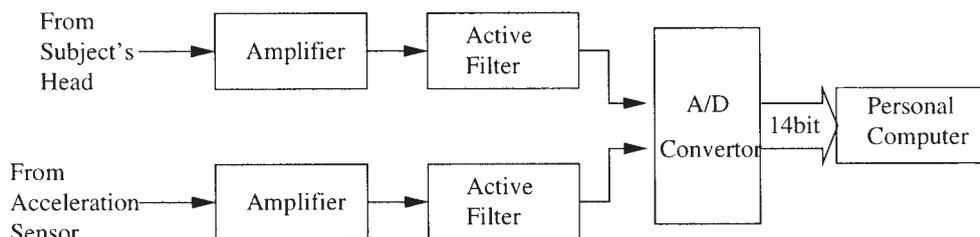


図1 システムのブロック図
Fig. 1 A block diagram of our system

により10倍され、フィルタにより0.1~100 Hzに帯域制限された後、脳波と同じく14bitでデジタル化されパーソナルコンピュータに入力される。パーソナルコンピュータ内では、加速度センサの出力を元に脳波からの雑音の除去を行っている。

2. ソフトウェア

前述の通り、運動時に計測した脳波に混入する雑音は、多くの場合、その帯域が脳波と重複するため、アナログ回路による帯域制限フィルタにより雑音だけを取り除くことは不可能である。また、脳波に混入する雑音の主たる成分は、体動により頭部に取り付けられた電極が振動することによる、分極電圧の変動であると考えられる。従って本システムでは被験者の頭部に取り付けられ

た加速度センサ出力を利用し、パーソナルコンピュータにより脳波に混入した雑音成分を推定し、計測された脳波に混入している雑音の除去を行う。この作業は独立成分分析 (ICA: Independent Component Analysis)^{5, 6)}により行う。

図2は被験者をトレッドミル上で走行させ、その際に記録した脳波の一例である。周期的に現れる大きな変動は脳波ではなく、被験者がトレッドミル上を走るときに生じる体動が分極電圧の変化となって現れたものである。この大きな変動の上に重畳している小さな振動が脳波成分である。また、これと同時に被験者の頭部に装着した加速度センサから記録した垂直加速度波形を図3に示す。図2、3より明らかなように、脳波に混入する雑音成分と頭部の加速度は非常に似た波形を示

