

東海大学

第15号 **スポーツ医科学雑誌** 2003

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はかな疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで
それは生ける人々にとつてまぎれもなき生の現実である

この現実の上人々は花が且つ衰しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ
生命の現実を人生を肯定しよう
不屈の精神と逞しき体軀をつくらう
精神と肉体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善進しよう
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

身体製膚これを父母にうく敷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まう
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

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はかな疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで
それは生ける人々にとつてまぎれもなき生の現実である

この現実の上人々は花が且つ衰しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ
生命の現実を人生を肯定しよう
不屈の精神と逞しき体軀をつくらう
精神と肉体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善進しよう
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

身体製膚これを父母にうく敷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まう
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】

大学柔道選手におけるバーベル挙上能力の測定と評価表作成の試み

有賀誠司・恩田哲也・麻生 敬・山下泰裕
中西英敏・白瀬英春・生方 謙

7

レーシングドライバーの予測と応答特性に関する研究

芹澤一馬・林 義正

18

大学女子柔道選手と大学女子剣道選手における身体組成の違いについて

恩田哲也・有賀誠司・中村 豊・寺尾 保
吉村哲夫・大塚真由美・松本秀夫

26

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

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

32

テニス選手にみられた手関節尺側部痛

中村 豊・麻生 敬・有賀誠司・恩田哲也・寺尾 保

39

大学女子バレーボール選手の足関節捻挫に対する

アクセルレーティッドリハビリテーション：Case Report

麻生 敬・中村 豊・有賀誠司・成田明彦・吉田早織・齋藤 勝

45

肩関節腱板断裂に対する有限要素モデルの試作

菊川久夫・福田宏明・Pairoj Khruengkarnchana
中村 豊・中島知隆・持田讓治

52

皮質骨の曲げ特性に及ぼす保存の影響

菊川久夫・浅香 隆・中村 豊

55

スポーツ選手の傷害調査

西村典子・中村 豊・有賀誠司・麻生 敬・恩田哲也・宮崎誠司

60

運動の前後における生体内での水分量移動の研究

橋本匡史・山村雅一・八木原晋・新屋敷直木・風見昌利・内田 泉
須藤央子・河乃建仁・新居利広・大崎 栄・岩垣丞恒

67

長時間運動が運動換気及び安静時心拍変動に与える影響

三澤さおり・馬場礼三・山村雅一

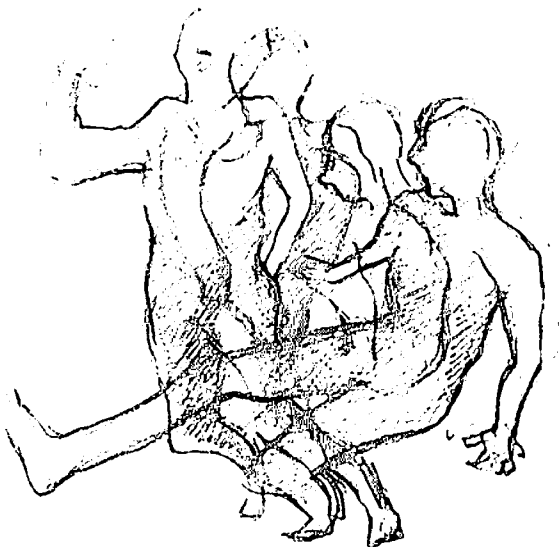
73

スポーツ医科学研究所所報

77

編集後記

83



大学柔道選手における
バーベル挙上能力の測定と
評価表作成の試み

有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 恩田哲也 (スポーツ医科学研究所)
麻生 敬 (スポーツ医科学研究所) 山下泰裕 (体育学部武道学科)
中西英敏 (体育学部武道学科) 白瀬英春 (体育学部武道学科)
生方 謙 (体育学部非常勤講師)

Measurement of barbell lifting capacity and making strength
standards in judo players

Seiji ARUGA, Tetsuya ONDA, Kei ASO, Hideharu SHIRASE,
Yasuhiro YAMASHITA, Hidetoshi NAKANISHI and Ken UBUKATA

Abstract

The purpose of this study was to make strength standards for each weight category through the test which appropriately grasped the effectiveness of the resistance training in judo players. We measured 1RM of the general exercises by barbell lifting in order to make the evaluation table. The subjects were 161 collegiate judo players who had been working out constantly year-round. We measured bench press, squat, and power clean with a barbell, and the following results were obtained.

1) Measurement of bench press, squat, and power clean showed the significant positive correlation between 1RM and weight ($p < 0.01$). On the other hand, the significant negative correlation was found between 1RM weight ratio and weight ($p < 0.01$).

2) As to 1RM weight ratio of each training, Low tendency was seen compared with under 100kg category in over 100kg category.

3) As to 1RM measurement values for each category, parallel normal distribution was discovered in all the trainings, therefore, it made possible to make up the strength standards for every category based on mean score and standard deviation.

This study showed that 1RM of bench press, squat, and power clean was the efficient and easy-to use test to evaluate the effectiveness of the resistance training in experienced men's collegiate judo players. Thus, the results indicated that muscular strength could be evaluated objectively by the strength standards table which was made in this study.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 7-17, 2003)

I. 緒 言

近年、柔道選手にとって、筋力トレーニングは、競技力向上や傷害予防のために欠かすことができない位置づけとなり、広く実践されるようになった¹⁾。これに伴い、柔道競技の特性に適合した筋力トレーニングの効果の測定法や、選手の階級・競技レベル・性別などに応じた筋力の評価法に対する必要性が高まってきている。

柔道選手を対象として筋力測定を実施したこれまでの報告では、握力計や背筋力計を用いたもの²⁻³⁾、脚伸展動作の等尺性筋出力を測定したもの⁴⁻⁵⁾、等速性筋出力測定装置を用いて膝関節の屈曲伸展動作の筋出力を測定したもの⁶⁻⁹⁾など、局所的な動作や、特殊な条件下において発揮された筋力を測定・評価したものが多くみられる。これらは、柔道の動作特性や日頃選手が実施している筋力トレーニングとの関連が比較的低く、トレーニングプログラムや実践へのフィードバックが行いにくいなどの欠点があった。また、測定機器自体が高価であり、頻繁に測定を実施することが困難であるなどの問題点を抱えていた。

一方、柔道選手の筋力トレーニングの効果把握するための手段として、近年、ベンチプレスやスクワットのような一般的な筋力トレーニング種目を用いた最大挙上重量（以降 1 RM：one repetition maximum）を測定した報告例¹⁰⁻¹²⁾がみられるようになった。また、2001年より、全日本柔道連盟科学研究部は、男女強化選手を対象とした体力測定において、ベンチプレスとスクワットの 1 RM を、筋力の測定種目として採用するようになって¹³⁾。

フリーウエイトによる 1 RM の測定は、選手が日常行っているトレーニング種目をそのまま用いるため、トレーニング効果を把握したり、測定結果をトレーニングプログラムにフィードバックすることが容易であり、簡便かつ安価に実施できるといった利点がある。また、これらの測定値の適

切な評価法を確立することができれば、選手の筋力トレーニングの進捗状況の把握や、目標の明確化、筋力トレーニングへの動機づけの改善にも役立つと考えられる。

本研究では、上記のような背景から、柔道選手における筋力トレーニングの効果を適切に測定・把握するためのテスト法として、大学柔道選手を対象に、フリーウエイトを用いた一般的トレーニング種目の 1 RM の測定を実施し、その結果を基にして評価表の作成を試みるものである。

II. 方 法

1. 対象

本研究の対象は、1999年度から2002年度までの期間に、T大学柔道部に所属し、筋力トレーニングを年間を通じて定期的実施した男子選手161名であった。全ての対象は、過去にバーベルによるベンチプレス、スクワット、パワークリーンのトレーニングや、1 RM 測定の経験を有する者であった。

対象となった選手の所属階級の内訳は、60kg 級22名、66kg 級20名、73kg 級26名、81kg 級27名、90kg 級22名、100kg 級23名、100kg 超級21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 対象の身体的特徴
Table 1 Physical characteristics of the subjects

階級	人数(名)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)
-60kg	22	165.1±3.6	62.7±2.7	9.26±1.6
-66kg	20	167.0±3.7	69.7±1.7	10.0±1.4
-73kg	26	172.1±3.5	74.5±2.0	11.7±1.4
-81kg	27	175.3±3.7	82.3±2.2	13.5±2.0
-90kg	22	176.8±6.1	88.1±3.6	14.6±1.3
-100kg	23	178.3±4.6	97.3±5.0	17.5±3.0
+100kg	21	181.7±4.1	119.5±13.1	20.6±3.0
全体	161	173.8±6.0	84.9±19.1	13.3±4.1

2. 最大挙上重量の測定

対象に対し、1999年から2002年までの4年間、各年7月に、バーベルによるベンチプレス、スクワット、パワークリーンの最大挙上重量（以下1RM）の測定を行ない、期間中の各種目の最大値を測定値として採用した。

各種目の1RMの測定においては、過去の測定値や日常のトレーニングにて用いている重量及び反復回数を考慮して、重量を漸増させながら3セットのウォームアップを行ない、4セット目に1RMと思われる重量を用いて試技を行った。この試技の挙上に成功した場合には、2.5kgずつ増量しながら試技を継続し、挙上に失敗した試技の直前の試技における使用重量を1RMと規定した。試技間や種目間には3～4分の休息をとり、疲労の影響を除外できるように配慮した。

測定者は、試技者の動作が明確に確認できる場所に位置し、挙上動作や試技の成功及び失敗の確認を行った。ベンチプレスとスクワットの測定においては、熟練した補助者をバーベルの両端に2名配置し、挙上動作が途中で止まったり、フォームが乱れたりした際には、測定者の合図により補助者がバーベルを支持し、試技者の安全を確保した。

各測定種目の動作の規定は以下の通りであった。

1) ベンチプレス

ベンチプレス用のラック付きベンチに仰向けになり、両足を床に付け、後頭部、上背部、臀部をベンチのシートに付ける。肩幅よりやや広めの順手にてラックにのせたバーベルを両手で握り、補助者のサポートを受けながらラックからバーベルをはずして肘を伸ばし、肩の真上にバーベルを支持して開始姿勢をとる。次に、バーベルを脱力せずに胸骨の中央部に下ろし、バーベルが胸に触れた後、開始姿勢まで押し上げる動作を行う。動作を終えたら、補助者のサポートを受けながらバーベルをラックに戻す。

バーベルが挙上できなくなった場合、動作中に足が床から離れた場合、臀部がベンチから離れた場合、バーベルが胸に触れなかった場合、バーベ

ルを挙上した際に肘を完全に伸ばさなかった場合、胸の上でバーベルをバウンドさせた場合、バーベルのバランスが崩れた場合には、その試技を失敗とみなした。

2) スクワット

スクワット用ラックにのせたバーベルを、肩幅より広めの手幅で握って肩にかつぐ。次いで、ラックからバーベルをはずし、バランスをとりながら後方に下がり、両足を肩幅または肩幅よりやや広めに開いて直立して静止し、開始姿勢をとる。次に、膝と股関節を同時に曲げて、臀部を後方に突き出ししながら上半身を前傾させ、大腿部の上端面が床と平行になるところまでしゃがみ、腰背部の姿勢を崩さずに、膝と股関節を同時に伸展させ、上体を起こしながら開始姿勢まで立ち上がる動作を行う。動作を終えたら、バーベルをラックに戻す。

バーベルが挙上できなくなった場合、しゃがむ深さが規定に達しなかった場合、動作中に腰背部の姿勢が保持できなかった場合、バーベルのバランスが崩れた場合には、その試技を失敗とみなした。なお、スクワットの試技の際には、腰背部の傷害予防のためにトレーニング用のベルトを着用させた。

3) パワークリーン

プラットフォームの中央に置いたバーベルの前に、腰幅のスタンスで立ち、しゃがんだ姿勢で肩幅でバーベルを握って開始姿勢をとる。次いで、床を強くキックして上半身を起こしながらバーベルを勢いよく挙上し、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う。

バーベルを肩の高さで保持できなかった場合、バーベルを肩に保持した後に直立できなかった場合、動作中に腰背部の姿勢が崩れた場合には、その試技を失敗とみなした。なお、スクワットと同様、試技の際にはトレーニング用のベルトを着用させた。

3. 統計処理

測定によって得られた数値は、対象の所属階級ごとに分け、それぞれの平均値と標準偏差を求め、 χ^2 適合度検定を用いて、分布度の正規性の分析を行った。また、各階級の平均値の差の検定には、unpaired t-test を、測定値と体重との関連については、ピアソンの相関係数を用いた。統計処理には、エクセル統計2000及び Statcel を使用した。統計処理の有意水準は 5%未満とした。

Ⅲ. 結 果

1. 1RM 測定値

表 2 及び図 1～3 に、所属階級別のベンチプレス、スクワット、パワークリーンの 1RM 及び、1RM 体重比を示した。また、各種目の測定値の階級間の差の検定結果について、表 3 に示した。

表 2 ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの 1RM
Table 2 1RM of Bench Press, Squat, and Power Clean

階級	ベンチプレス		スクワット		パワークリーン	
	1RM(kg)	1RM/ 体重	1RM(kg)	1RM/ 体重	1RM(kg)	1RM/ 体重
60kg 級	96.0 ± 5.7	1.53 ± 0.10	128.9 ± 17.0	2.00 ± 0.26	70.8 ± 7.8	1.14 ± 0.14
66kg 級	108.3 ± 18.2	1.56 ± 0.26	135.4 ± 17.6	1.94 ± 0.25	78.3 ± 10.4	1.12 ± 0.14
73kg 級	108.0 ± 16.8	1.45 ± 0.23	133.5 ± 18.0	1.79 ± 0.23	77.8 ± 13.5	1.04 ± 0.18
81kg 級	118.7 ± 16.5	1.44 ± 0.20	143.3 ± 23.8	1.77 ± 0.25	89.3 ± 8.7	1.08 ± 0.12
90kg 級	119.6 ± 16.2	1.36 ± 0.17	156.3 ± 28.1	1.77 ± 0.31	88.5 ± 13.6	1.00 ± 0.16
100kg 級	119.7 ± 17.3	1.22 ± 0.15	160.0 ± 30.9	1.62 ± 0.29	86.3 ± 11.1	0.88 ± 0.10
100kg 超級	136.7 ± 23.7	1.14 ± 0.22	184.0 ± 37.3	1.51 ± 0.29	94.5 ± 15.4	0.80 ± 0.14

表 3 1RM 測定値の階級間の差
Table 3 Differences of 1RM in each categories

ベンチプレス

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

スクワット

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

パワークリーン

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

* : p < 0.05 ** : p < 0.01

1) ベンチプレスの1RMについて

各階級におけるベンチプレスの1RMの平均値及び標準偏差は、60kg級が 96.0 ± 5.7 kg、66kg級が 108.3 ± 18.2 kg、73kg級が 108.0 ± 16.8 kg、81kg級が 118.7 ± 16.5 kg、90kg級が 119.6 ± 16.2 、100kg級が 119.7 ± 17.3 kg、100kg超級が 136.7 ± 23.7 kgであり、重い階級ほど高い値を示す傾向がみられた。各階級の平均値について比較した結果、

60kg級と66kg～100kg超級、66kg級と100kg超級、73kg級と81kg～100kg超級、81kg級と100kg超級との間に統計的な有意差が認められた。

各階級におけるベンチプレスの1RM体重比の平均値及び標準偏差は、60kg級が 1.53 ± 0.10 kg、66kg級が 1.56 ± 0.26 、73kg級が 1.45 ± 0.23 、81kg級が 1.44 ± 0.20 、90kg級が 1.36 ± 0.17 、100kg級が 1.22 ± 0.15 、100kg超級が 1.14 ± 0.22 であり、重い階級ほど低い値を示す傾向がみられた。

図4にベンチプレス1RM及びベンチプレス1RMの体重比と、体重の関係を示した。ベンチプレス1RMと体重の間には、 $r = 0.544$ の有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。一方、ベンチプレス1RM体重比と、体重の間には、 $r = -0.572$ の有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。

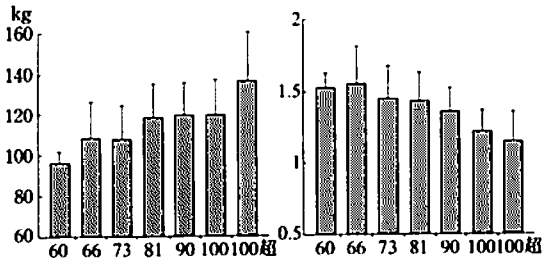


図1 階級別のベンチプレスの1RMと1RM体重比
Fig. 1 1RM and 1RM/body weight of Bench Press in each weight category

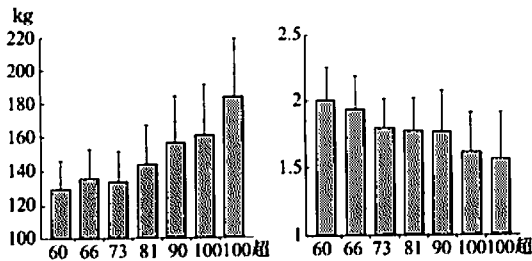


図2 階級別のスクワットの1RMと1RM体重比
Fig. 2 1RM and 1RM/body weight of Squat in each weight category

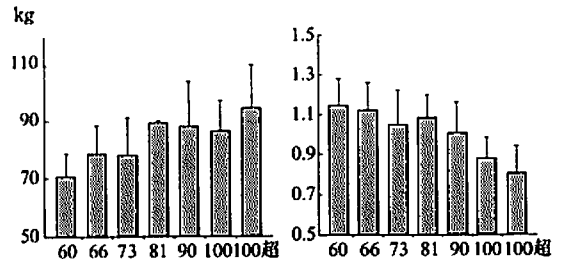


図3 階級別のパワークリーンの1RMと1RM体重比
Fig. 3 1RM and 1RM/body weight of Power Clean in each weight category

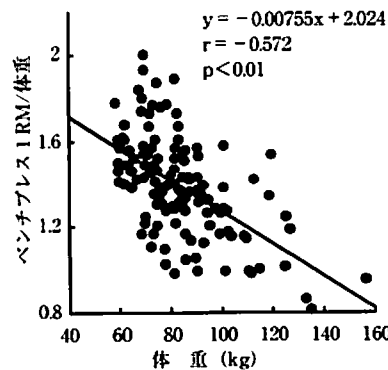
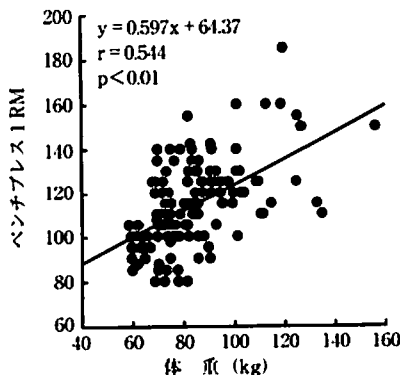


図4 ベンチプレス1RM及びベンチプレス1RM体重比と体重の関係
Fig. 4 Relationship between body weight and bench press 1RM, and between body weight and bench press 1RM/body weight

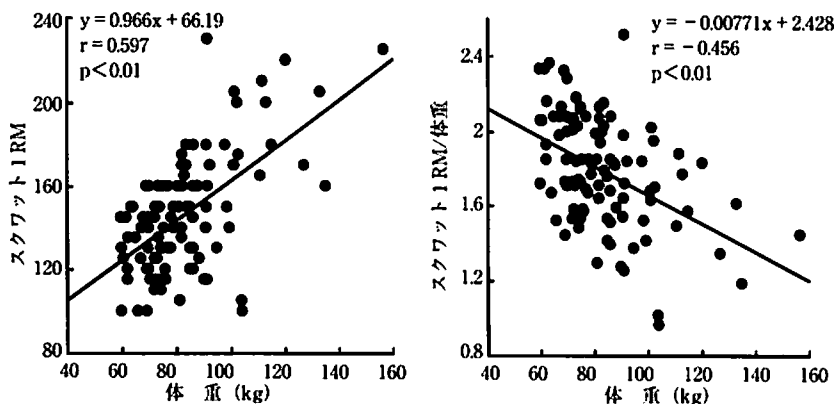


図5 スクワット1RM及びスクワット1RM体重比と体重の関係
 Fig. 5 Relationship between body weight and squat 1RM, and between body weight and squat 1RM/ body weight

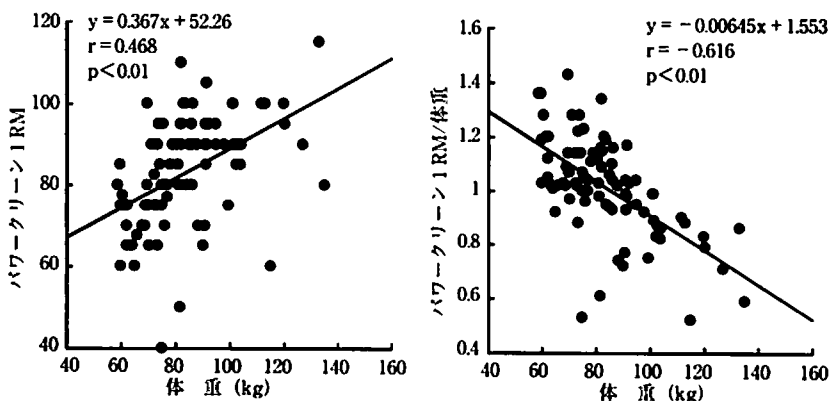


図6 パワークリーン1RM及びパワークリーン1RM体重比と体重の関係
 Fig. 6 Relationship between body weight and bench press 1RM, and between body weight and bench press 1RM/ body weight

2) スクワットの1RMについて

各階級におけるスクワットの1RMの平均値及び標準偏差は、60kg級が 128.9 ± 17.0 kg、66kg級が 135.4 ± 17.6 kg、73kg級が 133.5 ± 18.0 kg、81kg級が 143.3 ± 23.8 kg、90kg級が 156.3 ± 28.1 、100kg級が 160.0 ± 30.9 kg、100kg超級が 184.0 ± 37.3 kgであり、重い階級ほど高い値を示す傾向がみられた。各階級の平均値について比較した結果、60kg級と90kg～100kg超級、66kg級と90kg級～100kg超級、73kg級と90kg～100kg超級、81kg～90kg級と100kg超級との間に統計的な有意差が認められた。

各階級におけるスクワットの1RM体重比の平均値及び標準偏差は、60kg級が 2.00 ± 0.26 g、66kg級が 1.94 ± 0.25 、73kg級が 1.79 ± 0.23 、81kg級が 1.77 ± 0.25 、90kg級が 1.77 ± 0.31 、100kg級が 1.62 ± 0.29 、100kg超級が 1.51 ± 0.29 であり、重い階級ほど低い値を示す傾向がみられた。

図5にスクワット1RM及びスクワット1RMの体重比と体重の関係を示した。スクワット1RMと体重との間には、 $r = 0.597$ の有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。一方、スクワット1RM体重比と体重との間には、 $r = -0.456$ の有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。