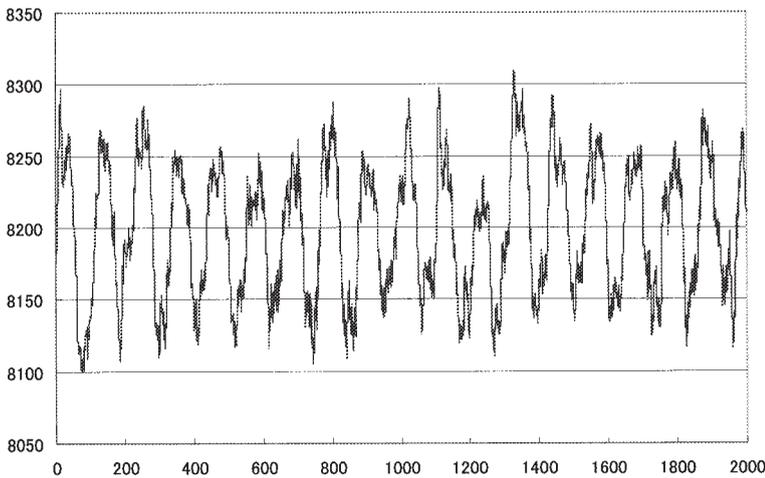


図2 雑音を含んだ脳波
Fig. 2 EEG data with noises

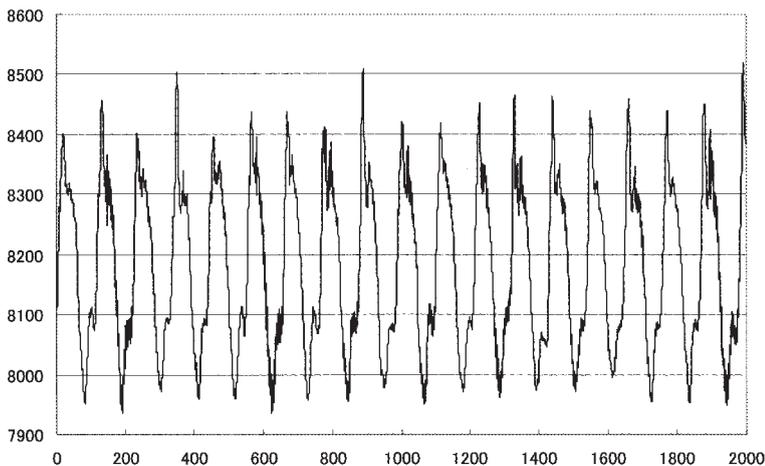


図3 被験者の頭部に装着した加速度センサの出力
Fig. 3 Output of an acceleration sensor that is set on subject's head

す。実際にこの二つの波形の時間軸を合わせ相関係数を求めると0.83程度となり高い相関を示す。

ここでは、脳波に混入する主たる雑音成分は体動の加速度に起因する分極電圧変動であると仮定し、脳波を $s_1(t)$ 、加速度を $s_2(t)$ とする。すなわち信号源ベクトルを

$$S(t) = (s_1(t), s_2(t)) \quad (1)$$

とし、ある線形作用素を A とすれば、我々が計測する雑音の混入した脳波 $x_1(t)$ 、および加速度センサ出力 $x_2(t)$ はやはりこれらのベクトル表記

$$X(t) = (x_1(t), x_2(t)) \quad (2)$$

を用いて

$$X(t) = AS(t) \quad (3)$$

と書くことができる。実際の計測においては電極

に塗布した導電性ペーストの経時変化等により A は時間とともに変動すると考えられるが、ここでは簡単のため A は時不変であるとした。我々が求めたい物は(1)に示される $S(t)$ であるが、このためには A^{-1} が求められれば良い。しかしながら、計測により得られるものは $X(t)$ だけであり、我々は原信号 $S(t)$ および作用素 A に関する情報を得ることはできない。そこで、原信号に対して脳波と雑音は独立であると仮定し、計測された信号 $X(t)$ を用いて、ある線形作用素 W により

$$S'(t) = WX(t) \quad (4)$$

で決定される $S(t)$ の復元信号 $S'(t)$ の各成分が、互いに独立になるように W を定めることにする。ここで $W = A^{-1}$ が成立すれば $S'(t)$ は原信号の正確な復元になるが、実際には原信号のエネルギー等に関する情報がないため、復元信号は原信号のあ

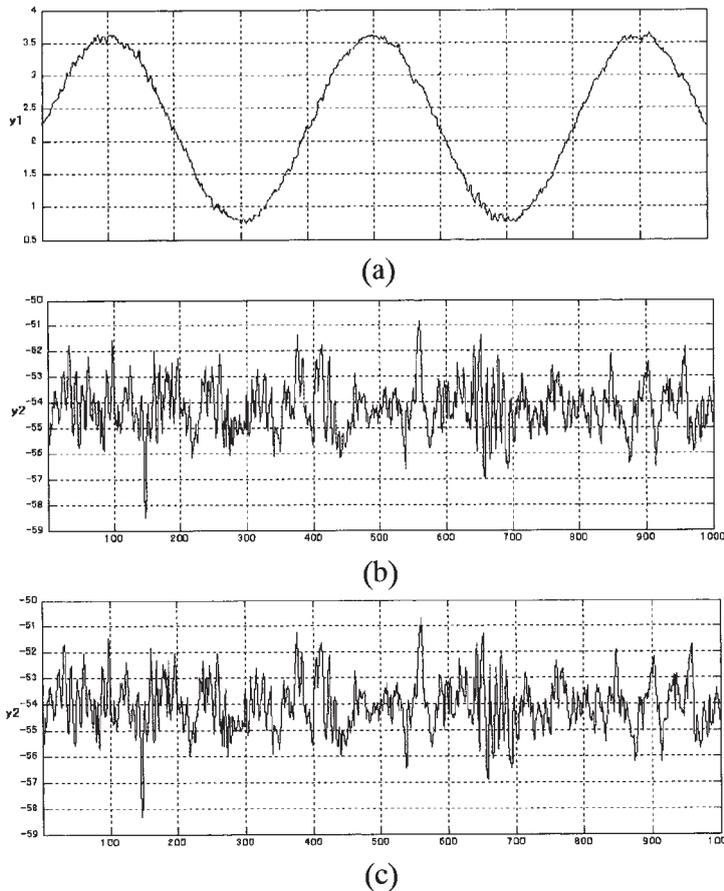


図4 ICAのシミュレーション結果
Fig. 4 Results of ICA simulation

る定数倍の大きさとなる。

本システムにおいては、これらの独立成分分析の計算はMATLAB上に実装されたThin-ICAアルゴリズムを用いて行っている。図4に本システムを用いて行ったシミュレーションの結果を示す。同図(a)は振幅の大きな正弦波に安静時に測定した脳波(b)を重畳して作った波形であり、(c)は独立成分分析の結果である。これより信号が良好に分離されている様子が確認できる。

Ⅲ. 実 験

本システムの有効性を確認するため、20代の健康成人5名を被験者とした実験を行った。電極の装着は、導電性ペーストを塗布したAg-AgCl電極を、エタノールにより脱脂した耳介、頭頂部、前額正中部に圧着し、その上からサージカルテープで固定することにより行った。また、加速度センサは、増幅器とともに小型のアルミ製ケースに入れ、これを被験者の右側頭部にバンダナで固定

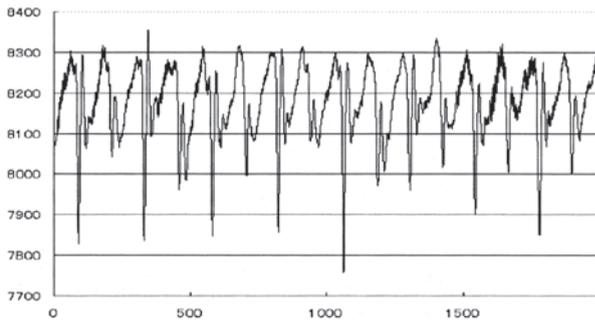
した。電極および加速度センサを装着した被験者は、トレッドミル上で8 km/hの速さでジョギングを行い、このときの脳波と加速度を同時に記録した。この様子を図5に示す。

Ⅳ. 結 果

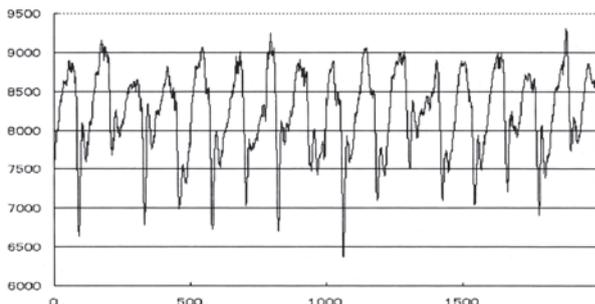
測定を行った脳波と加速度は、全ての被験者に対して相関係数が0.8以上となり、高い相関を示した。図6(a)に測定した雑音を含む脳波、(b)



図5 実験中の被験者
Fig. 5 A subject under experiment



(a)



(b)

図6 測定された脳波と加速度センサ出力

Fig. 6 A measured EEG data and an output of acceleration sensor

に加速度の一例を示す。これらの信号に対し、独立成分分析を適用した結果を図7 (a) および (b) に示す。(a)、(b) はそれぞれ計測された脳波信号から分離された脳波および加速度の成分である。

分離された信号の妥当性を確認するため、加速度センサ出力、分離された脳波成分および加速度成分に対しフーリエ変換を行いそのパワースペクトルを求めた。この結果を図8に示す。図8 (a) は加速度センサ出力、(b) は分離された脳波成分、(c) は分離された加速度成分のパワースペクトルである。明らかに (a) および (c) は同じ周波数にピークを持ち、(c) は分離された加速度成分であることが確認できる。また (b) では一般に脳波が持つと言われる帯域に、そのスペクトルが分布していることが観測され、これは運動時の脳波成分であると考えられる。

V. おわりに

我々の開発した運動時における脳波の計測システムについて述べた。このシステムは脳波に混入する雑音を独立成分分析により取り除こうというものであり、脳波に混入する雑音が、被験者の頭部の加速度と強い相関を持つこと、雑音と脳波は独立であることを仮定している。被験者5名により、トレッドミル上を走行した状態の脳波と頭部加速度を計測し、脳波と雑音の分離を試みたところ、ほぼ意図した通りの分離を行うことができた。