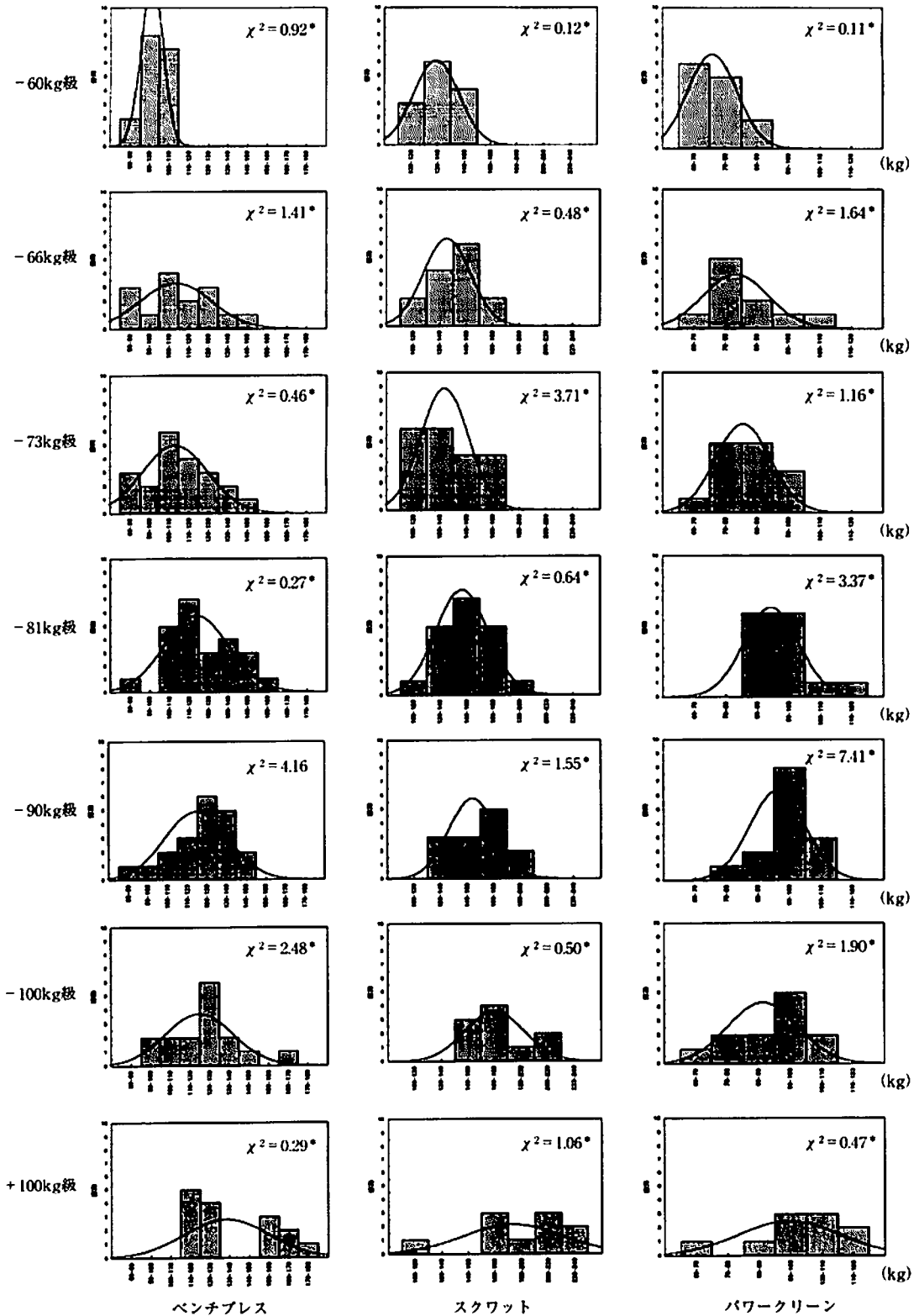


図7 階級別の1RM測定値の分布
Fig. 7 Distributions of 1RM performance in each categories

*p < 0.05

3) パワークリーンの1RMについて

各階級におけるパワークリーンの1RMの平均値及び標準偏差は、60kg級が70.8±7.8kg、66kg級が78.3±10.4kg、73kg級が77.8±13.5kg、81kg級が89.3±8.7kg、90kg級が88.5±13.6、100kg級が86.3±11.1kg、100kg超級が94.5±15.4kgであり、重い階級ほど高い値を示す傾向がみられた。各階級の平均値について比較した結果、60kg級と81kg～100kg超級、66kg級と81kg～90kg級及び100kg超級、73kg級と81kg～90kg級及び100kg超級との間に統計的な有意差が認められた。

各階級におけるパワークリーンの1RM体重比の平均値及び標準偏差は、60kg級が1.14±0.14g、66kg級が1.12±0.14、73kg級が1.04±0.18、81kg級が1.08±0.12、90kg級が1.00±0.16、100kg級が0.88±0.10、100kg超級が0.80±0.14であり、重い階級ほど低い値を示す傾向がみられた。

図6にパワークリーン1RM及びパワークリーン1RMの体重比と体重の関係を示した。パワークリーン1RMと体重との間には、 $r = 0.468$ の有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。一方、パワークリーン1RM体重比と体重の間には、

表4 ベンチプレスの階級別評価表
Table 4 Strength standards of 1RM lifting capacity in the bench press

階級	1	2	3	4	5
	劣っている	やや劣っている	普通	やや優れている	優れている
	Very poor	Poor	Average	Good	Very Good
60kg級	≤85.0	87.5-90.0	92.5-97.5	100.0-105.0	≥107.5
66kg級	≤87.5	90.0-97.5	100.0-115.0	117.5-125.0	≥127.5
73kg級	≤90.0	92.5-100.0	102.5-117.5	120.0-127.5	≥130.0
81kg級	≤92.5	95.0-105.0	105.0-120.0	122.5-132.5	≥135.0
90kg級	≤95.0	97.5-107.5	110.0-122.5	125.0-135.0	≥137.5
100kg級	≤97.5	100.0-110.0	112.5-125.0	125.5-137.5	≥140.0
100kg超級	≤100.0	102.5-120.0	122.5-145.0	147.5-165.0	≥167.5

表5 スクワットの階級別評価表
Table 5 Strength standards of 1RM lifting capacity in the squat

階級	1	2	3	4	5
	劣っている	やや劣っている	普通	やや優れている	優れている
	Very poor	Poor	Average	Good	Very Good
60kg級	≤102.5	105.0-117.5	120.0-135.0	137.5-152.5	≥155.0
66kg級	≤107.5	110.0-122.5	125.0-142.5	145.0-157.5	≥160.0
73kg級	≤110.0	112.5-125.0	127.5-145.0	147.5-160.0	≥162.5
81kg級	≤112.5	115.0-127.5	130.0-150.0	152.5-165.0	≥167.5
90kg級	≤115.0	117.5-132.5	135.0-165.0	167.5-185.0	≥187.5
100kg級	≤117.5	120.0-140.0	142.5-172.5	180.0-200.0	≥202.5
100kg超級	≤127.5	130.0-165.0	167.5-200.0	202.5-235.0	≥237.5

表6 パワークリーンの階級別評価表
Table 6 Strength standards of 1RM lifting capacity in the power clean

階級	1	2	3	4	5
	劣っている	やや劣っている	普通	やや優れている	優れている
	Very poor	Poor	Average	Good	Very Good
60kg級	≤57.5	60.0-65.0	67.5-72.5	75.0-80.0	≥82.5
66kg級	≤60.0	62.5-70.0	72.5-82.5	85.0-92.5	≥95.0
73kg級	≤62.5	65.0-72.5	75.0-85.0	87.5-95.0	≥97.5
81kg級	≤67.5	70.0-80.0	82.5-92.5	95.0-105.0	≥107.5
90kg級	≤70.0	72.5-82.5	85.0-95.0	97.5-107.5	≥110.0
100kg級	≤72.5	75.0-85.0	87.5-97.5	100.0-110.0	≥112.5
100kg超級	≤75.0	77.5-87.5	90.0-102.5	105.0-115.0	≥117.5

$r = -0.616$ の有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。

2. 各種目の1RMの階級別5段階評価表の作成

各種目の階級別の測定値の分布度を図7に示した。各種目の測定値の分布は、どの階級においても極端な偏りはみられず、90kg級のベンチプレスとパワークリーンを除く、21種目中19種目(90.5%)において、いずれも有意な正規性が認められた ($p < 0.05$)。統計的に有意な正規性が認められなかった90kg級の2種目についても概ね平均値付近の度数が多い傾向にあった。

これらのことから、各種目の階級別の測定結果の平均値と標準偏差 (SD) をもとにして、大学柔道選手の階級別5段階評価表を作成した。各種目の段階分布 (X) は、概ね $X < \text{平均値} - 1.5SD$ を「1:劣っている (Very poor)」、 $\text{平均値} - 1.5SD \leq X < \text{平均値} - 0.5SD$ を「2:やや劣っている (Poor)」、 $\text{平均値} - 0.5SD \leq X < \text{平均値} + 0.5SD$ を「3:ふつう (Average)」、 $\text{平均値} + 0.5SD \leq X < \text{平均値} + 1.5SD$ を「4:やや優れている (Good)」、 $\text{平均値} + 1.5SD \geq X$ を「5:優れている (Very good)」とした。なお、評価表の数値は、バーベルの重量変更単位が最小2.5kgであることから、2.5kg単位とした。

上記の手順によって作成した、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RMの5段階評価表を表4~6に示した。

IV. 考 察

本研究の対象は、国内トップレベルの柔道部に所属する選手であり、日頃より定期的な筋力トレーニングを年間を通じて実施していた者であった。また、今回採用した測定値は、4年の測定期間中の最大値であり、ほとんどの選手において筋力トレーニングの効果が反映されたものであったといえる。有賀ら¹³⁾は、全日本柔道連盟強化選手及びジュニア強化選手を対象としてベンチプレ

スとスクワットの1RMの測定を行い、階級別の1RMおよび1RM体重比について報告しているが、本研究の測定結果と比較すると、全ての階級において今回の測定値が上回っていた。全日本柔道連盟強化選手及びジュニア強化選手を対象とした筋力トレーニングの実施に関するアンケート結果(未発表資料)によると、「筋力トレーニングの経験はあるものの、年間を通じて継続的に実施できない」、「柔道の稽古時間が長くハードなため、筋力トレーニングを実施する余裕がない」といった回答が多くみられ、現場において筋力トレーニングが継続的かつ効果的に実施できていない実状が窺える。これらの観点から、本研究の測定値は、柔道選手が筋力トレーニングを継続的に実施した場合に到達できる筋力水準の目安として活用できるものと思われる。

本研究において、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンのいずれの種目においても、1RMと体重との間には有意な正の相関が認められたが、1RM体重比と体重の間には有意な負の相関が認められた。また、1RM体重比については、特に100kg級と100kg超級の選手において、他の階級の選手に比べて低い値を示す傾向が見られた。金久ら¹⁴⁾は、日本のスポーツ選手では、体重が90kg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⁵⁾は、柔道選手の等尺性脚伸展力の測定を行い、90kgを越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。さらに、有賀ら¹³⁾は、全日本柔道連盟強化選手及びジュニア強化選手を対象としてベンチプレスとスクワットの1RMの測定を行い、90kg級以上の階級の選手において、90kg級未満の階級の選手に比べて1RM体重比が低い傾向にあることを報告している。一方、本研究の測定結果では、90kg級の1RM体重比は、90kg級未満の階級の数値に比べて顕著な差はみられず、100kg級を越える階級において、100kg級未満の階級との顕著な差がみられた。これらのことから、定期的な筋力トレーニングの実施は、90kg級選

手における体重あたりの筋力の改善に好影響をもたらす可能性があることが示唆された。

バーベル挙上重量の測定において、客観的な評価を行うためには、一定期間フォームを習得したり重量に慣れさせる期間を設けることが必要である。また、危険防止のため、補助者にも補助方法の技術を習得させることも重要である。本研究の対象は、日常の筋力トレーニングのプログラムの中に、測定で採用した3つの種目が含まれていたが、実際の測定においては、規定の動作ができずに再度測定を実施する例も多かった。例えば、ベンチプレスにおいては、胸の上でバーベルをバウンドさせてしまう、挙上動作中に足が床から浮いたり、臀部がベンチのシートから離れてしまうなどの動作がみられた。また、スクワットでは、規定のしゃがみ深さに到達せず、しゃがみ込みが浅いケースが最も多く、挙上動作中に腰を丸めてしまう例も多かった。今後、バーベル挙上重量の1RM測定を実施するにあたっては、測定前の準備期間に行うガイダンスの内容や練習期間についても具体的に規定する必要があると思われる。

各種目の1RMの評価表は、藤瀬ら¹⁵⁾や中谷ら¹⁶⁾の方法を基に、正規性の検定を行った後に、平均値と標準偏差を基準として作成した。本研究において、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RMの階級別の測定値には、顕著な偏りはみられず、ほぼ正規分布することが明らかとなった。このことから、作成した階級別の評価表によって、筋力トレーニングを積んだ大学柔道選手の筋力を段階評価することが可能であると考えられる。

本研究では、柔道競技の階級別に筋力評価表の作成を試みたが、柔道競技の階級は、軽量級においては、階級の体重区分の幅が狭く、階級が高くなるほど体重区分の幅が大きくなる特徴を持っている。また、100kg超級については、体重の平均値及び標準偏差が 119.5 ± 13.1 、体脂肪率が 20.6 ± 3.0 であり、100kg級に比べて体重及び体脂肪率が顕著に高く、ばらつきも大きい。これらのことから、今後は、競技階級別ではなく、均一の体重

区分(5kgまたは10kg)による評価や、100kg超級を一定の体重幅にて細分化した評価についても検討する必要があると考えられる。さらに、1RMの絶対値のほか、1RM体重比や1RM除脂肪体重比の評価表や、ジュニア期の選手を対象とした評価表の作成も必要であろう。

V. 要 約

本研究では、柔道選手が実施した筋力トレーニングの効果を適切に把握するためのテスト法として、バーベルによる一般のエクササイズの最大挙上重量(1RM)の測定を行い、階級別の評価表の作成を試みることを目的とした。対象は、筋力トレーニングを年間を通じて定期的実施している大学男子柔道選手161名であり、バーベルによるベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RMを測定し、次のような知見を得た。

- 1) ベンチプレス、スクワット、パワークリーンのいずれにおいても、1RMと体重との間には有意な正の相関が認められた($p < 0.01$)。一方、1RM体重比と体重との間には有意な負の相関が認められた($p < 0.01$)。
- 2) 各種目の1RM体重比については、100kg級を越える階級において、100kg級未満の階級と比べて低い傾向がみられた。
- 3) 各階級における1RMの測定値は、いずれの種目においてもほぼ正規分布することが認められ、平均値と標準偏差に基づく階級別の評価表を作成することが可能となった。

これらのことから、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RMは、筋力トレーニングの経験を積んだ大学男子柔道選手において、筋力トレーニングの効果を簡便に評価するテストとして有効であり、本研究にて作成された階級別評価表によって、筋力を客観的に評価できるものと考えられる。

謝辞

本稿を終えるにあたり、ご協力いただいた東海大学スポーツ教育センターの小田千尋氏と西村典子氏、ウィダー・トレーニング・ラボの中村波雄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) 横田三四郎，青柳 領，高野裕光，広崎寿伸，清野哲也：大学柔道選手の体格及び体力と競技内容との関連，武道学研究，25(1)，57-65，1992.
- 3) 藤本涼子，春日井淳夫，山口 香，小沢裕二，佐藤伸一郎，射手矢俣，吉鷹幸春，向井幹博，渡辺直勇，岡田弘隆，小俣幸嗣，松村成司，中村良三，竹内善徳：運動機能項目からみた全日本女子柔道強化選手の体力の現状，柔道科学研究，1，7-10，1993.
- 4) 金久博昭：武道系選手の体力特性，Jpn. J. Sports sci.，4，690-696，1990.
- 5) 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.
- 6) 木村昌彦，山本洋祐，佐藤宣践，中西英敏，柏崎克彦，野瀬清喜，山崎俊輔：等速性筋出力からみた大学生柔道選手の筋力特性，柔道科学研究，1，25-29，1993.
- 7) 有賀誠司，金山浩康，斎藤 仁，松井 勲，山下泰裕，村松成司，木村昌彦：全日本柔道強化選手の脚筋力の発揮特性，柔道科学研究，2，15-20，1994.
- 8) 今泉哲雄，野瀬清喜，有賀誠司，柳沢 久，森脇保彦，稲田明：一流柔道選手における脚筋力の特長，柔道科学研究，3，35-39，1995.
- 9) 北田晃三，古谷嘉邦，佐藤宣践，小河原慶太，有賀誠司：男子柔道選手の等速性筋力に関する研究，東海大学スポーツ医科学雑誌，第8号，41-46，1995.
- 10) 清野哲也，春日井淳夫，青山陽紀，山本浩貴，吉見浩二，佐藤伸一郎，高野裕光，青柳 領：階級別柔道選手におけるベンチプレス・トレーニング法の検討，柔道科学研究，3，29-34，1995.
- 11) 有賀誠司，寺尾 保，中村 豊，恩田哲也，山下泰裕，中西英敏，佐藤宣践，白瀬英春，橋本敬明，古谷嘉邦：柔道競技におけるトレーニング方法に関する研究～一流柔道選手の階級増を目的としたトレーニングの実践例とその効果～，東海大学スポーツ医科学雑誌，第10号，60-70，1998.
- 12) 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.
- 13) 有賀誠司，小山勝弘，射手矢俣，中村波雄，小田千尋，田村尚之：柔道選手の体力測定法に関する研究～全日本柔道男子強化選手に実施した新測定項目について～，柔道科学研究，第7号，12-23，2002.
- 14) 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組成，Jap. J. Sports Sci. 4(9)，1985.
- 15) 藤瀬武彦，杉山文宏，松永尚久，長畑芳仁：一般青年男女における筋力評価尺度としてのバーベル挙上能力測定の試み，体育学研究，39，403-419，1995.
- 16) 中谷俊昭，瀧本雅一，三村寛一，伊藤 稔：日本人高齢者の下肢筋力を簡便に評価する30秒椅子立ち上がりテストの妥当性，体育学研究，47，451-461，2002.

レーシングドライバーの 予測と応答特性に関する研究

芹澤一馬 (工学部動力機械工学科研究生) 林 義正 (工学部動力機械工学科)

Study of Prediction and Response Characteristics in Racing driver

Kazuma SERIZAWA and Yoshimasa HAYASHI

Abstract

Experimental study was conducted with regard to a nature essential to maneuver a racing car. Prediction of a condition resulted by speed change and influence of physical stress to motion characteristics were analyzed through a simulative experiment. In comparison with general student subjects, racing drivers showed extremely precise prediction of a small ball moving time for a certain distance when the ball was put in a tube and moved with changing speed. And also the drivers were able to deal exactly with change of the speed.

This ability corresponds to the function to keep an optimum cornering speed brought by break applying point that is reflexively decided along with a change of entering speed to a corner. The study of response time to the command information and of operating accuracy, resulted that racing drivers showed quick response in short time and overwhelmingly exact maneuver as compared to general student subjects. And it was found that physical stress by slight fatigue improved response. It is understood that this phenomena corresponds to the concentration heightening during close battle with other drivers in a race.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 18-25, 2003)

I. はじめに

自動車の三大機能は走る、曲る、止まるである。これらの機能を極限まで追求したレーシングカーを操縦するレーシングドライバーに必要な心理的競技能力については佐藤らが発表している¹⁾。また、欧米の大学ではモータースポーツに関する研究が盛んで、その成果がSEA (米国自動車技術会) などで数多く発表されている。一方、わが国

のレースでは外国人ドライバーの活躍が目立つが、これはレーシングドライバーの育成とそれを支える身体的特性の研究が遅れていることも原因の一つと考えられる。これに対し、東海大学スポーツ医科学研究所において有賀誠司助教授や恩田哲也講師などが本学出身のレーシングドライバー密山祥吾選手を対象に創造的なトレーニングを実施し、初出場の2002年度の全日本GT選手権レースGT300カテゴリーにおいてシリーズ2位の成績を得ている。

ヒトが走る速度の10倍以上の速度で走行する究

極のマンマシンシステム²⁾ともいえるレーシングカーを操縦するのに必要な特性の一部を解析して、レーシングドライバーの育成に活用するため本研究を行った。レーシングドライバーがサーキットを走行する際に、一瞬先を予測しながら運転操作をする。一般にレーシングドライバーは2~3秒後の自分の位置を予測しながらマシンを操縦している。ちなみに、360km/hで夜間走行をする耐久レース車の前照灯は300mで十分の視認性が得られるように設計されている。プロのレーシングドライバーと学生を被験者に、数秒先の状態の予測の角度と情報に対する応答の速さと正確さや、レース中のストレスを模した緊張感が応答特性に与える影響と集中力の持続特性について実験的な解析を試みた。最終的にはレーシングドライバーの育成に活用できる訓練方法を創出したくこの研究を行った。

II. 時間的な予測能力特性

レーシングドライバーはサーキットで競技走行中、常に先を見越して運転操作を行っている。例えば、コーナーに進入するスピードが異なっても、コーナー通過時間が最短でかつ出口速度が最大になるように、ブレーキタイミングや減速度、

加速度を予測判断する。また、動くシケイン（障害路）とも呼ばれる前方を走る車両をもっとも安全に効率よく抜くためにも予測能力は重要である。一方、レーシングドライバーは、視界やメーターの指示の変化などから得る先行情報と、振動や加速度の変化などから得る現状情報とから予測操作をする³⁾。そこで、レーシングドライバーの予測特性を模擬的に再現する実験により解析した。

1. 実験方法

傾斜管中を直線運動する金属製の小球の加速度を変化させて、その小球が管端に到達する時刻を予測させた。この方法は図1のように傾斜角度 θ を段階的に変化させ、管内を小球が転がる加速度を変えられるようになっている。また、管の長さは競技中に先を予測する時間を模して、小球の運動時間が1~2秒程度となるように2200mmとした。管の上端から500mmは透明であるがそこから下はブラインドであり、小球はブラインド部分に入るとすぐに停止するようになっている。なお、管の内径は40mm、金属製小球の直径は35mmである。被験者は小球が管の端部に到達したと推定する時刻にストップウォッチを押す。その結果と計算で求めた理論値と比較を行う⁴⁾。

2. 実験結果

管の傾斜角度 θ は10°から45°まで5°ずつ8段階に変化させることが可能である。被験者は当大学出身のプロレーシングドライバー-密山祥吾選手（2002年度全日本GT300シリーズ戦2位）、また比較対象者としては自動車の運転に精通した動力機械工学科の3名の男子学生を選んだ。

実験結果を図2から図4に示す。横軸は管の傾斜角度 θ 、縦軸は小球が管端に到達する予測時刻である。図中の実線は計算により求めた理論値、太線はレーシングドライバーの予測である。図2は θ を増大させて行った場合であるが、密山選手の予測は理論値とよく一致している。これに対し学生は遅くなる傾向がある。また、中には加速度が大きくなったにもかかわらず、逆の予測

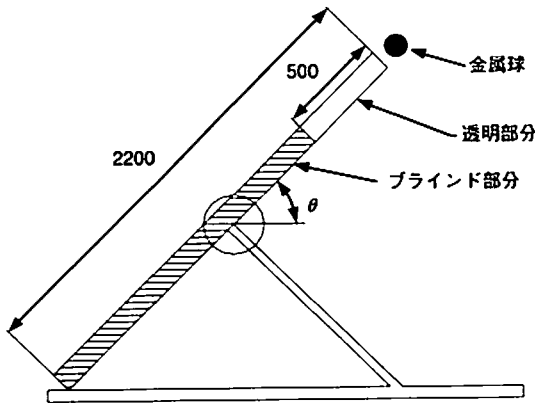


図1 傾斜管式時間予測装置
Fig. 1 Apparatus of inclined tube for time prediction

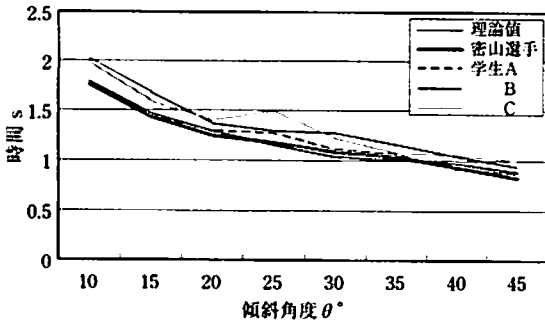


図2 加速度増大時の予測時間
Fig. 2 Predicted time in increasing acceleration

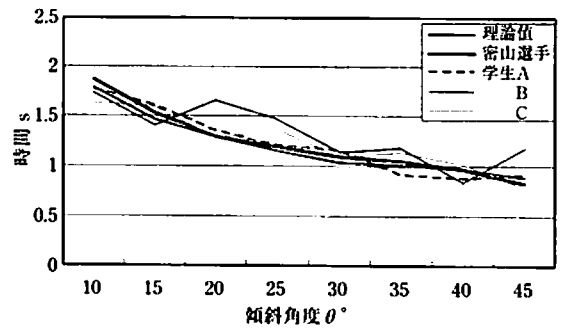


図4 加速度不規則変化時の予測時間
Fig. 4 Predicted time in irregularly changing acceleration

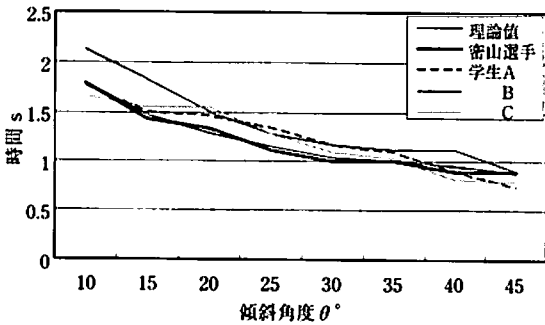


図3 加速度減少時の予測時間
Fig. 3 Predicted time in irregularly changing acceleration

をしたり (C)、あるいは変化が鈍いことがある。

また、傾斜角度 θ を減少させた場合も図3のように、密山選手の予測は理論値とよく一致している。学生の場合は図1の傾向とよく似ているが、さらに予測時間は遅れ、 θ との相関性が乏しくなる者 (A) がいる。これはコーナーへの進入速度がラップ数とともに遅くなったときに、コーナー各部での所定の速度になる時刻が遅れることになり危険な兆候である。例えば、遅い速度でコーナーに進入した場合、減速が遅れコースアウトすることにつながる。