しかしながら、運動時の脳波に混入する雑音の主たる成分が、頭部の加速度に比例するという仮定がどの程度正しいかは明らかではない。加速度と運動時脳波が強い相関を示すことから、今回はこの仮定を用いたが、他にも雑音となりうる要素（例えば、心電図や運動時に発生する筋電図等）について今後検討してゆく必要がある。例えば、自転車エルゴメータのように頭部の振動が少ない

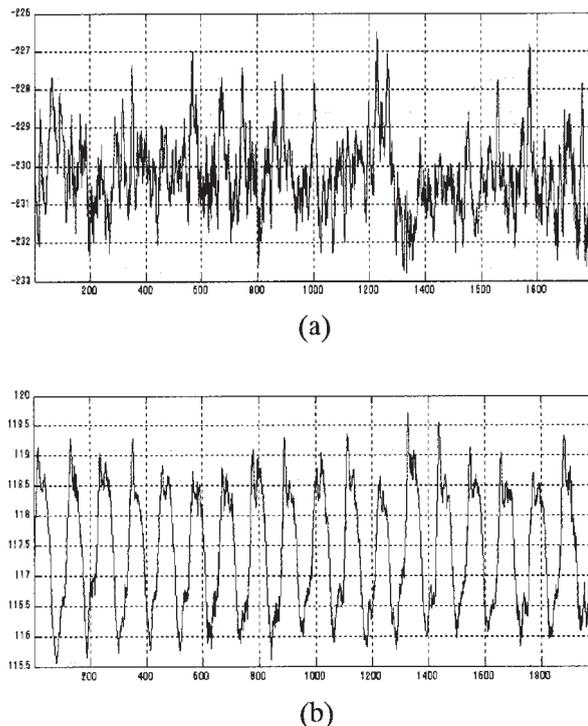


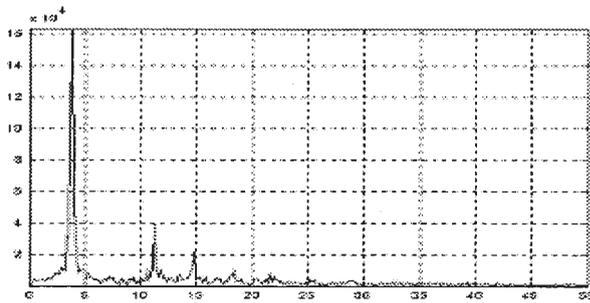
図7 抽出された脳波および加速度信号
Fig. 7 An extracted result of EEG and acceleration

運動器具を用いて脳波、筋電図、等の同時計測を行い、その波形に混入する雑音の成分を解析してゆく必要があると考えている。

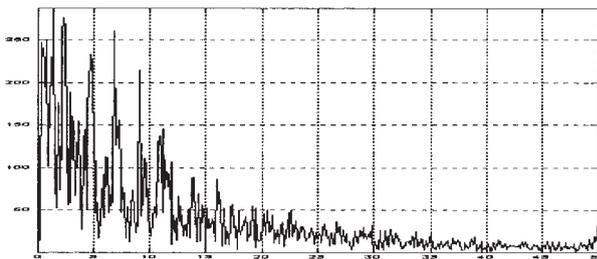
また、独立成分分析で得られる復元波形では、前述の通り、振幅の絶対値を決定することができない。これは独立成分分析の欠点であるが、脳波自体はその解析手法として、周波数空間におけるスペクトル分布を評価するものが多く、それほど問題にならないと考えている。いずれにしても、従来は測定不能とされていた運動時の脳波を測定、評価する可能性が見出せたわけであり、分離された脳波が真の脳波であることの妥当性は今後検証してゆく必要があるものの、本手法およびその拡張は運動時の被験者の脳波を計測し精神状態を評価する上で、ある程度の役割を果たすことができるのではないかと考えている。

参考文献

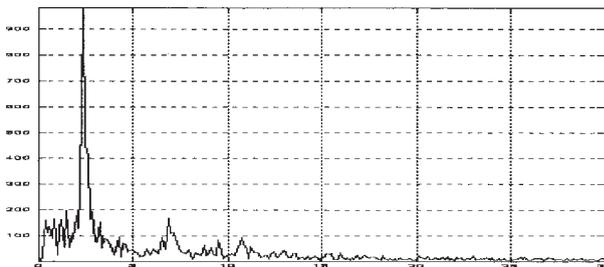
- 1) 大熊輝雄：“臨床脳波学”，第2版，医学書院，1980，18-23.
- 2) 木村雄治：“医用工学入門”，初版，コロナ社，2004，8-9.
- 3) 穂坂直也，木村光宏，田中絢也，坂倉健一，澤路寛之，曲谷一成：“運動中の脳波計測手法の開発”，生体医工学，第43巻特別号，429，2005.
- 4) Tanaka, J., Kimura, M., Hosaka, N., Sawaji, H., Sakakura, K., Magatani, K.: “Development of the EEG measurement technique under exercising”, Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE-EMBS, 912, 2005.
- 5) 甘利俊一：“独立成分解析”，Computer Today, No.88, 38-43, 1998.
- 6) 池田思朗：“独立成分解析とは”，Computer Today, No.96, 60-65, 2000.



(a)



(b)



(c)

図8 測定データおよび抽出データの
パワースペクトル
Fig. 8 Power spectrum of measured
and extracted signal

スポーツ医科学研究所要覧

1. 研究機関名

和文名：東海大学スポーツ医科学研究所

英文名：Research Institute of Sport Medical Science,
The Tokai University

2. 所在地

東海大学湘南校舎

3. 設置年月日

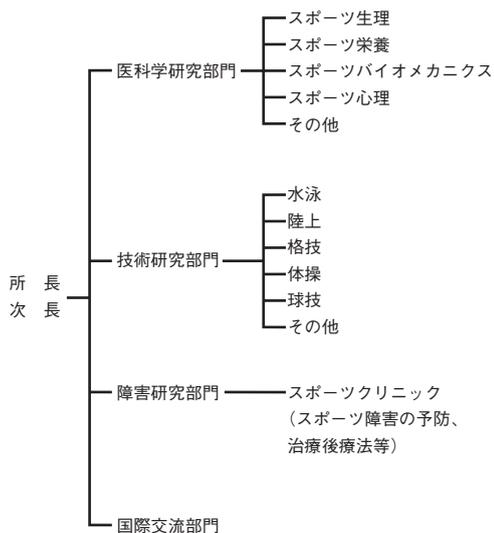
昭和62年10月1日

4. 設置目的

本研究所の設置の目的は、スポーツ・運動および、それに関連する健康の維持向上等に関する基礎的、応用的研究を行うとともに、競技力の向上、スポーツ障害の予防、対策等の新手法、新技術の開発とその応用の具体化、発展を期するところにある。

このために総合大学としての特性を生かし、学際的知識を結集、総合的視野の上立った研究を推進する。

5. 研究所組織



東海大学スポーツ医科学研究所規程

1987年10月1日 制定

2004年4月1日 改訂

第1章 総則

(定義)

第1条 この規程は、東海大学研究所規程第3条に基づき、東海大学（以下「本学」という。）付置研究所である、スポーツ医科学研究所（以下「本研究so」という。）の適正な運営と組織について定めるものとする。

(目的)

第2条 本研究所は、本学の総合大学としての特性を活かし、研究活動は広く学際的な視点からスポーツの実践と科学を融合させることを重要な基盤とし、スポーツにおける心身の効果的な育成と競技力向上のための基礎的・応用的研究及び、スポーツ障害の予防・治療技術の開発等、実践的研究を中心に推進する。また、その研究による成果は、単に本学の発展のみに留まらず、広く社会に還元し、人類の福祉と繁栄に貢献していくことを目的とする。

(事業)

第3条 本研究所は、前条の目的を達成するために次の事業を行う。

- (1)調査及び研究
- (2)調査及び研究の結果の発表
- (3)研究資料の収集、整理及び保管
- (4)研究会、講演会及び講習会等の開催
- (5)調査、研究の受託または指導
- (6)大学院レベルの学外機関研究者・研修員の教育及び研究指導
- (7)外部研究資金によるプロジェクト研究チームの公募及び支援
- (8)プロジェクト研究の支援
- (9)学内スポーツ振興のためのスポーツ医科学にかかわる支援