さらに、毎ラップごとにコーナーへの進入速度が異なることを模して θ をランダムに変化させた。この場合は密山選手の予測は理論値と0.1秒以下ではあるが早めに予測することがある。しかし、きわめてよい一致を示している。これに対し学生は予測の誤りやばらつきかなり大きい。学生Aの傾向は理論値と似ているが早めに予測したり

遅れたりしている。Bは定期的にも θ と相関の取れていないところが3カ所あり、前の実験のように全体の傾向から推察できないときに判断の精度を欠くことが分かる。密山選手は加速度や運動速度変化に規則性がない場合でも、定期的のみならず絶対値の予測も高精度であった。密山選手によると、この実験はサーキットを走行時の時間的な予測判断の難しさを再現しており、とくに θ をランダムに変化させた場合はレース中の加速や減速、あるいはコーナー進入速度の変化に対応するとき に似ているとのことであった。

III. ストレスが応答速度に与える影響

緊張感を和らげたりして自分自身を落ち着かせ、集中力上げて実力を最大限に発揮させるためにリラクゼーションが大切であると言われている^{4), 5)}。スポーツ選手のメンタルケアにおいてリラクゼーションは欠かすことができない。しかし、レーシングカーを操縦するレーシングドライバーは常に大きなストレスを感じている。他のスポーツと比べモータースポーツは機械を用いるので、人の持つ能力の限界をはるかに超える応答速度と制度が要求される。先の時間的な予測特性と並行して身体的なストレスが操作の判断や正確度に与える影響を調べた。

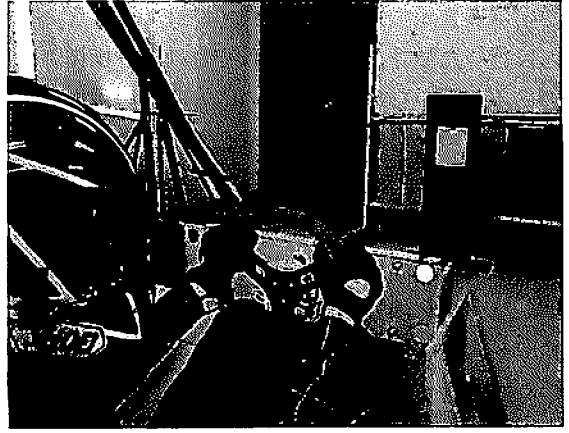
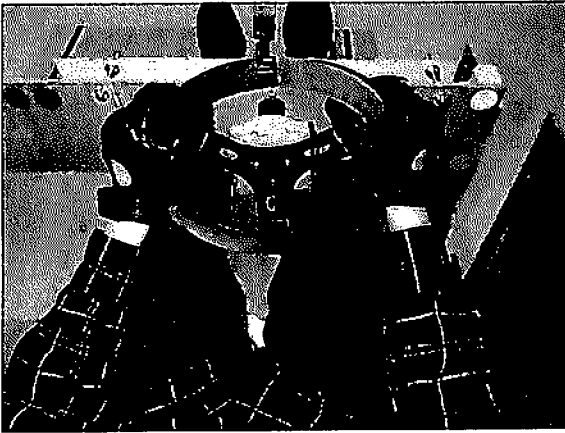


写真1 コックピットの模型
Photo. 1 Mock-up of cockpit

1. 実験方法

現在、動力機械工学科の開発コースで研究中のル・マンカーのコックピットを模したモックアップを用い、応答特性について密山選手と学生との比較を行った(写真1)。このコックピットには、本格的なレーシングカーが備えるドライバーの意思で操作するドリンクシステム(ドライバーの口元にドリンク液を供給)を作動させるドリンクボタンや運転のモードを切り替えるモードスイッチが所定の位置に配置されている。また、走行中に操作するペダル類やスイッチ類やピットの監督との連絡を行う通信ボタンを備えている。運転中にもっとも避けなければならないエンジンのオーバーランへの対応も行うようになっている。

被験者にスイッチやペダルなどの位置を反射的に操作できるように練習させ、また運転操作については外部からボードによって示す情報や指示に対応できるように十分に習熟させた。このボードに示す内容はアクションを促す次の6通りである。

アクセルオン……アクセルペダルを踏み込みシフトアップ

ブレーキング……ブレーキペダルを踏み込みシフトダウン

モードスイッチ……赤いボタン状のスイッチを押す

通信ボタン……青いボタン状のスイッチを押す

ドリンクボタン……黄色いボタン状のスイッチを押す

オーバーラン……認識を意味する緑のボタン状のスイッチを押す

これらの情報や指示はランダムに各5回ずつ出され、被験者はそれを認識して操作を行い、通常の運転状態であるステアリングハンドルに手を戻す。ボードが出された瞬間から操作を完了して通常の状態に戻るまでの時間を測定する。

被験者は安静にしたり談笑をしてごく自然な通常の状態と、実験直前に急遽腕立て伏せを行わせ発汗、頬の紅潮、脈拍が上がった状態を確認し前記の操作を繰り返す。自然な状態ではリラックスしておりストレスは少ないが、激しい運動によりストレスが過剰に加わると判断した。多くのレーシングドライバーからレース中にブレーキが故障したり、前車が事故を起こすと急激に脈拍が上昇するとの報告を得ている。ブレーキの突然の故障や前車のスピンはレーシングドライバーにとってもっとも緊張感を与え、ストレスを急激に増大させそれが脈拍に現れていると考え脈拍の上昇により過剰なストレスが加わっていると想定した。

2. 実験結果

リラックス時の結果を図5に、過剰にストレスが加わったときの応答時間を図6に示す。横軸の

数字は6種類の操作を各5回ずつ計30回をランダムに行った順番、縦軸はそれぞれの応答操作時間である。図の右端には各人の応答時間の平均値と学生3名の平均値を併せて示した。この2つの図を比較すると、密山選手、学生ともにストレスが加わった時の方が応答時間は短縮されている。また、密山選手は学生よりも応答時間が圧倒的に短い。リラックス時には学生全体の応答平均時間の約87%、過剰なストレスが加わったときには約67%の時間で操作を完了している。

実験前はリラックスすることにより、集中力が上がり操作時間が短縮すると推察していたが、結果はストレスが加わった時の方が良好な結果とな

った。特に、密山選手の場合学生に比べストレスが加わった時の方が改善代が大きい。一般にレーシングドライバーは競技中に著しく発汗するので、脱水による意識の低下が懸念される。そこで、競技中の水分の補給は必須となっている。ライフル射撃競技のようにリラクゼーションにより、全身の力を抜き銃の動きを小さくするスポーツとは異なり、モータースポーツは過剰なストレスも必要であると考えられる。しかし過度なストレスの連続は疲労や集中力の低下をもたらしかねないので本実験と同時に次の実験も行った。

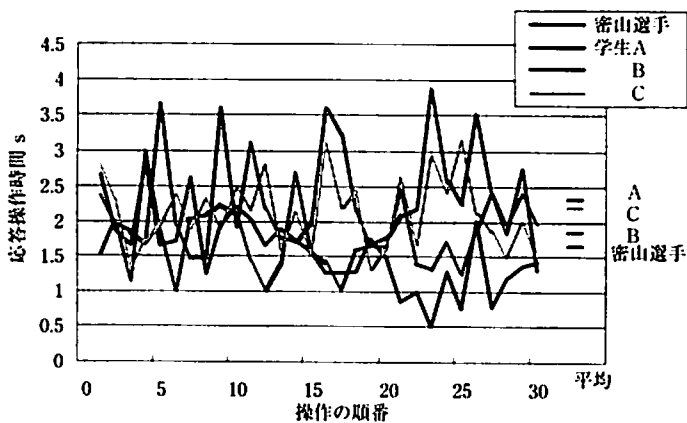


図5 リラックス時の応答操作時間
Fig. 5 Response and operation time at relaxation

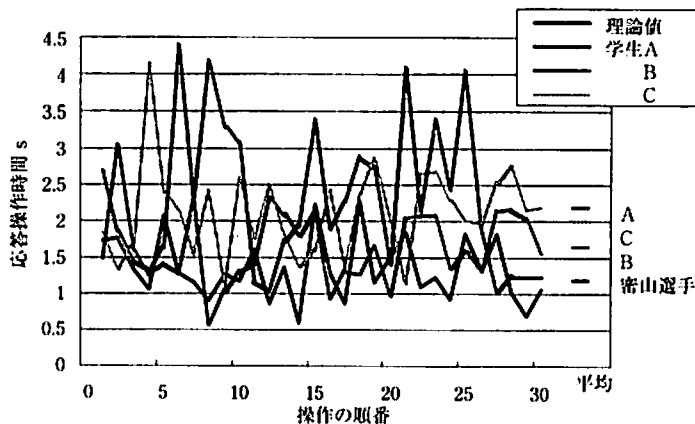


図6 ストレス時の応答操作時間
Fig. 6 Response and operation time at exertion

IV. 集中力の持続特性

サーキットを走行する際、先行情報である視界からの情報は最も重要である。その基本的な視点は2～3秒後の自分の位置に置き、目を動かしてメーターなどから別の情報を得、不必要に頭部を動かさないほうが良いと考えられる^{2), 3)}。

1. 実験方法

最適な視点を自然に得るように頭部を静止させているのが、疲労により変動する様子を図7のような装置により測定した。被験者にフルフェイスのヘルメットを被せ、後頭部をヘッドレストに当てて運転姿勢をとらせる。また、そのヘルメットの側面には被験者の目線の高さにレーザーポインターを取り付けてある。この状態でレーザー光は水平に照射され、3.5m離れた位置にある鉛直に立てられたボードの丸型方眼紙の中心に当たるように調整されている。被験者が前述の各操作を行うときの照射点を記録して、その照射点の中心からのずれの距離を測定した。

2. 実験結果

ボード上に30個ある照射点中心からのずれの距離を平均した長さを半径とする円の大きさと、リ

ラックス時と過剰なストレスが働いた場合の頭部の動きを評価した。円の半径をmmで表すと下のようになった。

被験者	リラックス時	ストレス時
密山選手	26.7mm	36.1mm
学生 A	28.4	46.9
B	54.4	54.6
C	39.5	51.3

密山選手の操作による頭部の動きはリラックス時、ストレス時ともにいずれの学生よりも小さい。また、学生の平均値がリラックス時40.8mm、ストレス時50.9mmであるのに比べ、それぞれ65%、71%であり集中力の高さが推察される。しかし、ストレスによる半径の増大は密山選手が9.4mm、学生の平均が10.1mmであるので増大割合は約9.3%となり、ストレスによる集中力の低下はこの実験で見える限り相対的に小さい。密山選手はリラックス時においても集中力が高いと考えられる。

一方、図5、図6の結果からは学生の応答時間の短い順はB、C、Aであるが、集中力の維持の点からはA、C、Bとなり、応答の速さと集中力とは相反するように見える。しかし、Aはストレスによる半径の増大割合は約65%であり、ストレス時には他の学生に近づく傾向がある。これらの結果からも普段から集中力を発揮してレーシング

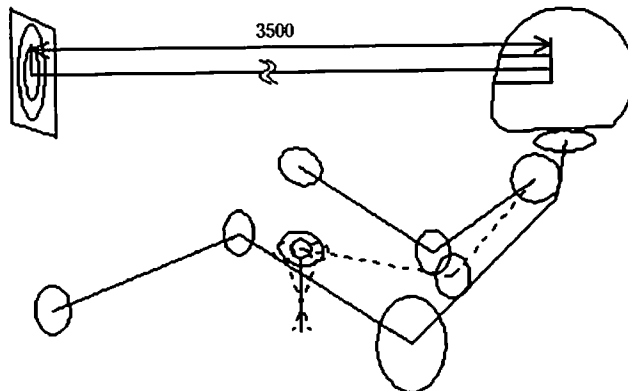


図7 集中度評価装置
Fig. 7 Apparatus of evaluation for concentration

カーを操縦するレーシングドライバーは、安定して集中力を維持しているといえる。なお、この実験について密山選手は頭部の動きはストレートを走行中と酷似している。しかし、コーナーリングやブレーキング中は視線の動きが大きくなるので、それともなあって頭部の動きも大きくなるのでそれを考慮すべきであると指摘している。

V. 考察と結論

これらの3通りの実験結果について各項目毎にも考察した。ここで、これらに加え総合的に考察すると、最後の実験で高い集中力を示した学生の順で時間的な予測実験において理論値に近いという結果が得られた。しかし、応答速度とは大きな相関性は見られなかった。一方、密山選手はすべての評価で優れた結果を出している。レース中には常に相手との駆け引きがあり、隣を走行する車両のドライバーの顔を見ながら、ブレーキングポイントを決めることもある。また、精神的にも昂ぶった状態での瞬間的な判断と予測、応答が求められる。また、応答速度がストレスによって改善されるという結果が得られ、リラクゼーションによって集中力を高めるという考えはこれと相反することになる。筆者の一人はかつて多くのレースをエンジニアあるいは監督として戦い、レーシングドライバーが先行情報と現状情報とから瞬時に正確に判断し、機敏かつ正確に操作を行うことの重要性を経験してきた。

大きな成果を得ているスポーツ医科学研究所の有賀助教授や恩田講師らが密山選手に実施している身体的なトレーニングや食事のアドバイスに加え、この研究の結果を利用して精神的な側面の強化に役立てたい。

- (1) 小球の加速度を大きくした装置を開発して時間的な予測能力の向上
- (2) 応答速度を高めるイメージトレーニング
- (3) 実験室的にストレスを高めた状態での模擬操作

- (4) ストレスによって模擬運転操作時に不必要に動揺しない訓練

VI. おわりに

この研究の結果はレーシングドライバーの特性のごく一部を明らかにしたに過ぎない。モータースポーツで特に重要であるといわれる闘争心や、究極のマンマシンメカニズムと呼ばれるレーシングカーの技術的な理解度の必要性などに関する研究がまだ残されている。ここでは引用しなかったが、IIの予測能力特性についてはデイトナ24時間耐久レースで優勝した鈴木利男選手及び筑波12時間耐久レースでも優勝経験のある女性レーシングドライバー佐藤久実選手にも実施したが、密山選手とよく似た結果が得られている。

今後は評価項目を増やして多角的にレーシングドライバーの特性を解析するとともに、サンプル数を増加させデータの信頼性を高める必要がある。また、研究設計中の東海大学独自のル・マンカーの操縦系にこの結果を盛り込みたい。おわりに、この研究にご協力をいただいた東海大学スポーツ医科学研究所の皆様、本学出身のレーシングドライバー密山選手に効果的なトレーニングを実施してGT選手権レースで好成績をおさめる基礎体力の増強をはかられた有賀誠司助教授と恩田哲也講師、ならびにレーシングドライバーにインタビューして心理的な特性に関する情報をご提供いただいた体育学部社会体育学科の吉川政夫教授に深甚な謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤公俊, 吉川政夫: レーシングドライバーに必要な心理的競技能力の特徴. 東海大学スポーツ医科学雑誌 第14号: 63-70, 2002.
- 2) 林義正: レーシングカーに見る車両高速化の極限と人間. 日本機会学会第70期通常総会特別公演前刷集: 908-911, 1993.
- 3) 林義正: 車両高速化の極限と人間工学——レー

レーシングドライバーの予測と応答特性に関する研究

- シングカーを中心として——. 機械の研究 第47巻
第3号: 28-32, 1995.
- 4) 村上和紀: レーシングカーの操縦における身体,
精神的な状態に関する研究. 東海大学大学院修士

論文: 東海大学, 2000.

- 5) 米良文彦: F1運動生理学. F1速報第20巻第26号,
42-43, 2002.



大学女子柔道選手と 大学女子剣道選手における 身体組成の違いについて

恩田哲也 (スポーツ医科学研究所) 有賀誠司 (スポーツ医科学研究所)

中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

吉村哲夫 (体育学部武道学科) 大塚真由美 (体育学部武道学科) 松本秀夫 (体育学部武道学科)

The study on the body composition of women students Judo players and Kendo players
—the comparison between Judo players and Kendo players—

Tetsuya ONDA, Seiji ARUGA, Yutaka NAKAMURA, Tamotsu TERAO,
Tetsuo YOSHIMURA, Mayumi OTSUKA and Hideo MATSUMOTO



Abstract

This study will attempt to analyze the body composition of the differences between judo players and kendo players.

Thirty-four female University Judo club members and twenty-four female University Kendo club members were participated in this study. The following measurements were used the Hologic QDR-4500 such as body weight, body muscle volume, body fat volume, body bone volume in each body parts (Head, R-arm, L-arm, Trunk, R-leg, L-leg, Totals). The results showed were as follows;

Judo players were shown higher percentage of total volume in Right & Left arms compare to Kendo players, because it was caused of their muscle volume and their bone volume. Kendo players were higher percentage of fat volume in the Trunk than Judo players. Kendo players were also shown higher percentage of their bone volume in Left-leg and Head. These differences were caused of specific characterize both in Judo and Kendo.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 26-31, 2003)

1 序 論

競技スポーツにおいては、パフォーマンスの向上を主な目的として、トレーニングや練習などが行われる。その運動競技のパフォーマンスに影響を与える要素として、筋肉、脂肪、骨などを中心

とする組織の割合を示す身体組成が上げられる。しかしながら、種目によって運動形態や活動様式などが異なる為に、それぞれの競技によって形成された身体組成及び身体的特徴は異なると思われ、言い換えるなら、それらの特定の競技に関連したトレーニング等を長期間行うことにより、種目特有の身体的変化が必然的に生じてくると考えられる^{1), 2)}。一般には、筋力やパワーなどが勝負を

左右するような競技では、絶対的な筋量の多さを必要とするものの、マラソン等のように長時間にわたる持続的な運動においては、脂肪量が少ないとことがよいとされる。しかしながら、実際の多くのスポーツ競技では不規則に筋力、パワー、持久的要素が複雑に絡み合っている。

そこで、今回は日本を代表する武道競技の柔道と剣道において、身体組成に及ぼすそれぞれの競技による影響及び特徴を把握することを目的とし、学生女子柔道選手と女子剣道選手を対象に、身体全体と各部位における重量、筋肉量、脂肪量、骨量の違いを観察し検討を行った。

II. 方法

対象は東海大学女子柔道部員34名と女子剣道部員24名であり、Hologic社製、QDR-4500Aを用い二重エネルギーX線吸収法(DXA法)で測定を行った。測定項目においては、重量、筋肉量、脂肪量、骨量を、頭部、上肢(左右)、体幹、下肢(左右)の六部位において、全体におけるその割合から比較検討を行った。検定はT検定を用い5%水準で、その差の有無を判定した。

表1は対象者の身体的特徴を示している。

表1 測定対象者の身体的特徴
Table 1 The physical characteristics of subjects

	N	年齢	身長 cm	体重 kg	体脂肪率
柔道部	34	20.40 ± 1.30	161.3 ± 6.30	61.04 ± 7.18	20.54 ± 4.4
剣道部	24	19.54 ± 1.02	160.0 ± 5.09	59.04 ± 8.62	23.98 ± 4.3

表2 身体部位における重量(g)
Table 2 The volume (weight, muscle, fat and bone) of each body parts (g)

		L-arm	R-arm	Trunk	L-leg	R-leg	Head	Totals
重量	柔道部	3698.0 ± 489.3	3864.7 ± 536.8	27781.8 ± 3385.4	10498.3 ± 1477.1	10744.4 ± 1570.2	4457.0 ± 386.9	61044.0 ± 7182.9
	剣道部	3147.3 ± 515.5	3380.2 ± 490.5	27324.4 ± 4309.3	10312.0 ± 1679.1	10560.7 ± 1634.9	4314.2 ± 312.7	59038.6 ± 8616.4
筋肉量	柔道部	2725.5 ± 381.4	2858.5 ± 380.9	22378.2 ± 2279.4	7407.2 ± 954.1	7555.6 ± 985.3	3032.2 ± 268.4	45948.1 ± 4802.9
	剣道部	2145.4 ± 273.6	2395.9 ± 244.3	20939.1 ± 2385.4	6853.9 ± 883.4	7118.5 ± 853.7	2958.2 ± 212.9	42411.0 ± 4516.6
脂肪量	柔道部	784.3 ± 212.1	812.9 ± 228.5	4654.6 ± 1531.0	2654.7 ± 674.1	2754.8 ± 721.5	875.7 ± 77.5	12537.0 ± 3129.1
	剣道部	855.9 ± 326.6	833.8 ± 301.6	5789.6 ± 2396.9	3057.6 ± 870.5	3047.7 ± 885.7	856.6 ± 62.7	14441.2 ± 4615.3
骨量	柔道部	182.2 ± 24.8	191.5 ± 27.1	747.6 ± 89.8	445.9 ± 52.9	451.5 ± 53.7	548.5 ± 66.3	2567.2 ± 259.9
	剣道部	146.0 ± 18.4	150.5 ± 17.8	595.7 ± 81.3	400.5 ± 56.3	394.5 ± 54.7	499.2 ± 59.1	2186.5 ± 244.6

III. 結果

表2は柔道選手と剣道選手の重量・筋肉量・脂肪量・骨量を各部位と全体における平均値を表している。重量に関しては全体及びすべての部位において柔道選手の方が剣道選手より大きな値を示していた。又、部位別でそれらの量は両競技者ともに、体幹、右下肢、左下肢、頭部、右上肢、左上肢の順に重くなり、最も重い体幹では柔道が2781.8g (± 3385.4)、剣道が27324.4g (± 4309.3)であった。筋肉量に関しても重量同様に、全体及びすべての部位において柔道選手の方が剣道選手より大きな値を示していた。柔道選手における身体全体の筋肉量は45948.1g (± 4802.9)であったのに対し、剣道選手は42411.0g (± 4516.6)であった。また、部位ごとのその重さにおいても各部位の重量同様に体幹、右下肢、左下肢、頭部、右上肢、左上肢の順に重い。脂肪量に関しては、頭部以外、逆に剣道選手の方が柔道選手より大きな値を示し、身体全体の脂肪量では剣道選手が14441.2g (± 4615.3)で柔道選手は12537.0g (± 3129.1)であった。部位ごとにおける脂肪量は、剣道選手が体幹、左下肢、右下肢、頭部、左上肢、

右上肢の順で量が多かったが、柔道選手においては、重量及び筋肉量と同様に、体幹、右下肢、左下肢、頭部、右上肢、左上肢の順であった。骨量に関しても、全体とすべての部位において柔道選手が剣道選手より重い値を示した。身体全体の骨量は柔道選手が2567.2g (±259.9)、剣道選手が2186.5g (±244.6)であった。しかしながら、骨量の部位ごとの重さでは、柔道選手が体幹、頭部、右下肢、左下肢、右上肢、左上肢の順であったのに対し、剣道選手においては体幹、頭部、左下肢、右下肢、右上肢、左上肢と左右下肢における順位が異なっていた。

表3は柔道選手と剣道選手の重量・筋肉量・脂肪量・骨量を各部位においてその割合で示している。重量では、体幹がすべての部位の中で、柔道選手、剣道選手ともに、それぞれ45.5% (±1.7)と46.3% (±1.4)と大きな割合を占めている。一方最もその割合が少なかったのは、両競技者とも左上肢であり柔道選手が6.1% (±0.6)、剣道選手が5.3% (±0.4)であった。部位別でそれらの割