(10)地域住民を対象としたスポーツ医科学にかかわる支援

(11)その他、本研究の目的を達成するために必要な事項

(調査研究)

第4条 本研究所における調査研究の分野を次のとおり定める。

(1)医科学研究分野

運動の効用、健康の維持と向上、運動生理学、栄養学、メディカルチェックと運動処方、その他

(2)技術・体力研究分野

バイオメカニクス、心理学、運動技術の向上と指導法、トレーニング方法、その他

(3)障害研究分野

スポーツ・運動障害の予防、治療、競技復帰の指導、理学及び作業療法、その他

(4)その他の分野

国際交流及び各分野を統合した学際的研究、生涯スポーツの実施と指導、スポーツ競技に関する器具、機械、施設等の開発とその安全性、その他

(位置)

第5条 本研究所は、本学湘南校舎内に置く。

第2章 組織

(所長・次長)

第6条 本研究所の所長に関しては、本学研究所規程第4条によるものとする。

第7条 本研究所の次長に関しては、本学研究所規程第5条によるものとする。

第8条 本研究所の事業経過及び事業計画に関しては、本学研究所規程第6条によるものとする。

(研究所員)

第9条 本研究所の研究所員に関しては、本学研究所規程第8条によるものとする。

(研究員)

第10条 本研究所の研究員に関しては、本学研究所規程第9条によるものとする。

(嘱託)

第11条 本研究所の嘱託に関しては、本学研究所規程第10条によるものとする。

(職員)

第12条 本研究所の事務職員に関しては、本学研究所規程第11条によるものとする。

(審査委員会)

第13条 本研究所に所員の研究活動、教育活動、学内活動、社会的活動等を多面的に評価審査することを目的として審査委員会を置くことができる。

2 審査委員会の委員は、学内外の学識経験者・有職者から構成するものとし、学長の承認を得て委託する。

3 審査委員会の規程については、別にこれを定める。

(プロジェクト研究チーム)

第14条 本研究所のプロジェクト研究チームを構成するものとする。チームメンバーは公募により選出し、審査委員会で審査を行い学長の議を経て選定されるものとする。

第3章 運営

(研究所員会議)

第15条 本研究所の研究所員会議に関しては、本学研究所規定第12条・第13条によるものとする。

2 ただし、本研究所の研究所員会議は、本学研究所規程第13条第2項により次の事項について審査する。

(1)人事に関する事項

(2)研究生及び研修員に関する事項

第4章 経理

(会計)

第16条 本研究所の経理に関しては、本学研究所規程第14条によるものとする。

第17条 本研究所の会計年度に関しては、本学研究所規程第15条によるものとする。

(外部研究費)

第18条 本研究所の外部研究費の受け入れに関しては、本学研究所規程第16条によるものとする。

(予算)

第19条 本研究所の予算に関しては、本学研究所規程第17条によるものとする。

(決算)

第20条 本研究所の決算に関しては、本学研究所規程第18条によるものとする。

第5章 知的財産

第21条 本研究所の事業において発生した知的財産に関しては、本学研究所規程第19条によるものとする。

第6章 補足

第22条 この規程を改訂又は変更する場合には、研究所所員会議、本学研究所運営委員会の議を経て学長の承認を得るものとする。

付則

この規程は、昭和63年4月1日から施行する。

付則 (2004年4月1日)

この規程は、2004年4月1日から施行する。

「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規程

2004年4月1日

I. 和文規程

1. 本誌に寄稿できるのは原則として東海大学スポーツ医科学研究所所員及び研究員に限る。ただし編集委員会が必要と認めた場合には、所員以外でも寄稿できる。
2. 寄稿内容は、スポーツ医科学の研究領域における総説、原著論文、研究資料、書評、内外の研究動向、研究上の問題提起など、その他とし、完結したものに限る。
3. 原稿の取捨および掲載の時期は、本誌編集委員会において決定する。
4. 本誌に掲載された原稿は、原則として返却しない。
5. 原稿は原則としてワードプロセッサを用いA4版横書き、25字30行としフロッピーを添えて提出とする。外国語、外国固有名詞、化学物質名などは原語。外来語、動植物名などはカタカナ、

数詞は算用数字を使用する。単位及び単位記号は国際単位系、メートル法を基準とする。項目わけは、……Ⅰ、……Ⅱ、……1、2、……1)、2)、……(1)、(2)、……a)、b) ……(a)、(b)、とする。

6. 総説、原著論文、研究資料の原稿は、原則として1篇につき、図表、抄録等を含めて刷り上がり10ページ以内、書評、内外研究動向、研究上の問題提起の場合は、刷り上がり1ページ以内とする。このページ数を超過した場合、あるいは、特別な印刷を要した場合には、その実費を寄稿者が負担する。
7. 図表は8枚以内とし、そのまま印刷できるような鮮明なものとする。写真は白黒・カラーとわなないが、仕上がりは白黒のみとする。(但し、仕上がりカラーを希望する場合及び特別な費用を要した場合は寄稿者の負担とする。)
8. 図や表には、それぞれに必ず通し番号と、タイトル(表の場合、上方に、図の場合、下方に、和文を上として、和欧両文で記入)をつけ、1枚ずつ台紙か原稿用紙に貼り、本文とは別の番号順に一括する。図表の挿入箇所は、本文原稿の欄外に、赤インクでそれぞれの番号によって指示する。
9. 引用・参考文献は、原則として、本文の最後に引用順に一括し、雑誌の場合には、著者・題目・雑誌名・巻号・ページ・西暦年号の順とし、単行本の場合には、著者・書名・版数・発行所・西暦年号・ページの順に記載する。著者連名の場合は、省略しないで氏名を全部掲げて下さい。なお、引用及び注記は本文中文献引用箇所の右肩に、1)、2)のごとく、引用文献数字を挿入する。
10. 総説、原著論文、研究資料の原稿には、必ず別紙として、欧文規程5. a). b). c) に従った欧文(原則として英語)による300語以内の抄録を添える。なお、同時に欧文抄録の和訳文を添付することを原則とする。
11. 掲載論文の別刷りを希望するときは、その必要部数を、あらかじめ編集委員会に申し込み、原稿第1ページに「別刷り何部」と朱書する。なお、50部を越える別刷りの費用は寄稿者負担とする。

12. 寄稿論文は下記に送付する。

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117

「東海大学スポーツ医科学研究所」編集委員会

II. 欧文規程

1. 2. 3. 4. は、和文規程に同じ

5. a) 原稿は、欧文（原則として英語）とし、A4版の不透明なタイプ用紙（レターヘッド等のあるものを除く）に、通常の字体を使い、ダブルスペースでタイプ書きにするが、写真図版にある文字についてはこの限りではない。また、図表説明のスペースはシングルとする。

b) 用紙の上端、下端および左端は約3センチ、右端は約2.5センチの余白を置き、ほぼ27行にわたって書く。ページ番号は下端余白中央に書く。

c) 欧文による題目の下に著者名（ローマ字）、更に著者名の下に所属する機関名を正式英語名称に従って書く。

6. 原稿は原則として1篇につき、図表抄録を含めて刷り上がり10ページ以内とするが（刷り上がり1ページは、おおよそ600語である）、ただし、このページ数を超過した場合、あるいは特別な印刷を要した場合には、その実費を寄稿者が負担する。

7. 8. 9. は、和文規程に同じ。

10. 原稿には、必ず別紙として、和文による題目・著者名・所属機関および抄録（600字以内）を添える。

11. 12. は、和文規程に同じ。

附則 この規程は2004年4月1日から適用する。

東海大学スポーツ医科学研究所

スポーツ医科学雑誌編集委員名簿 (2005. 4. 1)