合が大きいのは両競技者ともに、体幹、右下肢、左下肢、頭部、右上肢、左上肢の順になっている。両競技者の重量における比較では(表4)、左右上肢において差が認められ、柔道選手の方が上肢において剣道選手よりその重量の身体的割合が大きくなった(左上肢 $T = 6.023 \cdot P < 0.001$; 右上肢 $T = 5.962 \cdot P < 0.001$)。筋肉量に関しても、体幹がすべての部位の中で最も大きな割合を占め、柔道選手48.7% (±1.3)、剣道選手49.4% (±1.4)となった。最も割合が少なかったのは重量同様に左上肢であり柔道選手が5.9% (±0.6)で、剣道選手が5.1% (±0.4)であった。筋肉量における、各部位の割合における両競技者間の比較では(表4)、左右上肢及び頭部においてその差が認められ、左右上肢においては柔道選手の方が、その割合が大きいのに対し(左上肢 $T = 6.746 \cdot P < 0.001$; 右上肢 $T = 5.700 \cdot P < 0.001$)、頭部においては剣道選手の方が、その割合が大きくなっている ($T = -3.214 \cdot P < 0.01$)。脂肪量は、重量と筋肉量同様に体幹での割合がすべての部位の中

表3 身体部位における割合 (%)

Table 3 The percentage of volume (weight, muscle, fat and bone) in each body parts

		L-arm	R-arm	Trunk	L-leg	R-leg	Head
重量	柔道部	6.1% ± 0.6	6.3% ± 0.5	45.5% ± 1.7	17.2% ± 0.8	17.6% ± 0.9	7.3% ± 0.6
	剣道部	5.3% ± 0.4	5.7% ± 0.3	46.3% ± 1.4	17.5% ± 0.6	17.9% ± 0.7	7.3% ± 0.7
筋肉量	柔道部	5.9% ± 0.6	6.2% ± 0.5	48.7% ± 1.3	16.1% ± 0.7	16.4% ± 0.9	6.6% ± 0.5
	剣道部	5.1% ± 0.4	5.7% ± 0.3	49.4% ± 1.4	16.1% ± 0.7	16.8% ± 0.7	7.0% ± 0.5
脂肪量	柔道部	6.3% ± 0.8	6.5% ± 0.7	36.6% ± 4.6	21.3% ± 2.0	22.0% ± 2.1	7.4% ± 1.7
	剣道部	5.9% ± 0.9	5.7% ± 0.8	39.3% ± 5.0	21.4% ± 2.1	21.4% ± 2.3	6.4% ± 1.5
骨量	柔道部	7.1% ± 0.7	7.5% ± 0.8	29.1% ± 1.9	17.4% ± 0.8	17.6% ± 0.9	21.4% ± 1.7
	剣道部	6.7% ± 0.5	6.9% ± 0.4	27.2% ± 1.4	18.3% ± 1.0	18.0% ± 1.0	22.9% ± 1.7

表4 身体部位の割合における統計的差の有無

Table 4 The significant differences between Judo players and Kendo players

		L-arm	R-arm	Trunk	L-leg	R-leg	Head
重量	柔道部	***	***				
	剣道部						
筋肉量	柔道部	***	***				**
	剣道部						
脂肪量	柔道部		**	*			*
	剣道部						
骨量	柔道部	**	**	***	**		*
	剣道部						

p < 0.001 = *** p < 0.01 = ** p < 0.05 = *

で大きく、柔道選手が36.6% (±4.6)、剣道選手が39.3% (±5.0) となった。最も割合が少なかったのは、柔道選手が左上肢の6.3% (±0.8) であったが、剣道選手においては右上肢の5.7% (±0.8) であった。又、下肢においても脂肪量に関しては、柔道選手と剣道選手その割合が多い方の下肢が逆になっている。両競技者の脂肪量における比較では (表4)、右上肢、体幹、頭部において差が認められた。右上肢、頭部においては、柔道選手の方が剣道選手より脂肪量の身体的割合が大きく (右上肢 $T = 3.582 \cdot P < 0.01$; 頭部 $T = 2.381 \cdot P < 0.05$)、体幹においては剣道選手が、その割合が大きかった ($T = -2.049 \cdot P < 0.05$)。骨量では、体幹において柔道選手が29.1% (±1.9)、剣道選手が27.2% (±1.4) とすべての部位の中で最も大きな割合を占め、次いで頭部において、柔道選手21.4% (±1.7)、剣道選手22.9% (±1.7) となった。最も割合が少なかったのは、左上肢であり柔道選手が7.1% (±0.7) で、剣道選手が6.7% (±0.5) であった。又下肢においては僅かであるが、脂肪量の割合と同様に、左右におけるその割合の量が柔道選手と剣道選手では逆になっていた。割合における各部位のごとの両競技者間の比較では (表4)、右下肢を除いてすべての部位でその差が認められた。左右上肢、体幹においては、柔道選手の割合が大きく (左上肢 $T = 2.757 \cdot P < 0.01$; 右上肢 $T = 3.510 \cdot P < 0.01$; 体幹 $T = 4.456 \cdot P < 0.001$)、左下肢及び頭部においては剣道選手のその割合が大きかった (左下肢 $T = -3.713 \cdot P < 0.01$; 頭部 $T = -2.722 \cdot P < 0.05$)。

IV. 考 察

本研究の結果において被験者の身体特徴として、柔道選手と剣道選手との間に平均で体重約2kg柔道選手の方が重たいものの、体脂肪率では約3.4%剣道選手の方が高い。このことは、身体部位における重量に顕著に表れており、頭部を除く脂肪量においては剣道選手の方が大きな値を示した。

また、その他の項目では柔道選手の方が大きな値を示している。運動競技選手は一般成人よりも体脂肪量の減少が認められているが³⁾、両運動競技者においては、練習や運動量の量的な部分の違いもあると思われるが、柔道及び剣道の競技特性に準じた練習形態といったものの影響によるものではないであろうか。柔道競技の場合、現在では一試合5分で行われ、攻撃姿勢がみられない場合は反則が即座に与えられ、実質、試合時間の5分間常に攻めまくるような状態が続く。それに加え体重別による階級制度が通常用いられている。一方剣道競技においては、通常試合時間が4分から5分間で、尚かつ勝負がつかない場合においては、その後勝負がつくまでの延長戦が行われ、場合によっては10数分になることさえある。競技性においては、常に動作として攻撃し続けるのではなく、相手との間を取るような状態も多く、「静的」な間から「動的」な攻撃へと移行していく。これらの違いから脂肪量を中心とした、柔道選手と剣道選手の身体組成における違いが現れているのではないだろうか。

身体部位の割合において、重量に関し左右上肢における柔道選手と剣道選手との間に差が見られた。同様な結果が、筋肉量及び骨量においても認められ、トータルの面で重量においてこのような差が現れたと思われる。これら3項目において、竹刀、木刀等の道具を用いる剣道選手の方が低く、直接相手と組み合う柔道選手の方が大きい。柔道選手の場合は、直接相手と組み合い、相手の体重を直接コントロールするため、直接大きな筋力が必要とされる。しかし、剣道選手において、竹刀や木刀を振るという動作において、野球の投手が肩関節の周りの筋肉などが筋肥大し過ぎると投球動作に無駄が生じると考えられているのと同様に、必要以上の筋肉が竹刀を振り下ろすことにマイナスになる為に、この様な差が生じるとも考えられる。骨量においても、相手を直接引き出したり、押し出したり筋力同様に直接力学的負荷がかかる分、柔道選手の方が剣道選手より大きな値となっている。実際に、石井⁴⁾ 福林⁵⁾、らも柔道競技と

剣道競技における骨への影響について同様の傾向を示している。体幹における、その割合でもその差は脂肪量と骨量において認められた。脂肪量においては、柔道と剣道における運動形態の違いにより、剣道選手は体幹を中心に柔道選手より蓄積されているようである。骨量においては、上肢と同様の理由で柔道選手の値が剣道選手よりも高くなっていると推測出来るものの、柔道競技において、投げられたりすることによる体幹における衝撃が何らかの影響を与えているかもしれない。下肢においては唯一差が認められたのが、左下肢における骨量で、その割合に関しては剣道選手の方が柔道選手より高い。これは、柔道競技の場合、試合及び練習の多くは畳の上で行われるものの、剣道競技の場合は、通常板の床で行われる。又、技術的な面において柔道では、下肢で踏み切るような動作は少なく上体の崩しから、技の掛けにつなげ投技を試みる。しかしながら、剣道においては相手との間合いから、瞬時に左下肢より踏み切り、飛び込むような動作が多分にある。バレーボールやテニス等の衝撃力の高い運動選手が骨密度が高いことから^{4)・5)}、これらの運動形態及び運動環境によって違いが現れたと考えられる。頭部においては、総重量においては差が認められなかったものの筋肉量、脂肪量、骨量において認められた。しかしながら、脂肪量に関しては柔道選手の割合が大きく、筋肉量及び骨量においては剣道選手が高い割合を示した。今回の測定における頭部とは、実際においては顔面部を含む部位を示しているものの、これらの部位においては量的変化が少ないと考えられ、今回のように身体部位における割合では相対的な要素が影響すると思われる。しかしながら、剣道においては防具として頭部には約2kgの面をつけ、竹刀による相手からの打突も多くあり、これらの影響が結果として、筋肉量及び骨量に現れていると思われる。

これらの事より、柔道選手と剣道選手の形態に関する違いは、脂肪量が剣道選手の方が多く、競技形態の違いによる影響かと推測する。部位別では、上肢の身体的割合が柔道選手の方が大きく、

それは筋肉量及び骨量の影響によるものであと思われる。そして、体幹においては剣道選手が脂肪量において高い割合を示し、このことは量的にも多い脂肪量は、体幹を中心として多くなっていることになる。体幹の骨量では柔道選手の方が大きく、上肢と同様の理由で柔道選手の値が剣道選手よりも高くなっていると推測する。下肢においては、剣道競技で打突動作の際、力学的負荷がかかる、踏み切り足の左下肢が骨量の割合が大きく、頭部においても、防具や直接の打突部位の影響と考えられ、骨量が柔道選手よりその割合が高い。又、頭部における筋肉量及び脂肪量の両競技者による相違は、主に部位における相対的な影響によるものであると考えられる。

V. まとめ

本研究では、身体組成への運動競技が及ぼす影響について把握することを目的とし、今回は日本を代表する武道競技である柔道、剣道に着目し、それらの競技選手の体組成の比較検討を行った。東海大学女子柔道部員34名と女子剣道部員24名を対象とし、身体における体重、筋肉量、体脂肪量、体脂肪率、骨量を、頭部、上肢（左右）、体幹、下肢（左右）の六部位において、Hologic社製、QDR-4500Aを用い二重エネルギーX線吸収法（DXA法）で測定をし、以下のような結果を得た。柔道選手においては、身体の割合として、上肢の割合が高く、筋肉量及び骨量においても同様の傾向を示してた。剣道選手においては、脂肪量が柔道選手より多く、割合的には主に体幹を中心としてその量が多い。これらの違いは競技特性による影響によるものだと考えられる。又、剣道選手においては、左下肢及び頭部における骨量の身体的割合が大きく、剣道競技独特の打突動作の際に生じる影響だと思われる。

参考文献

- 1) 角田直也, 金久博昭, 福永哲夫, 近藤正勝, 池

- 川繁樹：大腿四頭筋断面積における各種競技選手
の特性，体力科学，35，pp. 192-199，1986.
- 2) 福永哲夫：運動の種目特性と体脂肪—スポーツ
パフォーマンスに及ぼす身体組成—，臨床スポー
ツ，Vol. 17，No. 1，35-44，2000.
- 3) 阿部 孝，福永哲夫：日本人の体脂肪と筋肉分布，
杏林書院，12-14，1995.
- 4) 石井直方：筋と筋力の科学—筋・骨格系の仕組
みとトレーニング—，フィジーク，No. 110，Feb，
1999.
- 5) 福林 徹：骨の代謝とトレーニング・運動との
関係，コーチングクリニック，6-11，10.1999.
- 6) 恩田哲也，有賀誠司，寺尾 保，中村 豊，宮
崎誠司，白瀬英春，中西英敏：女子柔道選手の体
重調整による体組成の変化，東海大学スポーツ医
科学雑誌，第12号，36-41，2000.
- 7) 恩田哲也，有賀誠司，寺尾 保，中村 豊，宮
崎誠司，白瀬英春，中西英敏，北田見三：女子柔
道選手の体脂肪分布の特性について，東海大学ス
ポーツ医学雑誌，第13号，34-39，2001.
- 8) 坂本孝子，高橋勝美，谷代一哉，中野正一：
形態および体組成からみた剣道選手の四肢の左右
差，運動とスポーツの科学，第7巻 第1号，pp.
44-55，2001.
- 9) 下方浩史：体脂肪分布—腹部型肥満と基礎臨床—，
杏林書院，1996.
- 10) 山神真一，百鬼史剛，草間益良夫，木原資裕，
境英俊：大学剣道選手の脂肪・除脂肪断面積の男
女差について，武道学研究，22-2，pp. 47-48，
1989.

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

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 桑平一郎 (医学部内科学系呼吸器内科学)
宮川千秋 (体育学部体育学科) 恩田哲也 (スポーツ医科学研究所)
中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 三田信孝 (体育学部社会体育学科)
山並義孝 (体育学部社会体育学科) 齋藤 勝 (体育学部体育学科)

The Effect of Walking Exercise in Hypobaric and normobaric Environments for Weight Reduction in Obese Adults

Tamotsu TERAO, Ichiro KWAHIRA, Chiaki MIYAKAWA, Tetsuya ONDA,
Yutaka NAKAMURA, Nobutaka MITA, Yoshitaka YAMANAMI and Masaru SAITO

Abstract

The purpose of this study was to elucidate the effect of walking exercise based on the lactate threshold (LT) in hypobaric and normobaric environments for body weight reduction in obese adults. For 3 days/week for 4 weeks of walking exercise, an experimental group (EG) of obese adults walked 1 day under hypobaric environment (1500m) and the remaining 2 days under normobaric environment. A control group (CG) of obese adults exercised under a normobaric environment for 3 days/week. All the subjects walked for 60 minutes on a treadmill. Before and after the training in EG and CG, the following parameters were measured ;body weight (BW), % body fat and resting metabolic rate (RMR) at 08:30-09:00 a.m.. BW and % body fat in EG and CG did not differ between before and after 4 weeks. RMR was also not significantly different. However, the different magnitudes of the mean values between before and after 4 weeks in EG tended to be greater than that in CG. Energy obtained from lipids was determined based on the respiratory quotient at rest in EG, which was tended to have increased after the training. The improvement of obesity in EG may be more clearly induced to continue over a longer period of time than normobaric environment alone in CG. These results indicate that walking exercise based on the LT in hypobaric and normobaric environments may be a useful method for body weight reduction and exercise treatment for obesity.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 32-38, 2003)

I. 緒 言

従来、生活習慣病と環境条件との関連から、標高1000~3000mの高地住民には、冠心疾患や高血圧症などの発生率が低く、また、長寿者の多いこと¹⁾が報告されている。その理由として、高地では基礎代謝(安静時代謝)が平地より高く、冠血管が拡張しやすい²⁾、平地より高地の方が生体負担度が大きく、呼吸循環系への刺激が増大する³⁾、脂質の動員と利用が亢進する¹⁾などの要因が考えられている。前述の生体諸機能変化は、高地滞在により低圧低酸素環境下に適応し順化することにより、生活習慣病の発生を抑制している可能性のあることが考えられる。

肥満と運動に関しては、肥満が多く生活習慣病(脳血管障害、心肥大・心臓血管障害、高血圧症、高脂血症、糖尿病など)の誘因になることから早期に改善する必要がある。運動不足は、単に消費エネルギーが低下するというだけでなく、体内にエネルギーが蓄積されやすくなるという代謝状態における変化の面の方が大きいこと、さらに、運動不足の状態では基礎代謝が減少し、貯蔵エネルギーが増加しやすくなることや、また、脂肪合成酵素も亢進することで体内に脂肪が蓄積しやすくなることなど⁵⁾が指摘されている。そこで、肥満の予防・改善を目的として、身体運動の必要性が論じられている。

近年、高地(低圧低酸素環境)と運動に関する研究では、高地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、幅広い年齢層のヒトに対しても比較的短期間に心血管系および有気的作業能の改善がみられ、健康増進に貢献する可能性³⁾のあることが指摘されている。さらに、肥満の早期的改善には、平地よりも高地でのトレーニングがエネルギー消費量の増大および基礎代謝の亢進などを得ることが推測され、肥満者の減量・ウエイトコントロールに有効であろうと考えられる。

事実、私たちは、人工的高地環境システムの低圧室(低圧低酸素環境)を用い、肥満者およびスポーツ選手を対象に、身体組成およびエネルギー代謝の面から減量・ウエイトコントロールに関する研究⁶⁻⁸⁾について検討を行っている。これまでの肥満に関する研究⁹⁾では、週3回の頻度で標高1500mに相当する低圧低酸素環境下の歩行運動は身体的に安全で、比較的短期間で運動能力を向上させ、効果的な減量ができる可能性のあることを示唆している。

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、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、前述のように歩行運動を週3回の頻度に限定した場合、1回の低圧低酸素環境下と残り2回の常圧環境下で併用したトレーニングを継続した際の有効性について、体重、体脂肪およびエネルギー代謝の面からどのような影響を及ぼすかを検討した。

II. 実験方法

1. 対象者

実験対象は、成人の男子肥満者10名を被験者とした。肥満者は、対照群5名(身長 167.4 ± 2.5 cm、体重 76.9 ± 9.5 kg、体脂肪率 24.9 ± 1.3 %)と実験群5名(身長 168.0 ± 3.1 cm、体重 74.4 ± 11.5 kg、体脂肪率 25.4 ± 2.8 %)に分け、歩行運動を行わせた。なお、被験者には、実験の概要を十分に説明し、実験参加の同意を得た。

2. 環境条件

常圧および低圧環境下の実験は、東海大学スポーツ医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、常圧環境下(気圧、760mmHg)および低圧環境下(標高1500mに相当する気圧、634mmHg)にそれぞれ調整して行った(室温を20℃、相対湿度55%)。

3. 運動負荷テストおよびLTの判定

常圧および低圧環境下における運動負荷テストの測定には、トレッドミル（速度を6 km/hに固定）を用い、4～5種類の異なった傾斜角を選んで、低角度からそれぞれ10分間の歩行運動を行わせた。各運動の間には、10分間の休息时间を入れた。

血中乳酸濃度は、各10分間の運動終了直後に指先から微量の採血を行って測定した。LTの判定は、運動強度と血中乳酸濃度との関係から、LTに相当するトレッドミル傾斜角を求めた。

4. 持久的トレーニング

実験群に対する低圧環境下の持久的トレーニングは、4週間にわたり、週3回の頻度で1回が低圧環境下、残り2回が常圧環境下で1日60分間の運動とした。なお、対照群は、実験期間中、週3回の頻度で常圧環境下の歩行運動を行わせた。常圧環境下の歩行運動には、走者応答型トレッドミルを用いた¹⁰⁾。

トレーニング期間中は、摂取エネルギーの制限など強制的な栄養指導は行わず本人の自主性に任せた。

5. 安静時代謝量の測定

トレーニング前後の安静時代謝量は、常圧環境下（気圧760mmHg、室温25℃、相対湿度55%）で、前日の夕食後12時間以上の絶食状態で午前8時30分～9時に椅座位で測定を行った。なお、トレーニング後の安静時代謝量は、歩行運動終了の2日後に行った。

6. 測定方法

血中乳酸濃度は、グルコース・ラクテートアナライザー2300STAT（米国、YSI社）、体脂肪率が体内脂肪計TBF-305（日本、タニタ）をそれぞれ用いて測定した。エネルギー代謝量は、テレメトリー式呼吸代謝計測装置K4（イタリア、Cosmed社）を用いて行い、さらに、この装置の栄養管理ソフトによって全エネルギー消費量、糖質および脂肪からの推定エネルギー消費量¹¹⁾等

を算出した。

7. 統計解析

統計量は、平均値±標準偏差で示した。各群におけるトレーニング前後の体重、身体組成、エネルギー代謝量などの有意差の検定には、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. 4週間のトレーニング前後における体重の変化

4週間のトレーニング前後における体重の変化を図1に示した。実験群および対照群の両群とも、4週間のトレーニング前後で有意な差がみられなかった。

2. 4週間のトレーニング前後における体脂肪率の変化

図2に4週間のトレーニング前後における体脂肪率の変化を示した。実験群および対照群の体脂肪率も前述の体重と同様に4週間のトレーニング前後で著明な変化が認められなかった。

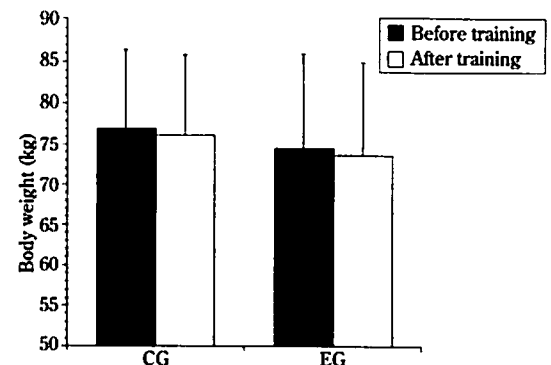


図1 4週間のトレーニング前後における体重の変化
Fig. 1 Changes in body weight before and after training for 4 weeks. Values are expressed as means ± SD. CG; control group, EG; experimental group

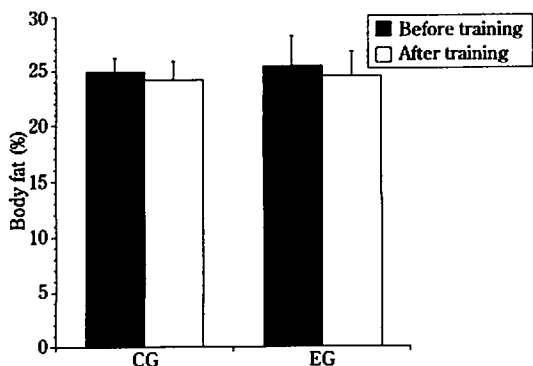


図2 4週間のトレーニング前後における体脂肪率の変化
Fig. 2 Changes in % body fat before and after the training for 4 weeks. Values are expressed as means \pm SD. CG; control group, EG; experimental group

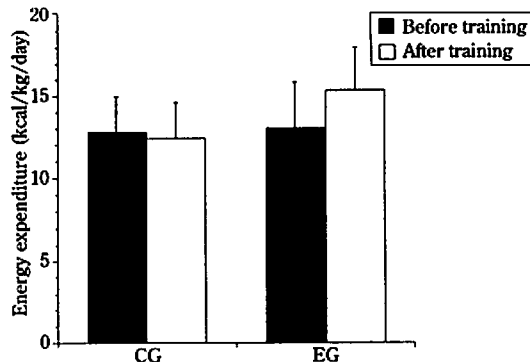


図4 4週間のトレーニング前後の安静時における脂肪からの推定エネルギー消費量の変化
Fig. 4 Changes in energy expenditure obtained from lipids at rest before and after the training for 4 weeks. Values are expressed as means \pm SD. CG; control group, EG; experimental group

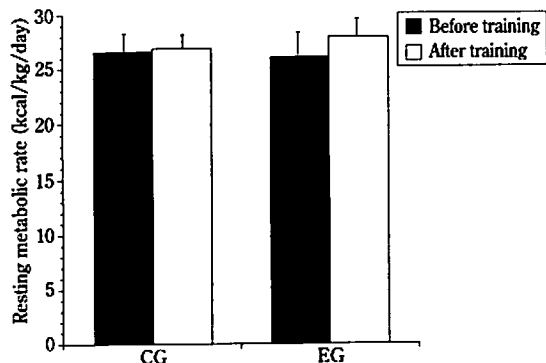


図3 4週間のトレーニング前後における安静時代謝量の変化
Fig. 3 Changes in resting metabolic rate before and after the training for 4 weeks. Values are expressed as means \pm SD. CG; control group, EG; experimental group

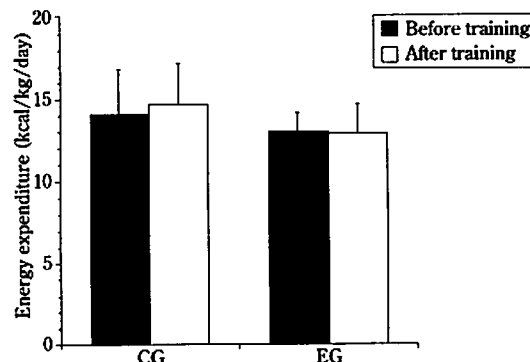


図5 4週間のトレーニング前後の安静時における糖質からの推定エネルギー消費量の変化
Fig. 5 Changes in energy expenditure obtained from carbohydrate at rest before and after the training for 4 weeks. Values are expressed as means \pm SD. CG; control group, EG; experimental group

3. 4週間のトレーニング前後における安静時代謝量の変化

図3に4週間のトレーニング前後における実験群と対照群の安静時代謝量の変化を示した。安静時代謝量は、両群とも4週間のトレーニング前後で有意な差が認められなかったが、トレーニング前後の平均値の差では実験群 (+1.89kcal/kg/day)の方が対照群 (+0.34 kcal/kg/day)に比較して、増加傾向を示した。

4. 4週間のトレーニング前後の安静時における脂肪、糖質からの推定エネルギー消費量の変化

4週間のトレーニング前後の安静時における脂肪、糖質からの推定エネルギー消費量の変化を図4、5に示した。実験群および対照群は、トレーニング後に著明な変化がみられなかった。しかし、脂肪からのエネルギー消費量は、実験群の方が対照群に比べて、トレーニング前後で増加傾向を示した。

IV. 考 察

本研究では、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、4週間のトレーニング期間で歩行運動を週3回の頻度のうち、1回が高地の低圧低酸素環境下、残り2回が平地の常圧環境下で併用したトレーニングを継続した際の有効性について、体重、体脂肪およびエネルギー代謝の面からどのような影響を及ぼすかを検討した。

摂取エネルギーを制限せずに、週1回の低圧低酸素環境下と週2回の常圧環境下の併用による歩行運動を行った実験群は、週3回とも常圧環境下の歩行運動を行った対照群と同様に、4週間のトレーニング前後で体重、体脂肪に著明な変化が認められなかった。間欠的な低圧低酸素環境下における持久的トレーニングでは、トレーニング期間、運動頻度および時間の違いが生体に及ぼす影響も異なってくる。現在までに、私たちの研究では、4週間のトレーニング期間でも週3回の標高1500mに相当する低圧低酸素環境下で60分間の歩行運動がトレーニング前後で体重の有意な減少がみられたこと⁹⁾を報告している。この低圧低酸素環境下の高地トレーニングにおける体重減少の内訳は、LBMを減少させず、体脂肪量が著明な減少を示していた。したがって、本研究との成績の差異は、週あたりの低圧低酸素環境下におけるトレーニング頻度の違いに關することが考えられる。しかし、この週1回の低圧低酸素環境下と週2回の常圧環境下の併用による歩行運動は、トレーニング期間を12週間継続することで、体重および体脂肪量の著明な減少が認められている¹²⁾。したがって、運動頻度を週3回と限定した場合、週1回でも低圧低酸素環境下の持久的運動を長期間にわたって継続することで、体脂肪量の著明な減少がみられ、より効果的な減量のできる可能性のあることが考えられる。

次に、4週間のトレーニングにおける安静時代謝量は、実験群のトレーニング前後で増加傾向を

示したが、有意な変化ではなかった。この内訳も、脂肪からのエネルギー消費量がトレーニング前後で増加傾向を示していただけである。対照群では、いずれの項目でも4週間の前後ではほぼ同値を示していた。先行研究⁹⁾では、間欠的な低圧環境下における歩行運動を1日60分間、週3回の頻度で4週間と比較的短い期間でも安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善がみられることを報告している。これらの差異は、前述のように、低圧低酸素環境下における頻度の差が考えられる。この週1回の低圧低酸素環境下と週2回の常圧環境下の併用による歩行運動¹²⁾は、トレーニング期間を12週間継続することで、安静時代謝量および体脂肪量の著明な減少が認められている。安静時代謝量は、1日の全エネルギー消費量の60~75%¹³⁾を占めており、この代謝量の変動がエネルギー消費およびエネルギーバランス、さらには体重の増減に大きな影響を及ぼすことが考えられる。一般的に、運動は、LBMの減少を防止し、安静時代謝(基礎代謝)や食後の熱産生を高めること¹⁴⁾、また、運動後、長時間にわたってエネルギー消費量を上昇させること¹⁵⁾などが報告されている。さらに、肥満に対する低圧低酸素環境と運動の関連からみると、これまでの一連の研究¹⁶⁾では、低圧低酸素環境下における歩行運動は、運動終了後、長時間にわたって脂質代謝を亢進させ、エネルギー消費量を上昇させることも報告している。したがって、これらの結果は、トレーニング頻度を週3回とした場合、単に常圧環境下(平地)で歩行運動を行うよりも、週1回でも低圧低酸素環境下で、残り2回は常圧環境下の併用による歩行運動を行う方が一定期間トレーニングを継続すると、低圧低酸素刺激とトレーニング刺激の相乗作用が慢性的なエネルギー代謝量の増加、脂質代謝の亢進、さらには、体脂肪量の減少がみられ、より効果的な減量ができる可能性のあることが考えられる。

以上、本研究の成績から、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、週3回の頻度のうち、1回の低圧低酸素環境下と残り2回の常圧環境下の併用による歩行運動は、4週間の

トレーニング期間で著明な変化は認められなかったが、エネルギー代謝の改善が多少なりともみられつつあることから、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が示唆された。

IV. まとめ

本研究では、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、4週間のトレーニング期間で歩行運動を週3回の頻度で、1回が低圧環境下、残り2回が常圧環境下の併用によるトレーニングを継続した際の有効性について体重、体脂肪およびエネルギー代謝の面からどのような影響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) 4週間のトレーニング前後における体重は、実験群および対照群の両群とも、4週間のトレーニング前後で有意な差がみられなかった。
- 2) 4週間のトレーニング前後における体脂肪率も前述の体重と同様に、4週間のトレーニング前後で著明な変化が認められなかった。
- 3) 4週間のトレーニング前後における安静時代謝量は、両群とも4週間のトレーニング前後で有意な差が認められなかったが、トレーニング前後の平均値の差では実験群 (+1.89kcal/kg/day)の方が対照群 (+0.34kcal/kg/day)に比較して、増加傾向を示した。この内訳は、脂肪からのエネルギー消費量において実験群の方が対照群に比べて、トレーニング前後で増加傾向を示した。

以上、本研究の成績から、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、週3回の頻度のうち、1回の低圧低酸素環境下と残り2回の常圧環境下の併用による歩行運動は、4週間のトレーニング期間で著明な変化はみられなかったが、エネルギー代謝の改善が多少なりともみられつつあることから、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が示唆された。

参考文献

- 1) 浅野勝己：高地と運動，呼吸，10：1609-1618，1991。
- 2) 浅野勝己：高所トレーニングの生理的意義と最近の動向，臨床スポーツ医学，16(5)：505-516，1999。
- 3) 浅野勝己，水野 康，競 達也：一般中年男性の低圧シミュレーターによる高所トレーニングの有気的作業能に及ぼす影響，筑波大学体育科学系紀要，20：153-158，1997。
- 4) 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.
- 5) 白石武昌，河田輝雄：II. 肥満の原因と予防，4. なぜ肥満になるのか，肥満・肥満症の指導マニュアル 第2版（日本肥満学会編集委員会編），医歯薬出版株式会社，29-45，2001。
- 6) 寺尾 保，恩田哲也，中村 豊，有賀誠司：低圧環境下における持続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)：916，1999。
- 7) 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，第9号：22-29，1999。
- 8) 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.
- 9) 寺尾 保，木村季由，恩田哲也，有賀誠司，中村 豊，サンドウ・アグルシュ，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，第13号：15-23，2001。

- 10) Terao, T., Sandhu, A., Miyakawa, C., Yamanami, Y., Saito, M.: Comparison of the energy expenditure in a simulation of flat road and steep slope races using a runner-motion-response-type treadmill. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 32(1): 6-12, 2002.
- 11) Elina, M., Livesey, G.: "Energy expenditure and fuel selection in biological systems: The theory and practice of calculations based on indirect calorimetry and tracer methods", *World Rev. Nutr. Diet. Basel, Karger*, 70: 68-131, 1992.
- 12) Terao, T., Miyakawa, C., Yamanami, Y., Saito, M.: The effects walking exercise in hypobaric and normobaric environments on resting metabolic rate and body composition in obese adults. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*. (投稿中)
- 13) Poehlman, E.T.: A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21: 515-525, 1989.
- 14) 大野 誠：肥満と肥満症—最近の知見—, *日本体育大学体育研究所雑誌*, 28(1): 113-122, 2002.
- 15) 長野真弓, 白山正人, 平野裕一, 宮下充正：換気性閾値強度の運動が運動後過剰酸素消費量の量・持続時間に及ぼす影響, *体力科学*, 41: 436-446, 1992.
- 16) 寺尾 保, 桑平一郎, 恩田哲也, 有賀誠司, 中村 豊, サンドウ・アダルシュ, 宮川千秋, 山並義孝, 齋藤 勝：肥満者に対する低圧環境下の歩行運動が運動終了後のエネルギー消費量に及ぼす影響, *東海大学スポーツ医科学雑誌*, 第14号: 16-22, 2002.

テニス選手にみられた 手関節尺側部痛

中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 麻生 敬 (スポーツ医科学研究所)
有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 恩田哲也 (スポーツ医科学研究所)
寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

Ulnocarpal pain of the wrist joint in tennis player

Yutaka NAKAMURA, Kei ASOU, Seiji ARUGA, Tetsuya ONDA and Tamotsu TERAO

Abstract

Clinical progress of the tennis players who complained of the ulnocarpal pain of a wrist joint are reported. As for the wrist joint disorder in tennis players TFCC injury, the tenosynovitis of ECU, ulnocarpal abutment syndrome etc. are occurred. Although it was thought with these disorder that there was little which shows accumulation of RI on bone scintigram, accumulation was rather looked at by this tennis player from the lunate bone with bone scan at the circumference of pisiform bone. Therefore, these tennis players were able to consider participation of condition called the periostitis of the circumference of pisiform bone, a fatigue fracture, Enthesis, or Enthesopathy from the part of tenderness and findings of bone scintigram of a wrist joint. Although ulnocarpal pain of wrist has been improved by restriction of sport activity and the conservative treatment, the disease term was considered that are long and future measure is required.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 39-44, 2003)

1. 緒 言

昔から上肢に関わる障害はスポーツに特異性が高いと言われてきている。しかしその障害の起り方はそれぞれの競技で少しずつ異なるようである。テニス競技は抱える競技人口の多さに比べてその障害頻度は比較的少なく安全な競技であると考えられている。しかしながらテニスにおけるスポー

ツ障害は古くから知られており、なかでもテニス肘は有名である。テニス界にはプロ選手をはじめとして職業としてテニスに関わる方も少なくないため、特に使い過ぎによる障害などが一旦発生すると治療に難渋する場合も少なくない。またラケットをはじめとするスポーツ用具の改良にともないその障害の内容も時代の変遷とともに様相が変わりつつあるように思われる。

従来よりテニスの障害と言えば肘の障害であったが、最近ではむしろ手関節の疼痛を訴える選手

が増えた印象がある。スウィングを行う競技は他にも幾つかあるが、外傷を契機に発症するのではなく、テニスのような非外傷性のラケットワーク等により手関節尺側部に疼痛を訴える例が散見される。手関節尺側部の慢性障害としては変形性関節症、尺骨のバリエーション異常や支持機構の破綻などがあるが、今回はテニス競技において手関節尺側部に疼痛を覚えた選手について、その発生要因について検討を加え文献的考察を加える。

II. 手関節尺側部

手関節は橈骨、尺骨、8つの手根骨および5つの中手骨から構成される複雑な関節である。手関節に含まれる関節を細分化すると橈骨手根関節、手根中央関節、手根中手関節、遠位橈尺関節（以下DRUJ）があるが、近年ではさらに三角線維軟骨複合体（以下TFCC）が介在するものの尺骨手根関節の表現も用いられている。したがって手関節尺側部にはDRUJと尺骨手根関節の2つの関節があり、DRUJに障害が主体となれば、遠位橈尺関節不安定症や遠位橈尺関節症などが問題となる¹⁾。また尺骨手根関節の障害となれば尺骨突き上げ症候群、TFCC損傷などの障害が注目されている。さらに尺側手根伸筋腱（以下ECU）が伸筋支帯第6区画を走行し、尺骨遠位端では尺骨背側面に存在する溝を通して手背に至り、さらにTFCCに腱鞘の一部を交えながら末梢へ走り第5中手骨骨底に停止する。この尺側手根伸筋腱の脱臼・亜脱臼あるいは腱鞘炎が尺側部の疼痛原因の1つとして注目されている。掌側では尺側手根屈筋が走行し、一旦は豆状骨に付着し豆鉤靭帯（pisohamate ligament）および豆中手靭帯（pisometacarpal ligament）をもって有鉤骨および第5中手骨骨底に停止する²⁾。

III. テニスのラケットワーク

テニスにおけるラケット操作は複雑であり、しかも個人差があるため動きを画一的に正確に捉えることは非常に困難であり、各ショットごとに微妙に異なる点があると思われる。しかし大胆におおまかに分類すれば手関節の掌屈・尺屈・回内運動のつながりによるフォアハンドストローク、背屈・尺屈・回外運動のつながりによるバックハンドストロークがある。ボレーではむしろ手関節を固定する形となり、前腕回内・回外中間位で手関節軽度背屈位でのフォアボレー、背屈ゼロ位でのバックハンドボレーとなる。さらにスマッシュ・サーブにおいては回内・尺屈動作が強調された掌屈運動でボールを打つことになる。

これらの動きをテニス全体のショット構成からみればストローク主体となりフォアハンドショットが多くなると思われる。したがって手関節の掌屈・尺屈・回内の動きが頻度的には多くなり過度に使われるものと思われる。

IV. 調査方法および結果

1. 対象

手関節尺側部に疼痛を覚え、発症より6カ月以上経過したテニス選手2名を対象とした。性別はいずれも男性で、年齢は22歳、24歳のプロテニスプレーヤーである。身長174cm～178cm、体重60kg～68kgでプロテニスプレーヤーの1名はテニス教室を開設しているレッスンプロで5日/週、4～5時間はラケットを握っている。他の1名はトーナメントプロで練習と試合を含め同様に平均4～5日/週、3時間程度はプレーを行なっている。いずれの選手も右利きで両手打ちバックハンドを行う選手が1名である。疼痛発症から医療機関に受診するまでの期間は6カ月～12カ月で平均9カ月である。

2. 臨床所見

両選手とも手関節尺側部の自発痛を覚える。痛みの発生は特にボールをインパクトする時に痛みが強く十分なスウィング出来ないとの訴えである。運動痛は回内・外時や背尺屈時などの強制肢位では疼痛は再現されず、ulnocarpal stress test は陰性である。圧痛は尺側手根関節部が中心であり、多少掌・背側に広がりが見られるが局在は不明瞭である。さらに22歳の選手は手関節尺背側の第4・5中手骨基部の圧痛も示した。遠位等尺関節部の圧痛はなく、疼痛誘発テストで明らかに陽性を示すものではなく、その他のキシロカインテストなど選手側からの要望もあり行われなかった(表1)。

3. 検査

単純X線検査：撮影は手関節掌背屈・回内外中間位で正側面の2方向撮影を行った。全ての選手に骨傷はなく、明らかな手根骨間の裂隙の開大

を示すものは見られない。URDJの開大を示すものではなく、橈骨の尺骨切痕(sigmoid notch)の形状に特別なものはなく、X線計測によるわずかな ulnar plus variance を示すものは1名で他は null variance である。その程度は著しいものではなく1 mm である(図1)。

MRI 所見：撮影法はSE法により軸斜面のT1強調画像、冠状面のT1強調画像およびT2強調画像、GE法によるT2強調画像を撮像しました(図2)。Gradient echo法にて1名にTFCCに一致して高信号が認められたが部分的であり、TFCCの構成要素からmeniscus homologue 近傍に損傷が疑われた。

表1 臨床所見
Table. 1 Clinical examination

年齢	24歳	22歳
初診までの期間	6カ月	12カ月
疼痛部位	手関節尺側部	手関節尺側部
圧痛部位	尺側手根部	尺側手根部
		尺側手根背側部
単純X線	1 mm plus variance	null variance
MRI	TFCC部に高信号領域	正常
骨スキャン	RI集積	RI集積
	豆状骨から有鉤骨	豆状骨周囲



図1 単純X線検査
正面で ulnar variance は 1 mm プラスを示す。
Fig. 1 Plane X-rays examination
Ulnar variance shows 1mm plus from X-ray film measurement.

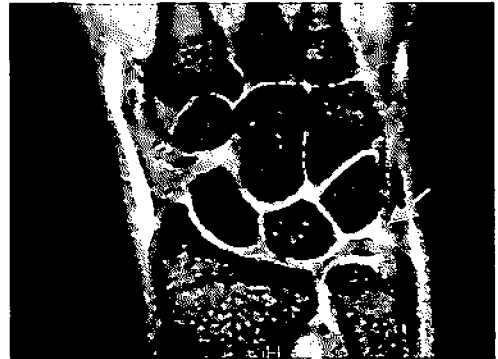


図2 MRI検査
TFCCに高信号領域があり、損傷が疑われる。
Fig. 2 MRI examination
A high signal area is seen in TFCC image and damage is suspected

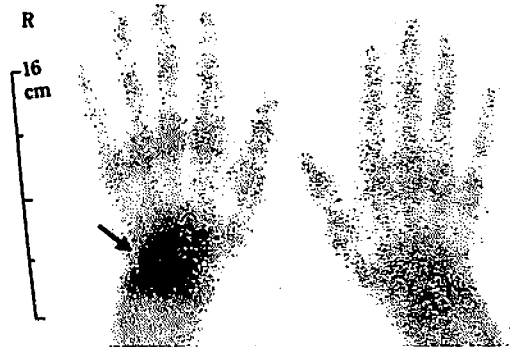


図3 骨シンチグラム
豆状骨から有鉤骨にかけて RIの集積が見られる。
Fig. 3 Bone Scintigram
Accumulation of RI has been seen to hamate bone from pisiform bone

骨シンチグラフィー：Tc-99m, 740MBq 静注3.5時間後の前面および後面全身イメージを撮影し、全ての症例で手関節尺側部に RI の集積が認められました。集積は疲労性骨障害に矛盾しないと判断されるものである (図3)。

4. 診断および評価

両例に共通して見られる所見として尺側手根関節部を中心にみられる疼痛部位および圧痛部位、骨シンチグラムより手関節尺側部に RI の集積が認められ部位的に月状骨より豆状骨に近い部位に集積が見られたことである。このことから手関節尺側部の代表的疾患である TFCC 損傷や尺骨突き上げ症候群 (ulnocarpal abutment syndrome 以下 UCAS) などが主要な病態ではなく、むしろ尺側手根屈筋腱や ECU の Enthesis や手根骨の骨膜炎などの病態が関与すると考えられた。

5. 臨床経過

今回の2名とも大きな外傷の既往はなく、特別な契機もなく反復するラケットワークによる機械的ストレスが疼痛の発症に大きく関わったと思われる。テニス活動の制限と共に、プレー後にアイシングとクーリングダウンの徹底を行ない、疼痛持続時には時薬物療法と低周波による電気療法を追加し、10段階の VAS (visual analog score) にて経過を観察した。24歳のツアープロには試合への参加は中止し、3日に1回の練習程度とした。2カ月後には VAS は10から3へと疼痛は改善し、骨スキンの集積程度も徐々に減少し、7カ月の時点で試合復帰した。22歳のレッスンプロは最小限のレッスンのみで3カ月間の練習を中止した。VAS は10から1へ減少し、7カ月にて完全復帰となった。

V. 考 察

スポーツ選手に見られる手関節尺側部の疼痛の中には、テニス競技のようにラケットワークによ

る手関節の酷使による発症があり、従来から言われている TFCC 障害や ECU の腱鞘炎や腱炎に加えて、圧痛部位や骨スキャン所見からこの症例に見られるような慢性の骨膜炎や疲労性骨障害さらには Enthesis^{3,5)} のような腱附着部の炎症性病変も関与すると思われる (図4)。

今回の症例はプロテニス選手であるため浸襲的医療行為を避ける傾向があり、手関節尺側部の関節造影や治療的診断行為でもある局所麻酔剤によるブロックなどは行うことができず、そのため確定診断を行うことは困難である。しかし骨スキンの所見から外傷性疾患以外で RI 集積が得られる他の手関節尺側部障害と比較してみると、尺骨突き上げ症候群 (UCAS) などでは集積が見られる部位としては月状骨部が多いと考えられる。

圧痛部位と骨スキャン所見を合わせて判断してみると、テニス選手の手関節尺側部の障害として従来から言われてきた TFCC 損傷や ECU の脱臼や亜脱臼、ECU の腱鞘炎さらには尺骨突き上げ症候群などとは少し異なる病態の関与が考えられた^{1,6)}。また単なる炎症性の病態では骨スキンの集積を示すことはなく、UCAS を念頭に置いたとしても今回の選手の ulnar variance では plus を

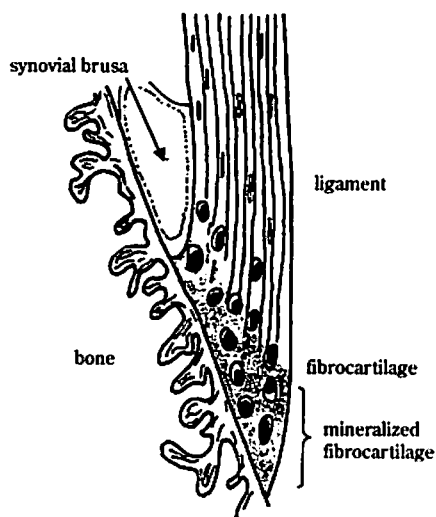


図4 Enthesis の模式図 (文献3より改変)
Fig. 4 Schematic illustration of Enthesis (it changes from reference 3)

示したのは1例で、その程度は1mmで大きくないものである。しかし variance が null であっても職業やスポーツで手関節に過負荷を受けていれば UCAS の症状が出現するといわれている⁶⁾。

また De Smet⁷⁾ によると 橈骨の sigmoid notch の形状が尺骨短縮術などの術後橈尺関節の不安定性に影響するとして sigmoid notch の形に着目しているが、この2名のX線では術後成績への影響が言われている positive type はなく、骨の先天的形状から遠位橈尺関節などの不安定性につながる要因はないと考えられる。

今回の骨スキャンによる集積部位は月状骨付近より豆状骨、有鉤骨におよぶ範囲にみられ、このことは尺側手根屈筋腱が豆状骨に停止し豆鉤韧带 (pisohamate ligament) および豆中手韧带 (pisometacarpal ligament) を介して有鉤骨および第5中手骨骨底に停止するという解剖学的構造を考え合わせるとむしろ疲労性の骨障害や Enthesis などの関与も十分検討する余地があると考えられた。豆状三角骨関節の周囲に疼痛が誘発されるには当然のことながら使い過ぎ (over use) の影響があり、繰り返されるラケットワークが豆状骨周囲に影響を与えたと考えられる。豆状骨を支持する組織には尺側手根屈筋腱、横手根韧带、豆鉤韧带、豆状中手韧带、小指外転筋、伸筋支帯、

TFCC などが関与すると言われている⁸⁾。

このうちの TFCC の構造については中村⁹⁾ が詳細な報告を行っている (図5)。それによると遠位は disc proper (TFC) と周囲の韧带様構造・meniscus homologue・尺骨月状韧带、尺骨三角韧带で構成されるハンモック構造をなし、近位は尺骨小窩より起始して橈骨尺骨切痕 (sigmoid notch) に停止する三角韧带が存在し、尺側外層には側副韧带があり、その存在は疑問視する向きもあるが、ECU の髓鞘床とその掌側の比較的柔らかい韧带様組織が存在する^{10), 11)}。したがってこれらの構造から考えれば TFCC と ECU は密接に関係しており、さらに TFCC は尺側手根屈筋が付着する豆状骨の支持の働きもあり、掌屈・背屈の両方に重要な働きがある。このことからテニス競技においては繰り返されるラケットワークが手関節の支持組織の微小損傷を与え障害につながると考えられる。