- 1 委員長 寺尾 保
- 2 委員 山村 雅一
- 3 委員 山並 義孝
- 4 委員 小澤 秀樹
- 5 委員 平岡 秀雄

2005年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

1. 所長 寺尾 保 スポーツ医科学研究所
2. 次長 山村 雅一 医学部（医学科基礎医学系）
3. 専任 中村 豊 スポーツ医科学研究所
4. 専任 有賀 誠司 スポーツ医科学研究所
5. 研究員 佐藤 宣践 体育学部（武道学科）
6. 研究員 堀江 繁 体育学部（生涯スポーツ学科）
7. 研究員 平岡 秀雄 体育学部（競技スポーツ学科）
8. 研究員 山下 泰裕 体育学部（武道学科）
9. 研究員 吉川 政夫 体育学部（生涯スポーツ学科）
10. 研究員 加藤 達郎 体育学部（体育学科）
11. 研究員 山並 義孝 体育学部（生涯スポーツ学科）
12. 研究員 三田 信孝 体育学部（生涯スポーツ学科）
13. 研究員 岩垣 丞恒 体育学部（生涯スポーツ学科）
14. 研究員 内山 秀一 体育学部（体育学科）
15. 研究員 大崎 栄 体育学部（競技スポーツ学科）
16. 研究員 高妻 容一 体育学部（競技スポーツ学科）
17. 研究員 恩田 哲也 体育学部（スポーツ・レジャーマネジメント学科）
18. 研究員 山田 洋 体育学部（体育学科）
19. 研究員 宮崎 誠司 体育学部（武道学科）
20. 研究員 伊藤 栄治 体育学部（スポーツ・レジャーマネジメント学科）
21. 研究員 保坂 隆 医学部（基盤診療学系）
22. 研究員 桑平 一郎 医学部（内科学系呼吸器内科）
23. 研究員 小澤 秀樹 医学部（内科学系総合内科学）
24. 研究員 東福寺規義 医学部（リハビリテーシ

25. 研究員 萱場 隆人 ヨン科) 保健管理センター (保健技術員)
26. 研究員 松木 秀明 健康科学部 (看護学科)
27. 研究員 森久保俊満 健康科学部 (社会福祉学科)
28. 研究員 曲谷 一成 電子情報学部 (電気電子工学科)
29. 研究員 八木原 晋 理学部 (物理学科)
30. 研究員 諏訪 正典 学外 (非常勤講師)
31. 研究員 吉田 早織 学外 (非常勤講師)

2005年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

コアプロジェクト

- 運動・スポーツにおける健康・体力と競技力向上のための総合的研究

個別プロジェクト

- 肥満者の減量および体力向上に対する高地トレーニング処方の研究
- 足趾力の足関節機能に及ぼす影響
- スポーツ選手の競技力向上のための筋力トレーニング法に関する研究

編集後記

本年度より、新たに『東海大学スポーツ医科学雑誌』の編集委員長を拝命しました。本誌第1号を発行して以来、本年度で第18号刊行の運びとなりました。その間、歴代の編集委員長のご努力と多くの先生方のご協力により、スポーツ医科学の分野において確固たる基盤を築かれたことに、改めてここに深く感謝いたします。

本号には、東海大学スポーツ医科学研究所独自のスポーツサポートシステムおよび人工的高地トレーニングシステムにおける重点活動から得られた研究成果を含めて、運動生理学、バイオメカニクス、スポーツ心理学、臨床スポーツ医学などの広範囲な領域で、基礎的な研究から、競技力向上、健康維持・増進およびスポーツ障害関連の応用的および実践的研究に至るまで幅広いテーマの論文が掲載されています。とくに、本号では、スポーツ現場で直接、指導している監督・コーチからの論文が含まれています。これらの応用的および実践的な研究は、本研究所の目的に掲げられている競技力向上や社会還元に貢献することにもなります。このように、今後も基礎的な研究は勿論、実用性のある実践的な研究も投稿されることを期待しています。編集委員会では、本誌の発展のために新しい論文審査方式の導入や質の向上に向けて、より一層の努力を行うとともに、皆様方の益々のご協力と積極的なご意見をお寄せ頂きますようお願い致します。

最後に第18号刊行にあたって、ご寄稿を頂きました皆様方に厚くお礼申し上げます。

編集委員長 寺尾 保

「東海大学スポーツ医科学雑誌」

編集委員

委員長 寺尾 保

委員 山村 雅一

ゝ 山並 義孝

ゝ 小澤 秀樹

ゝ 平岡 秀雄

東海大学スポーツ医科学雑誌 第18号 2006

発行日 2006年3月31日

編集 東海大学スポーツ医科学雑誌編集委員会

発行者 東海大学スポーツ医科学研究所 寺尾 保
〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117 TEL 0463-58-1211

製作 東海大学出版会

印刷・製本 港北出版印刷株式会社

組版・装丁 株式会社テイクアイ