今回の2人のテニス選手は競技の制限と低周波や低出力超音波などの保存療法にて軽快が得られ、競技復帰可能であった (図6)。しかし期間的には半年から1年という罹病経過が示すように早期に寛解が得られたとは言えず今後新たな治療体系の構築が必要であると考えられる^{12), 13)}。

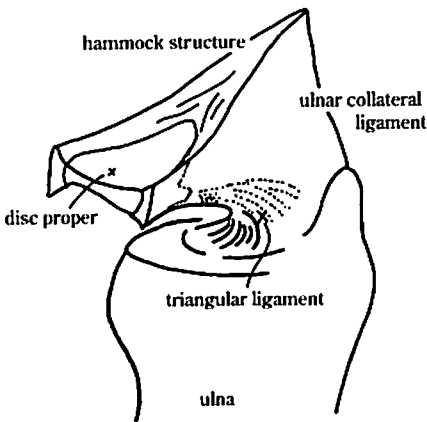


図5 TFCCの模式図 (文献9より引用)
Fig. 5 Schematic illustration of TFCC
(it quotes from reference 9)

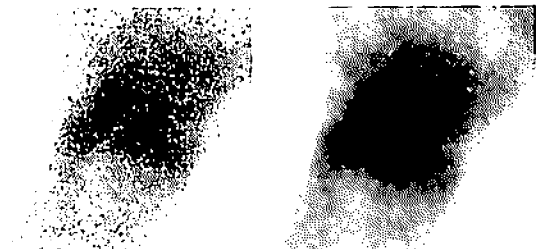


図6 骨シンチグラム
初診時より7カ月の時点で、RI集積の減少が見られる。
Fig. 6 Bone Scintigram
At the time of seven months, reduction of RI accumulation is seen from the time of the first medical examination

図6 骨シンチグラム
初診時より7カ月の時点で、RI集積の減少が見られる。
Fig. 6 Bone Scintigram
At the time of seven months, reduction of RI accumulation is seen from the time of the first medical examination

VI. 結 語

1. テニス競技に見られた手関節尺側部の疼痛について、臨床経過を報告するとともに疼痛発生に関する文献的考察を行った。
2. 骨スキャン検査で手関節尺側部に RI の集積が認められ、集積部位は月状骨付近より豆状骨、有鉤骨におよぶ範囲にみられた。
3. 圧痛部位や骨スキャン所見より慢性の骨膜炎や疲労性骨障害さらには Enthesis のような腱附着部の炎症も関与すると思われた。
4. 疼痛経過は競技の制限や低周波による電気療法などの保存療法で軽快が得られ、競技復帰が可能であった。

参考文献

- 1) 中村俊康：遠位橈尺関節・尺側手根障害に対する尺骨短縮術，関節外科，Vol. 19, No. 7, 58-65, 2000.
- 2) 上羽康夫：手その機能と解剖，金芳堂，改定2版，102-104, 1986.
- 3) 藤下彰彦ら：Enthesopathy の概念と画像診断，臨床スポーツ医学，Vol. 17, No. 4, 399-403, 2000.
- 4) Niepel, G. A. et al.: Enthesopathy. Clin. Rheum. Dis. 5. 857-872, 1979.
- 5) Resnick, D. et al.: Entheses and enthesopathy, radiology, 146; 1-91983.
- 6) 岡本雅雄ら：Ulnocarpal Abutment Syndrome, 臨整外, 34巻, 7号, 857-863, 1999.
- 7) Labosky D, et al.: Oblique ulnar shortening osteotomy by a single saw cut. J. Hand Surg. 21A, 48-59, 1996.
- 8) 田中秀敏ら：有鉤骨鉤骨折後に豆状三角関節の不安定性を生じた1例，整・災外, 42, 613-615, 1999.
- 9) 中村俊康：手関節三角線維軟骨複合体の機能解剖および組織学的検討，日整会誌69, 168-180, 1995
- 10) 柴田節子ら：TFCC 損傷により生じる手関節痛の診断と治療，整・災外, 44, 133-143, 2001.
- 11) Palmer, A.K. et al.: Triangular fibrocartilage complex lesion, a classification. J. Hand Surg. 14-A, 594-606, 1989.
- 12) 八代忍ら：難治性骨折に対する超音波治療と電気刺激治療との比較，整形外科, 52巻, 3号, 337-342, 2001.
- 13) Duarte, L. R.: The stimulation of bone growth by ultrasound. Arch. Orthop. Trauma Surg. 101, 153-159, 1983.

大学女子バレーボール選手の足関節捻挫に対する アクセルレーティッドリハビリテーション： Case Report

麻生 敬 (スポーツ医科学研究所) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所)
有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 成田明彦 (体育学部体育学科)
吉田早織 (㈲アスレティック・リファレンス) 齋藤 勝 (スポーツ医科学研究所)

Accelerated Rehabilitation of Ankle Sprain in A Female Collegiate Volleyball Player : Case Report

Kei ASOU, Yutaka NAKAMURA, Seiji ARUGA, Akihiko NARITA, Saori YOSHIDA and Masaru SAITOU

Abstract

A collegiate female volleyball player was suffered from the lateral ankle sprain (II degree) right before the season. Rehabilitation took place in the gym rather than a rehabilitation clinic or an athletic training room. In spite of doing minimum rehabilitation due to lack of rehabilitation facility, equipment, and time, the player completely returned to play within 14 days which is less than half length of rehabilitation with the second degree lateral ankle sprain in common protocols. After back to regular activity, the player had no problem with the ankle except for slight pain. The study for the emphasis of psychological aspect in rehabilitation is strongly suggested. (Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 45-51, 2003)

1. はじめに

スポーツ現場において発生するケガの中で、最も頻度の高いケガの一つに足関節捻挫がある。殆どのスポーツにおいて下半身が安定した上での動作は必須要素であり、このケガのレベルが中等度以上の場合、ハイレベルでのパフォーマンスを行うのは非常に難しい。

足関節捻挫に対するリハビリテーションプロトコルは古くから確立され、現在もさらなる研究や発表、それに伴う器具や装具などが次々と開発されている。通常、中等度以上の足関節捻挫の場合、受傷からスポーツ復帰までに必要とされるリハビリテーション期間は約4～6週間¹⁻⁵⁾とされ、この期間中は選手をはじめチーム関係者にとっては頭の痛い要因であり、一日も早い復帰が望まれる。

アメリカの大学では各大学に全米アスレテ

イックトレーナーズ協会 (National Athletic Trainer's Association) 公認アスレチックトレーナー (Certified Athletic Trainer : ATC) が雇用され、それぞれの大学に所属するスポーツ選手のケガに対し、スポーツ現場においてアクセラレーティッドリハビリテーションを行える体制が既に整っている。しかし、日本の大学スポーツでは現場においてリハビリテーションを行える専門家が存在することは皆無に等しくリハビリテーションに必要な施設や器材・用具なども殆ど揃っていないのが実状である。

しかも、日本のスポーツ界に根強く存在する「練習を休まない」もしくは「休めない」風習や習慣、さらに本人も「少しでも早い復帰」を望むケースが多い。このような要素が取り巻く環境の中で、医学的立場から考案された理想的なプロトコルを用いてリハビリテーションメニューを実施するのは難しく、スポーツ現場においては状況に合わせ臨機応変に対応する必要がある。

今回は大学体育会女子バレーボール選手が中等度の左足関節内反捻挫を受傷後、体育館内において使用可能なリハビリテーション施設を用い、シンプルなりハビリテーションメニューを行ったのみであるにも関わらず、非常に短いリハビリテーション期間でプレーに復帰できたケースを報告する。

Ⅱ. 対 象

対象選手は大学体育会女子バレーボール部 (I 部リーグ) に所属するバレーボール歴10年を有する四年生、準レギュラー選手であった。チーム内では指導者的な立場にあり人間性は高く評価されていた。大学卒業後はバレーボール実業団チームにおいてプレーをする予定はなく、指導者として高校生の指導にあたる予定であった。左足関節内反捻挫の経験を持ち合わせた。

Ⅲ. 受傷状況、応急処置と診断

ゲーム形式での練習中、センターポジションにおいてブロックからの着地の際、右となりからネット中央へ移動してきた選手と接触、その選手の足の甲に左足を乗りあげる形となり内反、そのまま左方向に体ごと回旋し左足首に激痛を感じた。

受傷直後から左足首、外側から前方にかけ急激な腫れを生じ三角靭帯 (Deltoid Ligament : 以後 DL)、前距腓靭帯 (Anterior Talofibular

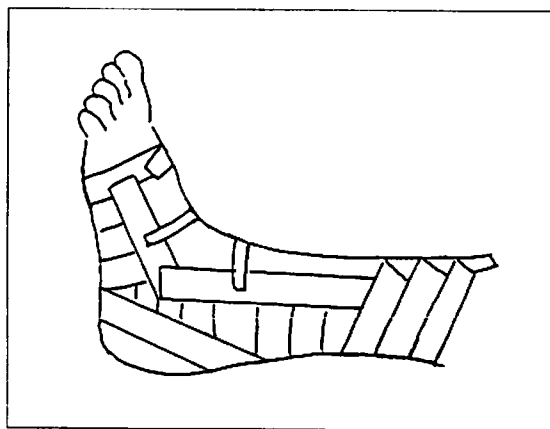


図1 オープンバスケットウエーブテーピング
Fig. 1 Open Basket Weave Taping

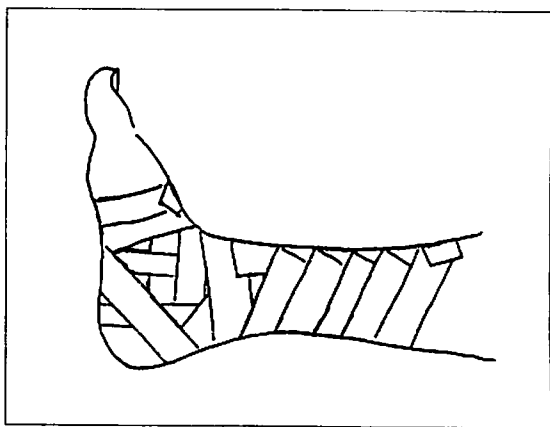


図2 クローズドバスケットウエーブテーピング
Fig. 2 Closed Basket Weave Taping

Ligament：以後 ATF)、前頸腓靭帯 (Anterior Tibiofibular Ligament：以後 ATFL) 付近に圧通を認めた。直ちに RICE (Rest：安静、Ice：冷却、Compression：圧迫、Elevation：挙上) 処置を施し RICE ⇄ RCE を30分間隔で繰り返し行った。

応急処置後はホースシューを患部にあてた上でオープンバスケットウエーブテーピング (Open Basket Weave Taping：以後 OBW、図1) を施し、移動の際はクラッチを使用し3脚法を用いた。就寝まで RICE ⇄ RCE を継続し就寝中は RCE の状態を保つように指示を与えた。

後日、医師により「左足関節内反捻挫Ⅱ度 (足関節全靭帯の約50~70%の損傷)」と診断された。

IV. リハビリテーション方法と経過

受傷翌朝 (2日目) の評価では、足関節全体において多少の腫れが見られ圧痛点も内果と外

果周辺に認められた。医師への受診を勧めるがギブス固定される事を恐れ選手が拒否、しかし1日も早い復帰を望んだ。アイシング後、足関節における Active stretch や足関節を固定状態のまま中足趾節間関節 (Metatarsophalangeal joint：以後 MPJ) においてマニュアル負荷による伸展・屈曲を行い、終了後昨日同様 OBW を施した上でクラッチを用い四点法を適用した。

3日目、アイシング後に背屈のストレッチを入念に行いクローズドバスケットウエーブテーピング (Closed Basket Weave Taping：以後 CBW、図2) を施し、階段 (20段) の昇り降りを前向き (写真1、2) 15往復、昇り後向き・降り前向きを10往復ずつ行った。リハビリテーション終了後、足関節に OBW を施しクラッチ使用を中止した。5日目からは神経・筋促進メニューや筋力トレーニングメニュー以外に、CBW を施した上で「スポーツ用アングルブレス」を装着し、軽い専門的な動き (バスやレシーブ) を始めたが、これらの



写真1 階段昇降エクササイズ (横より)
Photograph 1 A lateral view of step-ups exercise



写真2 階段昇降エクササイズ (後より)
Photograph 2 A posterior view of step-ups exercise

表1 リハビリテーションメニュー
Table 1 Rehabilitation menu

日付	応急処置とリハビリテーションメニュー
受傷日	受傷直後 RICE、オープンバスケットウエーブテーピング (以後 OBW)、クラッチは3脚法を選択、RICE ⇄ RCE を30分単位で継続、就寝中は RCE のみ
翌日 (2日目)	アイシング (20min)、中足趾節間関節 (以後 MPJ) における伸展/屈曲 (3 sets × 10)、マッサージ (5 min)、アイシング (20min)、OBT、クラッチ (4 point-gait)
3日目	アイシング (20min)、MPJ における伸展/屈曲 (3 sets × 15)、ストレッチ (痛みがない範囲内での足関節の能動的底屈/背屈、他動的背屈) クローズドバスケットウエーブテーピング (以後 CBW) を施しスポーツ用足関節ブレース (以後 AB) を装着した上で20段の階段昇降 (前方向へ15往復、昇り後方向・下り前方向で10往復)、マッサージ (5 min)、アイシング (20min)、OBW、クラッチの使用を中止
5日目	アイシング (20min)、MPJ における伸展/屈曲 (3 sets × 10)、ストレッチ (痛みがない範囲内での足関節の能動的底屈/背屈、他動的底屈/背屈)、足関節 PNF パターン D1・D2 (それぞれ 2 sets × 10)、CBW と AB を施した上で20段の階段昇降 (前方向へ上下15往復、昇り後方向・下り前方向で10往復、昇り下りとも左方向へサイドステップにて10往復)、フットワーク (ニーアップ、クロスオーバー、カリオカ)、バレーボールスキル (オーバハンドパスとアンダーハンドパス30回ずつ)、マッサージ (5 min)、アイシング (20min)、OBW
8日目	アイシング (20min)、MPJ における伸展/屈曲 (3 sets × 10)、ストレッチ (痛みがない範囲内での足関節の能動的・他動的底屈/背屈)、足関節 PNF パターン D1・D2 (それぞれ 2 sets × 15)、カーフレイズ (2 sets × 10)、トーレイズ (2 sets × 10)、CBW と AB を施した上で20段の階段昇降 (前方向へ上下15往復、昇り後方向・下り前方向で15往復、昇り下りとも左方向へサイドステップにて15往復)、フットワーク (ニーアップ、クロスオーバー、カリオカ、サイドステップ、シャッフル、トータッチ)、バレーボールスキル (オーバハンドパスとアンダーハンドパス50回ずつ、レシーブ20回、ブロックジャンプ10回)、アイシング (20min)、ホースシューパッドを患部にあてバンデージにて足関節全体を圧迫 (以後 BWH)
10日目	アイシング (20min)、ストレッチ (能動的・他動的底屈/背屈)、足関節 PNF パターン D1・D2 (それぞれ 3 sets × 15)、カーフレイズ (3 sets × 10)、トーレイズ (3 sets × 10)、CBW と AB を施した上で20段の階段昇降 (前方向へ上下20往復、昇り後方向・下り前方向で20往復、昇り下りとも左方向へサイドステップにて20往復)、フットワーク (ニーアップ、クロスオーバー、カリオカ、サイドステップ、シャッフル、トータッチ)、バレーボールスキル (オーバハンドパスとアンダーハンドパス50回ずつ、レシーブ30回、ブロックジャンプ10回、スパイク左右10回ずつ)、アイシング (20min)、BWH
12・13日目	試合のためリハビリメニューなし、ストレッチのみ、BWH
14日目	アイシング (20min)、ストレッチ (能動的・受動的)、CBW と AB を施した上で通常練習の7割に参加、アイシング (20min)、BWH
15日目	アイシング (20min)、CBW と AB を施し通常練習へ復帰、練習終了後アイシング (20min)、BWH

メニューを行った際、足関節に回旋動作が加わると多少の痛みを訴えた。この日以降、運動療法的リハビリテーションを行う際は必ず CBW を施し足関節の安定性を確保した。

受傷から6日後に医師による診察を受け「左足首内反捻挫 II 度」の診断と「リハビリテーションメニューを継続するように」との指示を受けた。日常生活中は OBW を適用せず、ホースシューパッドを患部にあて、伸縮バンデージにて足関節全体を圧迫する方法を用いた。

受傷から9日目よりジャンプ系 (ブロックやスパイク) のメニューを追加し、この時点で約6~7割の力でジャンプする事が既に可能であった。12、13日目は試合の為リハビリテーションメニュー

は一切行わなかった。14日目に通常の練習メニューの約7割に参加、練習後には多少痛みを訴えたが練習中は殆ど支障はなく、翌日全ての練習メニューをこなし、そのまま復帰した。(表1)

V. 考 察

今回、通常必要とされるリハビリテーション期間の半分以下の日数で復帰する事に成功した主な理由は、受傷直後の適切な処置やリハビリテーションメニュー前後のアイシングの適用、早期における神経-筋促進メニューや関節可動域回復メニューの開始、リハビリテーション中のテーピング

表2 リハビリテーションの10原則
Table 2 Ten basic principles of rehabilitation

- | |
|---|
| ① SAID (Specific Adaptation to Imposed Demands) の原則 |
| ② 治療ゴールの設定 |
| ③ 継続的評価 |
| ④ 機能的向上 |
| ⑤ 痛みなく行う |
| ⑥ バイオフィードバック |
| ⑦ 早期の運動開始 |
| ⑧ 比較的早いリコンディショニングの時期 |
| ⑨ ただちに開始。競技に全面復帰できるようになった時点でのみ終了 |
| ⑩ 選手の健康を最優先 |

表3 アイシングの生理作用
Table 3 Physiological effects of icing

- | |
|----------------------------|
| ① 局所新陳代謝の低下 (炎症の抑制) |
| ② 毛細血管透過性の減少 (浮腫力抑制) |
| ③ 血管収縮 |
| ④ 疼痛受容器に対する麻痺作用 |
| ⑤ 筋紡錘活動の低下 |
| ⑥ 感覚受容器の閾値の上昇 |
| ⑦ 刺激伝達の遅延による中枢への感覚インパルスの減少 |
| ⑧ 新陳代謝低下による発痛物質産生の減少 |
| ⑨ 筋緊張低下による血液循環改善にともなう反応性充血 |
| ⑩ 痙性低下による鎮痛効果 |
| ⑪ 反応性充血による鎮痛効果 |

などの適用、選手の強い責任感と精神的な強さ、などの要素が強く関与していると考えられた。

リハビリテーションプログラムは「リハビリテーションの10原則」(表2)を基本とした上で、それぞれ各選手のケガの程度や性質によって個別のメニューが計画されるべきである。さらにシーズンのどの時点であるか、選手の遺伝的特性、健康全般面、受傷前のコンディショニング、心理学的側面、そしてリハビリテーションへの参加意欲など、これらすべてが影響して、リハビリテーションによる回復と向上の早さに差が生じることが指摘されている⁶⁾。

今回のケースでは受傷した選手は以下の条件下であった。

1. 受傷直後から適切な応急処置、対応が施された。
2. 大学四年生であり、最後のリーグ戦開幕の直前であった。
3. 大学卒業後、選手として続ける意思はなかった。
4. チーム内で指導者的立場にあった。
5. 受傷直後の受診は拒んだが、「1日も早く復帰したい」願望が強く積極的にリハビリテーションに取り組んだ。
6. 我慢強く負けず嫌いな性格であり、自己管理が可能な選手であった。

7. チームは大学I部リーグに属し、全国大会での優勝を目指すハイレベルな厳しい練習を続けていた。

通常、中等度以上の足関節捻挫では受傷翌日かなりの腫れが見られるが、今回は内果、外果の回りに多少の腫れが認められただけであった。これは受傷直後の適切な応急処置やその後のケアなどによる総合的な結果だと思われた。スクイズテスト (Squeeze test) やタップテスト (Tap test) による評価では痛みは認められなかったが DEL、ATF、ATFB 付近にかなりの圧通が認められた。

足関節の腫れが最小限に抑えられたのは、受傷直後からの RICE ⇄ RCE の継続による効果が大いと考えられた。武藤らはアイシングの生理作用 (表3) は多種多用であると報告しており⁶⁾、Knight は外傷による直接的な損傷を「一次的外傷性損傷」(Primary traumatic damage)、酵素の作用と低酸素症のメカニズムによるさらなる損傷を「二次的外傷性損傷」(Secondary traumatic damage) と呼び、特に「二次的外傷性損傷」が問題であり、それに対しクライオセラピーが有効であると指摘している⁷⁾。

「二次的外傷性損傷」における酵素の作用とは「一次的外傷性損傷」によって壊死した細胞片を消化するために、壊死した細胞のライソソームから酵素が放出され、それらが近接する正常な細胞

の細胞膜を破壊しさらなる細胞の壊死を招くことを言う。低酸素症とは「一次的外傷性損傷」の周辺組織に十分な血液の供給が行えなくなった際に、十分な酸素を供給できなくなるために発生する。最終的には細胞の浮腫、破裂、アシドーシス、そしてライソソームによる消化をもたらす。これらの現象はさらなる細胞の壊死につながり、そこで生じた細胞片は血腫に加えられ、損傷した組織の総量が増加するため内圧がさらに上昇する、という悪循環をもたらす。今回は受傷直後のRICEを用いた対応をはじめとして、アイシングの生理的効果を最大限に活用したことが早期復帰を可能とした大きな要因の一つであったと考えられた。

足関節Ⅱ度の捻挫の場合、通常日本では下腿以下のギプス固定（ヒールつき）を1～2週間行うのが定石であるが、当初ドクターによる診察を選手が拒んだため、OBWと呼ばれる特殊なテーピングテクニックを用いた。この方法を用いた事により患部のアイシングやストレッチを毎日定期的に行えた上に、筋力（神経-筋の促進を含む）低下や萎縮の防止を図る為のアイソメトリックやアイソトニックエクササイズ、固有受容性神経筋促進法（Proprioceptive Neuromuscular Facilitation）などを行う事が可能であり、これらの方法は足関節の腫れを抑制しながら、関節可動域や筋力の低下を最小限に抑えるために有効な方法であったと考えられた。欧米諸国では、着脱可能式ブーツ（Removable walking boot）を用いて保存療法を用いながら、上記のようなリハビリテーションメニューを行うプロトコルが既に確立されている^{1, 2, 8)}。

足関節捻挫に対するリハビリテーションメニューの運動療法的なメニューは足関節のストレッチ（特に背屈）、中足趾節間関節（以後MPJ）と足関節における伸展/屈曲、階段の昇降エクササイズのみとした。階段の昇降エクササイズを行う際は必ずCBWを施し足関節に必要な安定性を与えた。CBWにはheel lockテクニックが含まれるが、MartinらによりLateral heel lockよりもMedial heel lockを先に施した場合、足の外側

裏にかかるインパクトフォースを軽減出来ることが報告されている^{9, 10)}。これらのHeel lock及びReverse heel lockテーピングテクニックを用い、リハビリテーション中に必要な足関節の安定性の確保や起こりうる足関節捻挫の再発予防を徹底した。バレーボールに必要な専門的な動きを行う際は、足関節のさらなる安定性を得るためCBWを施した上で「スポーツ用アンクルブレース」を装着した^{11, 12)}。これらCBWや「スポーツ用アンクルブレース」を適用し足関節の安定性を確保したことは運動療法的リハビリテーションメニューを行う上で非常に有効であったと思われる。

今回のリハビリテーションを成功させた要素として心理的な要素を無視することは出来なかった。リハビリテーション成功の75%は心理的要素、25%は生理的要素とさえいわれている^{7, 8)}。所属するチームは、大学I部リーグに属し、全国大会優勝を目指すハイレベルなチームであった。今回のリハビリテーション期間中において、選手の心理状態が常にポジティブシンキングであったのは、選手の責任感が強く自己管理が可能である、というような性格的な要素以外に、常日頃の厳しい練習によって培われた肉体的、心理的要素が強く関与していると推測された。

VI. まとめ

大学体育会女子バレーボール選手が左足関節内反捻挫（Ⅱ度）を受傷後、シンプルなりハビリテーションメニューをこなし、通常必要とされるリハビリテーション期間の半分以上の日数で復帰した。短い期間で復帰する事に成功した主な理由は以下の要素であると考えられた。

- ① 受傷直後の適切な処置やリハビリテーションメニュー前後のアイシングにより患部の腫れが最小限に抑えられた。
- ② ギプス固定を用いなかったため、神経-筋促進メニューや関節可動域の回復メニューをす

ぐに始めることが可能であった。結果として筋力や関節可動域の衰えが最小限に抑えられた。

- ③ リハビリテーション中はテーピングやサポーターなどを施し足関節の安定性確保や徹底した再発予防を行った。
- ④ 選手の責任感が強く、自己管理をしっかりと行える選手であり、厳しい練習によって培った肉体的および精神的な強さも持ち合わせていた。

通常、リハビリテーション期間を短縮し早期に復帰すると痛みの再発や再受傷を被るケースが多いが、今回は練習終了時においてわずかな痛みを伴う以外は全く問題がおこらなかった。今後、現在のリハビリテーションプロトコルに対し精神的な要素も考慮の対象とした上での、短期間において可能なリハビリテーションプロトコルの研究が望まれる。

参考文献

- 1) Brotzman, S. et al.: Clinical Orthopaedic Rehabilitation, Mosby-Year Book, Inc., 1996, 45-281.
- 2) Arnheim, D., Prentice, W.: Modern Principle of Athletic Training, McGraw Hill Co., 2000, 482-514.
- 3) 市川宣恭ほか：スポーツリハビリテーションプログラム, 第3版, 文光堂, 1992, 29-31.
- 4) Steininger, K.: スポーツ復帰に向けてのリハビリテーションプログラム, 第2版, 文光堂, 1999, 393-411.
- 5) Ehrich, D. & Gebel, R.: アウフバウトレーニング 競技復帰のための段階的リハビリテーショントレーニング, 第2版, 文光堂, 1994, 200-239.
- 6) 山本利春ほか：アイシングについて, スポーツメディスンクォーターリー, No. 21, 2-21, 1997.
- 7) Knight, K.: クライオセラピー, 初版, ブックハウスHD, 1997, 31-43.
- 8) Prentice, W.: Rehabilitation Techniques in Sports Medicine, 3rd ed., WCB McGraw-Hill, 1999, 510-548.
- 9) Comeau, M., Martin, M., Jamali, M., Brown, L.: The effects of medial vs. lateral heel locks incorporated into a closed basket weave ankle tape job, J of Athletic Training, Vol. 36, No. 2, S-51, 2001.
- 10) Ricard, M., Sherwood, S., Schulthies, S., Knight, K.: Effects of tape and exercise on dynamic ankle inversion, J of Athletic Training, Vol. 35, No. 1, 31-37, 2000.
- 11) Saffran, C., Kaminski, T., Hatzel, B., Horodyski, M., Dodd, S.: The effects of ankle bracing on functional performance, J of Athletic Training, Vol. 36, No. 2, S-93, 2001.
- 12) Ricard, M., Schulthies, S., Saret, J.: Effects of high-top and low-top shoes on ankle inversion. J of Athletic Training, Vol. 35, No. 1, 38-43, 2000.

肩関節腱板断裂に対する 有限要素モデルの試作

菊川久夫 (第二工学部機械工学科) 福田宏明 (済生会平塚病院)

Pairoj Khruengkarnchana (医学部整形外科) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

中島知隆 (医学部整形外科) 持田讓治 (医学部整形外科)

Development of Finite Element Model for Supraspinatus Tendon Tears

Hisao KIKUGAWA, Hiroaki FUKUDA, Pairoj KHRUEKARNCHANA, Yutaka NAKAMURA,
Tomotaka NAKAJIMA and Joji MOCHIDA

Abstract

Shoulder joint injuries by overuse of sporting activities are common. In order to establish a preventive measure against them, it is essential to clarify the pertinent pathomechanism. The purpose of this study was to investigate the pathomechanism of rotator cuff tears using by the all-purpose software of finite element analysis, COSMOS/M. A simplified 2-dimensional finite element model for the supraspinatus tendon tear was produced. We analyzed and examined the patterns of the von Mises stress distribution of the developed model. The results by this computer simulation may indicate how the joint-side partial-thickness cuff tear.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 52-54, 2003)

I. はじめに

近年、有限要素法 (Finite Element Method ; FEM) がスポーツ工学における問題解決に数多く用いられるようになり、各種スポーツ傷害発生機構の解明に有効な手段の一つになってきている。特に、FEM は膝関節、股関節および足関節周辺部などへの解析に利用されているが、肩関節への

応用^{1,2)} は、その形状の複雑さや関節部構成組織の構造あるいは機械的特性が十分把握されていないなどの理由により、荷重関節に比べて極端に少ないのが現状である。

そこで本研究では、スポーツ選手の肩腱板断裂の発生メカニズムを明らかにするための有限要素モデルを作成することを目的とした。今回は、二次元肩関節単純モデルを試作したので報告する。

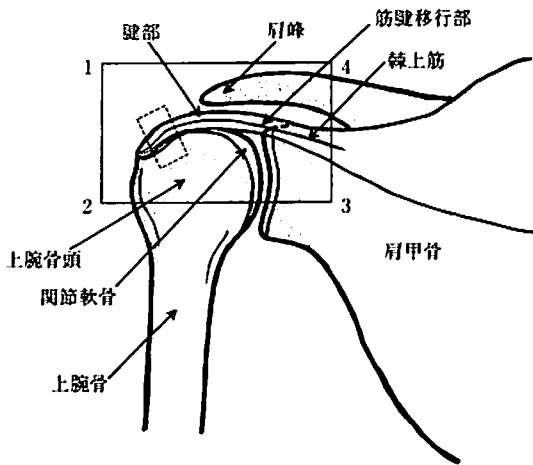


図1 肩関節の概略図
Fig. 1 Outline of shoulder joint

II. 肩関節の有限要素モデルの作成

図1はヒト肩関節近傍の概略図である。この図によると本解析で対象とする棘上筋腱（腱板）は上腕大結節に付着している。その付着部より右方向に伸び、腱部、筋腱移行部を経て筋肉に変化し、関節角度によって腱部を肩峰が圧迫している。

本研究では解析結果の再現性を良好なものとするため、解析モデルはできるだけ単純なものとする。そのため3人の整形外科医がその臨床経験と解剖学的特徴を考慮しながら図1中の実線1-2-3-4で囲んだ部分、すなわち肩甲骨をのぞく骨頭、腱板、肩峰についてモデル化を行った。

図2に作成した解析モデルの概要を示す。骨頭面および肩峰の輪郭は球面とし、単純化を図った。腱板の骨頭への付着部は移行部を考慮して腱-非石灰化軟骨層-石灰化軟骨層-骨の4層構造とした。また、腱板については、その損傷形態に腱板各層の力学的特性が影響しているとの判断から2層構造³⁾とした。

モデル各部位の機械的特性であるヤング率とポアソン比は表1に示すごとくであり文献²⁾、および諸家の研究を参考に決定した。

表1 材料定数
Table 1 Mechanical constant

	ヤング率	ポアソン比
肩峰	1500MPa	0.3
腱板（上部）	70MPa	0.47
腱板（下部）	100MPa	0.47
非石灰化軟骨層	600MPa	0.40
石灰化軟骨層	1000MPa	0.35
骨	1500MPa	0.3
関節軟骨	150MPa	0.45

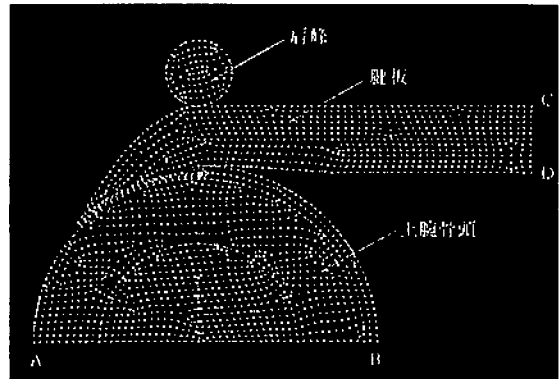


図2 有限要素モデル
Fig. 2 2D finite element model

境界条件は、骨頭のAB部分を完全固定、そして腱板の水平右方向に対する引張負荷はC点およびD点それぞれに130Nおよび10Nとする台形状の分布荷重を仮定した。また、肩峰と腱板間には接触を定義し、上部より10Nの荷重を下方に加えている。

解析には汎用有限要素解析ソフトCOSMOS/M (Ver. 2.6) (横河技術情報)を用い、静的条件下で行った。なお、モデルの要素分割には四節点四辺形要素を用い、要素数は1956ならびに節点数は2316である。また、解析結果の検討には、組織の損傷予測を考慮して von Mises の相当応力を採用した。

III. 解析結果および考察

スポーツによる肩関節腱板不全断裂のメカニズムを解明する目的で、有限要素法によるヒト肩関

節単純モデルを試作し、そのモデルを用いた応力解析結果を図3に示す。図は von Mises の相当応力の分布を表しており、図中の赤色の部分で最も応力が高いことを示し、また、青色で応力はほとんどゼロである。応力集中はモデルの腱付着部の関節面側に集中し、そこから腱板の肉厚方向に向けて応力集中が起きている。肩峰と腱板の接触部分近傍においても応力集中が生じているが、腱付着部における応力値ほどではなかった。

腱板不全断裂は関節包側断裂 (joint-side tear)、腱内断裂 (intratendinous tear) および滑液包側断裂 (bursal-side tear) の3型に分類されている。また、von Mises の相当応力の集中は、肩関節損傷の起点となり得る。本解析結果においては関節面の腱付着部に大きな応力集中を認めたため、joint side tear を反映したモデルであると考えられる。

他の2型のモデルについては、断裂挙動に影響すると考えられるパラメータである関節形状 (球の直径)、関節構成組織各部位の機械的特性 (ヤング率およびポアソン比)、関節角度、関節に加わる外力を適当に変化させ、応力集中が関節外に集中するか、腱板内に集中するかによって、すなわちモデルの応力集中部位を臨床で断裂が起きる部位に意図的に生じさせることで、それらの発生条件を検討できるものと考えている。

特に、生体に有限要素法を適用する際には、生

体組織の機械的特性を良く把握した上で解析を行う必要がある。その意味で、従来まで生体硬組織の強度特性について著者らが行ってきた研究^{4,5)}はスポーツ工学上意味のあるものである。

また、今回の解析では静的外力を加えて解析を行っているが、スポーツ活動中の衝撃的外力を考慮した解析について今後さらに解析を行う予定である。

IV. まとめ

スポーツ選手の肩腱板断裂の発生メカニズムを明らかにするために二次元肩関節単純モデルを試作した。解析モデルの応力分布は関節包側不全断裂を反映したものであると考えられた。したがって、本モデルは腱板不全断裂の発生挙動を十分把握できるものと期待している。

参考文献

- 1) Zong-Ping Luo, et al.: Mechanical environment associated with rotator cuff tears, J. Shoulder Elbow Surg., Vol. 7, No. 6, 616-620, 1998.
- 2) 佐野博高: 棘上筋腱関節面不全断裂に対する debridement が応力分布に与える影響—二次元有限要素法による解析—, 肩関節, 第26巻, 第2号, 291-295, 2002.
- 3) T. Nakajima, et al.: Histologic and biomechanical characteristic of the supraspinatus tendon: Reference to rotator cuff tearing, J. Shoulder Elbow Surg., Vol. 3, 79-87, 1994.
- 4) 菊川久夫, 持田讓治: 保存による皮質骨の破壊じん性の変化に関する一考察, スポーツ医科学雑誌, 第14号, 48-52, 2002.
- 5) 菊川久夫ほか2名: 皮質骨の曲げ特性に及ぼす保存の影響, スポーツ医科学雑誌, 第15号, 2003. (掲載可)

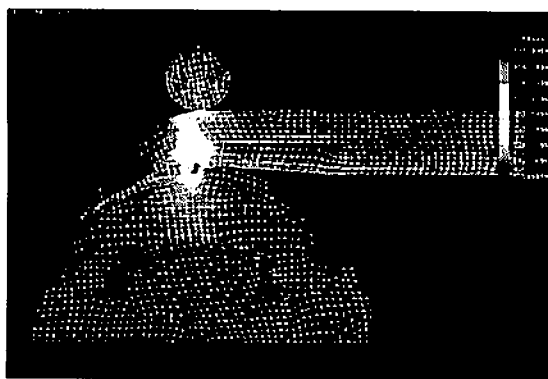


図3 解析結果

Fig. 3 The result computer simulation

皮質骨の曲げ特性に及ぼす保存の影響

菊川久夫 (第二工学部機械工学科) 浅香 隆 (工学部応用化学科)
中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

The effect of preservation on bending properties of compact bone

Hisao KIKUGAWA , Takashi ASAKA and Yutaka NAKAMURA

Abstract

To establish a preventive method against injuries caused by sports, it is necessary to clarify material properties of bone tissues. The object of this study was to examine the effect of formalin preservation on bending characteristic of bovine cortical bone. Samples were taken from plexiform bone in the vicinity of the portion of one-third of the shaft of the femur center. Specimens of the formalin preservation group were prepared in same way as the normal group specimen and preserved in 250 ml of a 10 vol% formaldehyde aqueous solution. The period of formalin preservation was 7 or 30 days. An Instron material testing machine, Model 1000, was used for the bending test and the loading rate was set at 20 mm/min. Formalin preservation did not significantly affect the bending strength. There was an increasing tendency with formalin preservation in bending stiffness. (Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 55-59, 2003)

1. はじめに

近年、CAEのバイオメカニクスへの適用が盛んに行われ、有限要素法(FEM)がスポーツ工学における問題解決に用いられるようになってきた。しかし、骨の機械的特性が統一的に把握されていないため、各種スポーツ外傷による骨折や疲労骨折に対するシミュレーション結果の信頼性については疑問の残るところである。

骨は周囲の力学的環境の影響を受け、リモデリング(成長・吸収)を行うことが知られている。しかし、その機構については不明な点が多い。こ

れらを解明できれば、アスリートの骨折後の効果的治療法の改善や新しいインプラント材料の開発などに寄与すると期待している。

骨に加わる静的荷重ならびに繰り返し荷重は皮質骨の成長・吸収を活性化すると報告¹⁾があり、前者は骨表面のリモデリングを、後者においては内部皮質骨のそれを活性化するとされている。これらの相違は、骨内に発生するマイクロクラックの挙動の違いから生じるものと考えられ、著者らは従来までに皮質骨の破壊じん性の評価を行ってきた^{2,3)}。

しかし、この種の力学試験において、試験前の試料の保存にホルマリンやエタノールによる化学固定を施す場合があり、これらがマイクロクラッ

クの発生・進展挙動に影響を与え、結果としてその特性値に変化を与えたと考えられる。よって、竹の保存方法や保存期間が骨の力学的特性やマイクロクラック進展挙動に与える影響を明らかにする必要がある。

著者らは前報⁴⁾で、比較的短期間（1週間）のホルマリン保存に対する皮質骨の曲げ特性の変化について検討してきた。本研究では、長期間（1カ月）の保存による実験結果を得たので、保存期間1週間の結果とともに検討したので報告する。

II. 実験方法

1. 試験片

試料は-30℃で冷凍保存された生後約24カ月、体重約400kgの新鮮なウシ大腿骨の皮質骨を用いた。図1に示すように、大腿骨の中央骨幹部より、図2に示すような板厚3mmの試験片をできる限り近接した部分から3個ずつ機械加工により製作した。3個の試験片はNormal群およびホルマリ

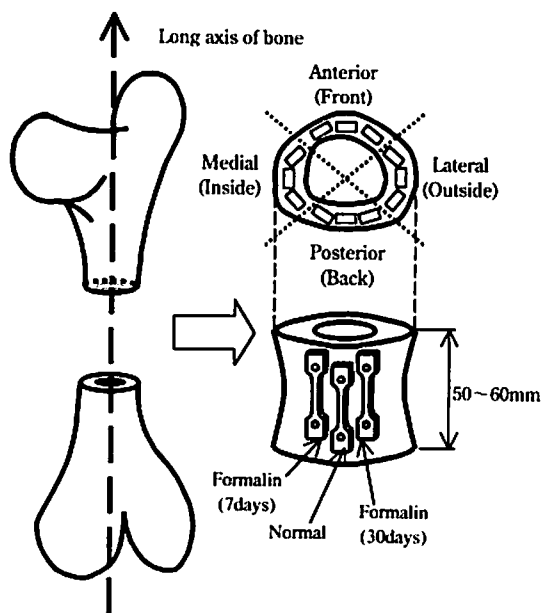


図1 試験片採取方法
Fig. 1 Specimen preparation

ン（10%ホルムアルデヒド水溶液）保存7日群、30日群に分け、試験に供した。

長管骨の皮質骨は、無機質成分のヒドロキシアパタイトと有機質成分である骨軸方向に主に配向されたコラーゲン線維から構成される。ウシ大腿骨中央部の皮質骨は図3に示すように、Posterior部分近傍はハバース骨（Haversian bone）であり、Anterior、LateralおよびMedial部分は板状骨（Plexiform bone）である。

そして、ハバース骨に比べて板状骨は構造が均一で安定した組織と考えられており、大型哺乳類などの皮質骨の大部分はこの種の骨である⁵⁾。強度もハバース骨に比べて一般的に高く、多くのLaminaからできており、これらの間に血管吻合網が存在する。一方、ハバース管は同心円状のLamellaを持った、骨軸方向（Longitudinal）に配向する骨単位（Osteon）より構成され、その中心部には血管であるハバース管（Haversian canal）がある。垂直断面（TangentialあるいはRadial方向）においては、ハバース管の間を連結するフォルクマン管（Volkmann's canal）が血管を入れている⁵⁾。

本研究では、皮質骨のうちでも比較的安定した板状骨を実験に用いた。

2. 実験装置

三点曲げ試験はインストロン材料試験機（Model 1000）を用い、負荷速度を20mm/minに設定して行った。図4に示すような特製の試験片取り付け治具を用い、試験片の上部より荷重を加

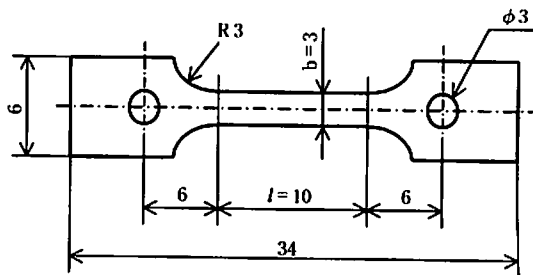


図2 曲げ試験片の形状・寸法（単位 mm）
Fig. 2 Test specimen (in mm)

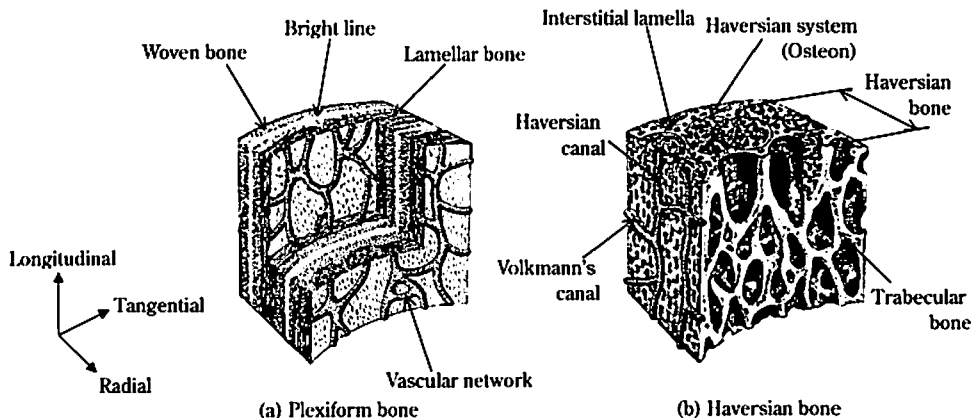


図3 板状骨とハバース骨の構造⁵⁾
 Fig. 3 Schematic illustration of the microstructure of Plexiform and Haversian bone⁵⁾

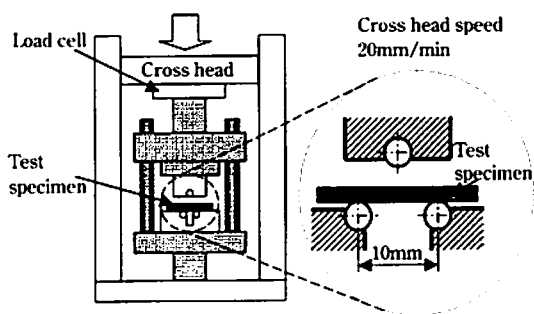


図4 三点曲げ試験の概要
 Fig. 4 Three-points bending test

りの寸法に対し小さい場合にはせん断力を考慮する必要がある。せん断力によるはりのせん断応力 τ および三点曲げによるたわみ δ は、それぞれ式 (2.2)、式 (2.3)⁶⁾ で与えられている。

$$\tau = \frac{3P}{4bh} \quad (2.2)$$

$$\delta = \frac{Pl^3}{48EI} \{1 + 2.85 (h/l)^2 - 0.84 (h/l)^3\} \quad (2.3)$$

え、破断に至るまで負荷を行った。そして、この時の試験片のたわみ量 δ と荷重 P を測定し、荷重—変位曲線を描いた。

3. 三点曲げ試験片の変形と応力の関係式

短形断面を有するはりが曲げモーメント M を受ける場合の曲げ応力 σ は式 (2.1) で与えられる。

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (2.1)$$

ここで、 b および h は試験片の横断面の幅および高さ、 Z ははりの断面係数 ($= bh^2/6$)、 P は荷重、 l は試験片のスパンの長さである。

骨のように不均質な材料の場合、はりの断面にはせん断応力が存在し、また、試験片の長さ l が

ここで、 I ははりの断面二次モーメント ($= bh^3/12$) である。

4. 統計学的検索

非保存群、保存7日群、保存30日群の有意差検定には、一元配置分散分析および多重比較検定 (Bonferroni/Dunn の方法) を用い、有意水準は5%とした。

III. 実験結果および考察

荷重—変位関係は非保存群で立ち上がり若干下に凸なカーブとなり、保存群では直線的な傾向を示した。いずれにしても破断に至るまでほぼ直線的傾向を示したため、最大荷重とその時のたわ

み量から、式 (2.3) を用いて曲げ弾性率 E_b を求めた。

図 5 に保存期間の増加に対する曲げ弾性率 (平均値 ± 標準偏差) の変化を示す。非保存群に比較し、保存群において E_b の増加傾向を呈した。統計学上、保存期間の推移に対する E_b の変化があることが認められた ($p < 0.05$)。また、各保存期間の比較では、非保存群と保存期間 7 日群で有意差 ($p < 0.05$) を認めた。なお、保存期間 7 日と 30 日では、30 日で減少傾向を示すが、統計学上は差がないと言える。

曲げ強度 σ_b およびせん断応力 τ_b については式 (2.1) および (2.2) に最大荷重を代入することで求めている。図 6 に保存期間の増加に対する曲げ強度 σ_b (平均値 ± 標準偏差) の変化を示す。曲げ強度においては、保存期間の推移に対する σ_b の変化は認められなかった。すなわち、 σ_b においては E_b とは異なり、保存による影響は見受けられなかった。図 7 に示すせん断応力においても $\tau_b = 0.15\sigma_b$ の関係があるため、曲げ強度と同様な傾向を示している。

以上の結果、板状骨をホルマリン保存することにより曲げ弾性率は増加し、曲げ強度には変化が認められなかった。このことは、ホルマリン保存により、骨の吸収エネルギーが低下することを示している。

ホルマリンは防腐剤や保存剤として生物の長期保存に用いられ、ホルムアルデヒドがもつタンパク質を不可逆的に凝固させる性質を利用したものである。

荷重—変位関係が非保存群で若干下に凸なカーブから、保存後直線的傾向を示したのは、これらの影響であると予想される。すなわち、本実験結果で得られた保存による弾性率の増加は、骨中に含まれるタンパク質成分であるコラーゲン線維がホルマリン固定により変性した結果得られたものと考えられる。変性したコラーゲンは、本来有する柔軟性を失い、引張強度が低下する。そのため、クラック進展を阻止するブリッジング効果が働かず、それが骨の硬化を引き起こすと同時に吸収エ

ネルギーに低下をもたらしたものと推察する。

今回の実験には、皮質骨の中でもハバース骨に比較して構造が単純な板状骨を用いた。その理由として、今後行うマイクロクラック進展シミュレーションの際、解析モデルの単純化を容易にするとともに、化学固定された骨の力学的特性を知るこ

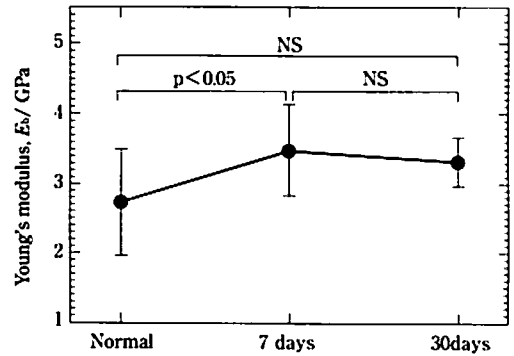


図 5 曲げ弾性率
Fig. 5 Young's modulus of bending

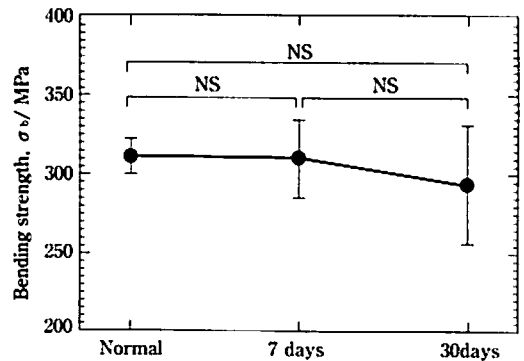


図 6 曲げ強度
Fig. 6 Bending strength

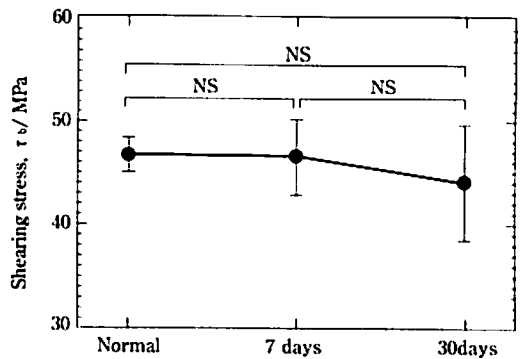


図 7 せん断応力
Fig. 7 Shearing stress

とで、生体内での骨の物性をより正確に把握するためのものである。そして、意図的にホルマリン保存することによって、皮質骨の構成材料ならびに形態がもつ意味を明らかにしようとする第一歩と考えている。

なお、本研究の一部は第63回応用物理学会学術講演会にて報告した。試験片の製作にご協力いただいた、本学研究推進部研究支援課（工学部機械系工場）佐藤清技師補に感謝いたします。

参考文献

- 1) V. Bentolila et al.: Intracortical remodeling in adult rat long bones after fatigue loading, *Bone*, Vol. 23, 275-281, 1998.
- 2) 菊川久夫ほか2名：皮質骨の破壊じん性に及ぼすひずみ速度の影響，日本材料学会誌「材料」，第49巻，第3号，327-333，2000.
- 3) H. Kikugawa et al.: The fracture characteristics of bovine compact bone, *Journal of Japanese Society for Clinical Biomechanics and Related Research*, Vol. 20, 193-196, 1999.
- 4) 菊川久夫ほか2名：皮質骨の曲げ特性に及ぼすホルマリン保存の影響，東海大学紀要工学部，Vol. 42, No. 1, 93-97, 2002.
- 5) L.B.Halstead（後藤仁敏，小寺春人 訳），硬組織の起源と進化，共立出版，72-76，1984.
- 6) S. Timoshenko and J. N. Goodier: *Theory of Elasticity*, McGraw-Hill, Third edition, 122, 1951.

スポーツ選手の傷害調査

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)
有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 麻生 敬 (スポーツ医科学研究所)
恩田哲也 (スポーツ医科学研究所) 宮崎誠司 (医学部整形外科)

Investigation of injuries in athletes

Noriko NISHIMURA, Yutaka NAKAMURA, Seiji ARUGA, Kei ASO, Tetsuya ONDA, Seiji MIYAZAKI

Abstract

The purpose of this study is to analyze the injuries of the patients who have medical examination in sports medical clinic in the university and to investigate the role of this clinic activity. The numbers of all the patients are 1768 and the term of investigate is from April 2001 to September 2002. Mainly they are university students. The result of analysis these injuries is especially seemed singularity in each sports.

The activities of sports medical clinic and sports support system are contributed in terms of instructing rehabilitation and training menus to athletes in each sport. It is not only for returning to sports but for prevention of relapse injuries. The role of sports medical clinic as supporting top athletes in university is so important that they have prevention, assessment and treatment of injuries.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 60-66, 2003)

I. はじめに

大学内におけるスポーツメディカルクリニック(以下スポーツクリニック)の歴史は、1990年より整形外科の医師が武道館や総合体育館に出向いて医事相談活動をはじめたことにさかのぼる¹⁾。その後15号館地下のトレーニングセンター内で医師が週に一度の診察活動をはじめ、1998年には15号館5階フロアにて2名の医師が週に一度ずつ計2回の診察活動を行うようになった。またその頃よりカルテの作成・管理などを開始、2001年4月からはパソコンの導入にともなって、スポーツクリニック受診者のカルテをデータ管理している。

今回2001年4月から2002年9月までの1年半のスポーツクリニック受診者の傷害について分析し、スポーツクリニックが果たしている役割とそのあり方について検討する。

II. 研究目的

スポーツクリニック受診状況を分析し、受診者の総数や部位別の傷害数を把握する。さらに競技別傷害傾向や、傷害予防のためのトレーニングやリハビリテーションについての指針を明らかにし、スポーツ選手の競技力向上および傷害からの早期復帰の方法を模索する。

スポーツ選手の傷害調査

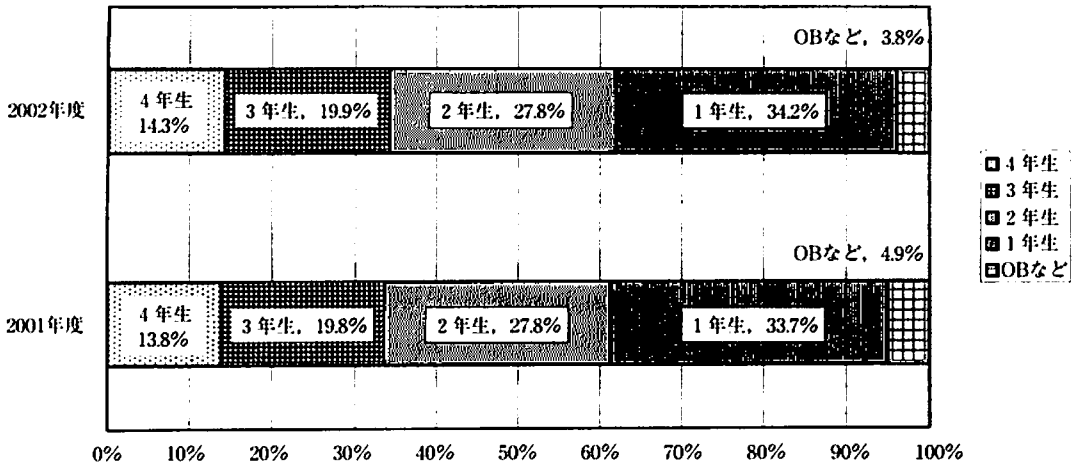


図1 年度別にみたスポーツクリニック受診件数割合
Fig. 1 A percentage of the all patients in each year

III. 研究対象および項目

2001年4月から2002年9月までにスポーツクリニックを受診したのべ1591名を対象とした。受診対象者は主に大学生であり、一部卒業生や学外者も含まれた(図1)。男女別、クラブ別、部位別、月別、曜日別などの項目について受傷数および内容について比較検討した。またそれらの結果をもとに競技特有の傷害や男女別でみられる傷害の傾向などについて検討した。

IV. 結 果

傷害数の総数は1768件であった。男女別では男子1163件(65.8%)、女子605件(34.2%)であった。クラブ別では男子柔道部が544件(30.8%)、女子柔道部が305件(17.3%)、ついで硬式野球部が109件(6.2%)であった(表1)。部位別では膝が523件(29.6%)と最も多く、ついで肩が266件(15.0%)、腰背部が229件(13.0%)の順であった(表2)。月別では2001年6月が194件、2002年6月が153件、2002年4月が137件であった。曜日別では

火曜日が568件(32.1%)、金曜日が1200件(67.9%)であった。

競技特有の傷害では柔道で膝の傷害が特徴的であり、野球では上肢の傷害が、サッカーでは下肢の傷害が多くみられた。

男女別では受診数の多い柔道部の男女で比較し

表1 クラブ別利用頻度とサポートスタッフ数(人数はいずれものべ数)

Table 1 A number of all the patients in each club and the number of support staff

クラブ名	受診人数	割合	スタッフ
1 男子柔道	544	30.8%	2
2 女子柔道	305	17.3%	3
3 硬式野球	109	6.2%	4
4 サッカー	84	4.8%	2
5 男子バレーボール	69	3.9%	3
6 女子バレーボール	63	3.6%	1
7 ラグビー	52	2.9%	4
8 男子バスケットボール	48	2.7%	3
9 剣道	44	2.5%	0
10 女子体操	34	1.9%	0
11 チアリーディング	29	1.6%	1
12 男子ラクロス	25	1.4%	1
13 女子ラクロス	24	1.4%	1
14 女子ソフトボール	22	1.2%	1
15 女子バドミントン	21	1.2%	1
16 硬式テニス 男子	20	1.1%	3
17 陸上跳躍	19	1.1%	0
18 女子バスケットボール	17	1.0%	1
18 ライフセービング	17	1.0%	0
20 女子ハンドボール	16	0.9%	1
20 硬式テニス 女子	16	0.9%	1
その他	190	10.7%	16
合計	1768	100.0%	49

表2 部位別傷害頻度

Table 2 A percentage of injuries in each part

	部位	受診人数	割合
1	頭部・首	52	2.9%
2	胸部・腹部	38	2.1%
3	肩	266	15.0%
4	肘	82	4.6%
5	前腕・手	137	7.7%
6	腰背部	229	13.0%
7	臀部・大腿部	106	6.0%
8	膝	523	29.6%
9	下腿	106	6.0%
10	足部	219	12.4%
11	その他	10	0.6%
	合計	1768	100.0%

表3 男女柔道部の上位傷害件数とその内容

Table 3 A ranking of the injuries in judoka

	傷害名	部位	男	女	合計
1	膝 ACL 損傷	膝	31	53	84
2	膝 MCL 損傷	膝	29	41	70
3	腰痛症	腰背部	42	9	51
4	肩脱臼	肩	25	25	50
5	足関節韧带損傷	足部	17	17	34
6	腰部椎間板ヘルニア	腰背部	14	14	28
7	半月板損傷	膝	16	8	24
8	肩関節亜脱臼	肩	17	4	21
9	肩鎖関節損傷	肩	9	8	17
10	頸椎捻挫	頭部・首	15	0	15

たところ、男子に比べて女子のほうが膝の靭帯損傷の割合が高くなる傾向がみられた。

V. 考 察

スポーツクリニックでは週平均30.4件の傷害件数を診察しており、その多くが強化推進クラブである。強化推進クラブにおいてはスポーツクリニックの存在が広く認知され、競技成績向上のためにスポーツクリニックを有効的に活用している結果であると思われる。なお男子柔道部、女子柔道部においてはチームドクターの診察を金曜日に受診することが可能であるため、他クラブと比較して受診数が増える傾向があり、金曜日の受診数増の一因であると考えられる。以下硬式野球部、サッカー部、男女バレーボール部、ラグビー部と続くがこれらのクラブに共通していることは、スポーツクリニックの認知において、トレーニングセンターとの連携の中で行われているサポートスタッフ活動に比例しているということである。サポートスタッフ活動は1998年度より本格的に開始され、現在では30数名の学外スタッフ、および20数名の学生スタッフによって体育会クラブのトレーニングおよび様々なリコンディショニング等のサポート活動に携わっている。表1にみられるように多くのクラブに担当スタッフがついており、サポートスタッフが競技力向上を目的としたスト

レングストレーニングの指導とともに、傷害に対するリコンディショニングをサポートすることで、選手の早期競技復帰を可能にすると考えられる。

傷害別では膝の受傷件数が最も多くなっているが、これは男女柔道部の受診者数によるところが大きく、さらに柔道の競技特性として膝の傷害頻度が高いことが一因となっている^{2) 3)}。柔道特有のひねり動作の中で相手との接触や負荷がかかり、膝の前十字靭帯や内側副靭帯、半月板などを損傷するケースが多く発生している(表3)。その他、クラブ別受傷数で上位にあげられているサッカー部、男女バレーボール部、ラグビー部、男子バスケットボール部、女子体操部においても各クラブ内での膝の傷害件数の割合は最も高くなっており、スポーツ競技全般において膝の傷害が非常に多いことがうかがえる(図2)。肩の傷害では男女柔道部、硬式野球部、男子バレーボール部、ラグビー部などに多くみられる。コンタクトスポーツである柔道やラグビーなどでは体が相手と激しく接触することで肩関節(亜)脱臼、肩鎖関節(亜)脱臼などの急性の外傷を起こしやすく、投球動作やスイング動作を繰り返す野球やバレーボールなどにおいては肩腱板炎やインピンジメント症候群など慢性障害が主なものとなっている。腰背部の傷害については腰痛症がもっとも多く、ついで腰部椎間板ヘルニア、腰椎分離症の順となっている。これはレントゲンが撮れず、症状的な診断に偏ってしまうからである。

これらの傷害傾向をもとに特に膝の傷害が多くみられるため、下肢の筋力強化のためのスクワットやランジを傷害の程度に応じながら積極的に取り入れるようにしている。特に柔道では捻りの動作によって傷害をおこしやすいため、それらの動きに対応した体幹強化や身体の使い方をトレーニングすることによって習得するように指導してい

る。このことにより傷害からの復帰だけではなく、再発予防や競技力向上につながっていくものであると考えられる。肩の傷害については関節安定性を最も重視し、インナーマッスルの評価と筋力強化を習慣づけ、その後アウターマッスルと呼ばれる大筋群の強化を並行して行っている。特に慢性的な傷害を起こしやすい野球やバレーボールなど

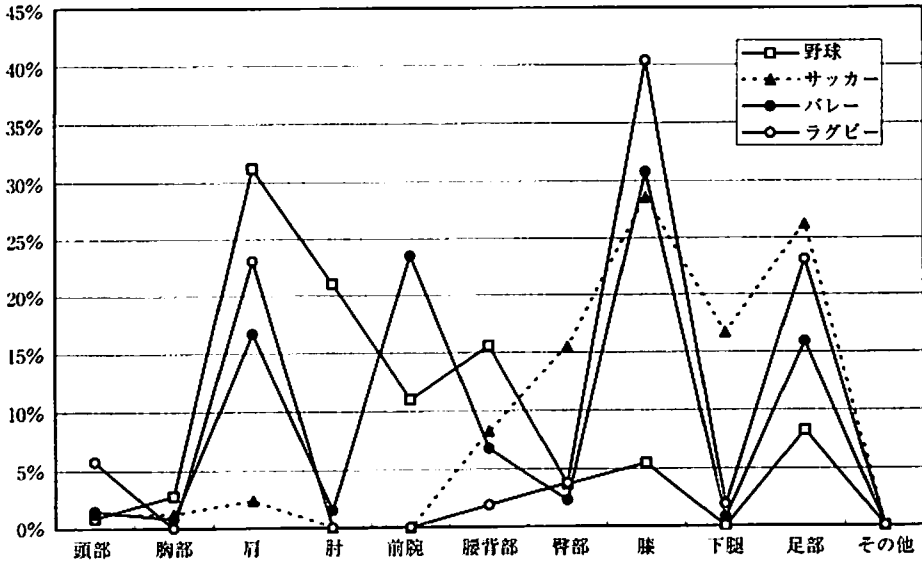


図2 競技別特性からみた部位別傷害割合
Fig. 2 A percentage of injuries in each part (baseball, soccer, volleyball, rugby)

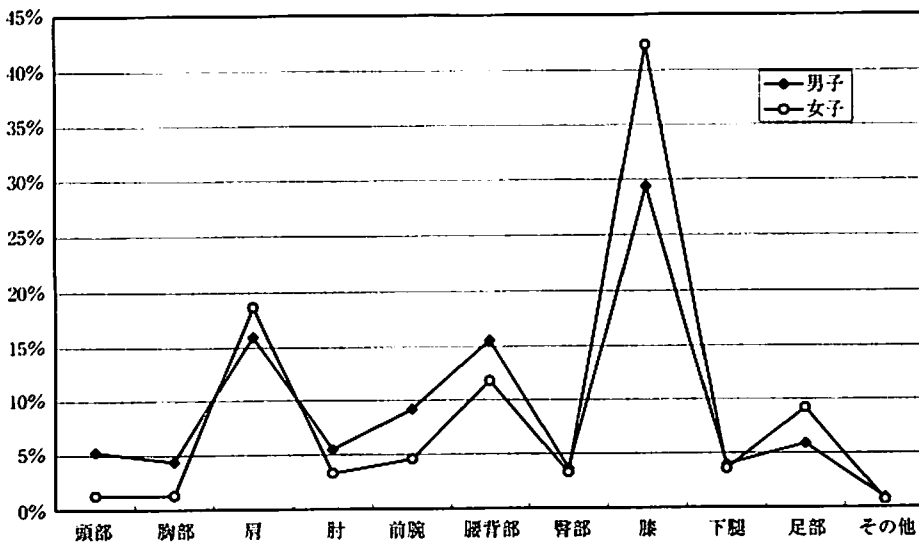


図3 柔道部の男女別にみた部位別傷害割合
Fig. 3 A percentage of injuries in each part (judoka, men and women)

に関しては、その動作そのものにまで着目し、傷害を起こさないためのスイング動作やフォームの指導を行う場合もある。腰痛症に代表されるような腰背部の傷害については、その評価を行ったうえで背筋と腹筋のバランスを考慮したトレーニング方法や日々のコンディショニングの一貫として柔軟性向上のためのストレッチを指導している。その他の部位に関しても医師の診察結果をもとにサポートスタッフがその指示を仰ぎ、的確なりハビリテーションおよびトレーニング指導を行っている。またなぜ傷害が起きたのか、その原因を把握することで再発予防にまで発展させることが可能である。

最も受診者数の多い柔道競技の男女別傷害を比較したところ、膝、肩、腰背部の順に発生しており、その傾向は男女ともでみられた(図3)。膝の傷害に関しては男子よりも女子の割合が高くなっており(42.3%)、これは男女の筋力差や女子の関節弛緩性の高さによることが考えられるが、これに関しては今後さらなる検討を加える必要がある。

スポーツクリニックの受診者が6月に一番多く

なる背景には、1998年より毎年5月に体育会所属の新入生を対象としたメディカルチェックを実施していることに起因する(図4)。トレーニングセンターとの連携の中で行われているサポート活動の一環として行われているものであり、学生トレーナーを中心に過去の傷害歴や形態、アライメント、柔軟性、筋力などを測定評価し、問題がある選手に最終チェックにて医師との面談を行う。診察が必要であると判断した場合はその場で病院を紹介し、レントゲンやMRI等の精密検査を行った上でその結果をスポーツクリニックに持ち寄り、診察を受けるように指導している(図5)。このため400名近くの新入生の約1割がメディカルチェックを受けた後にスポーツクリニックを受診し、その多くが6月に集中するものと思われる。

2000年12月よりスポーツクリニックでは従来の超音波治療器、マイクロウェーブ、ホットパックに加えて、立体動態波療法、低周波療法、冷却用装置を導入し、傷害に対する物理療法の充実を図っている。2001年6月からの統計データではその認知度は徐々に浸透しつつあることがうかがえる

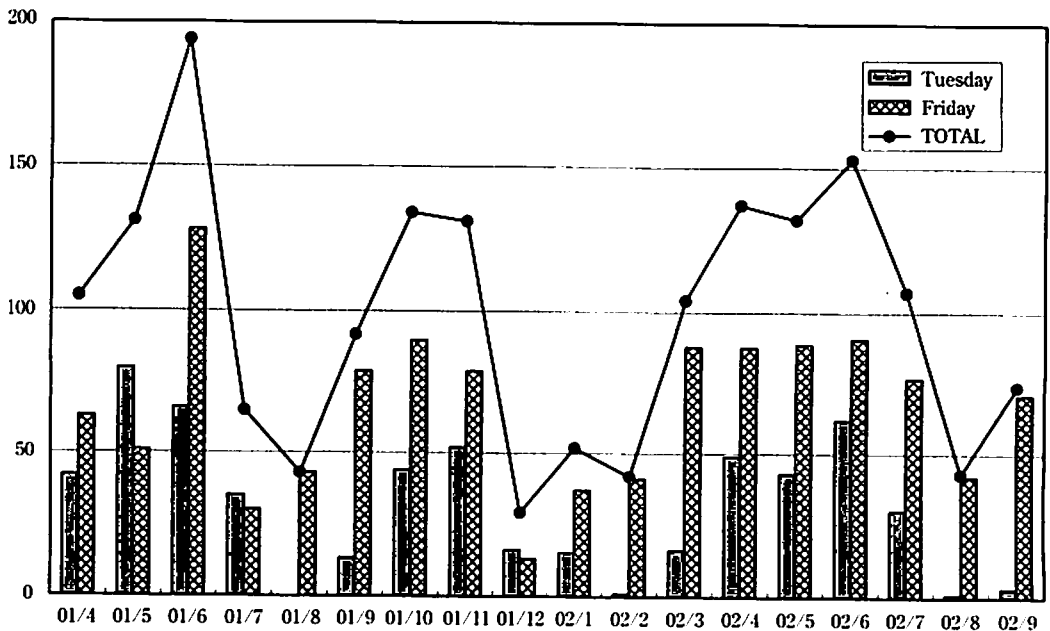


図4 曜日別スポーツクリニック受診者数
Fig. 4 The daily number of the patients in each day (Tuesday and Friday)

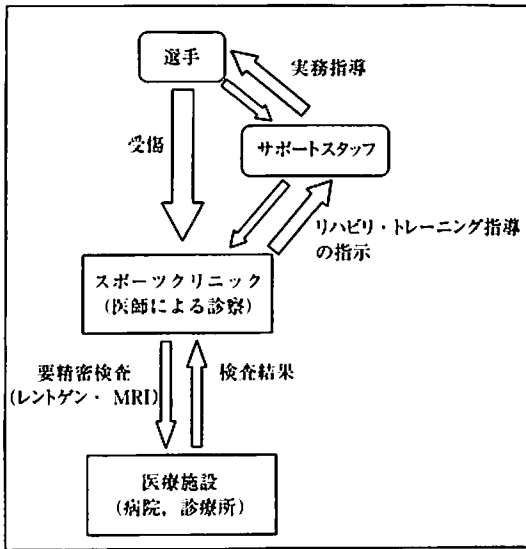


図5 スポーツクリニック模式図
Fig. 5 The mechanism of the sports clinic

(図6)。これまでの傷害の予防に対するアドバイス、傷害の評価や処置、理学療法士による機能回復訓練(リハビリテーション)のほかに、スポーツクリニックの受診後に、医師の指示によってこれらの物理療法を使用するケースが増え、物理療法機器による幅広い治療を行うことが可能となった。これらのことから今後スポーツクリニックの受診者のニーズは多様化し、その必要性もさらに高まると思われる。しかし問題点としては管理面の問題があり、これを解消するためには大学の活動として認知されることが必要である。現在はあくまで非営利目的活動であり、これが解消されなければ発展は望めない。

大学トップレベル選手のサポート活動としてのスポーツクリニックは、傷害の予防、評価、治療という点において非常に重要な役割を果たしている。今後さらなる発展のためにはハード面での充実はもちろんのことであるが、ソフト面において、スポーツクリニック活動と各チームに関わるサポ

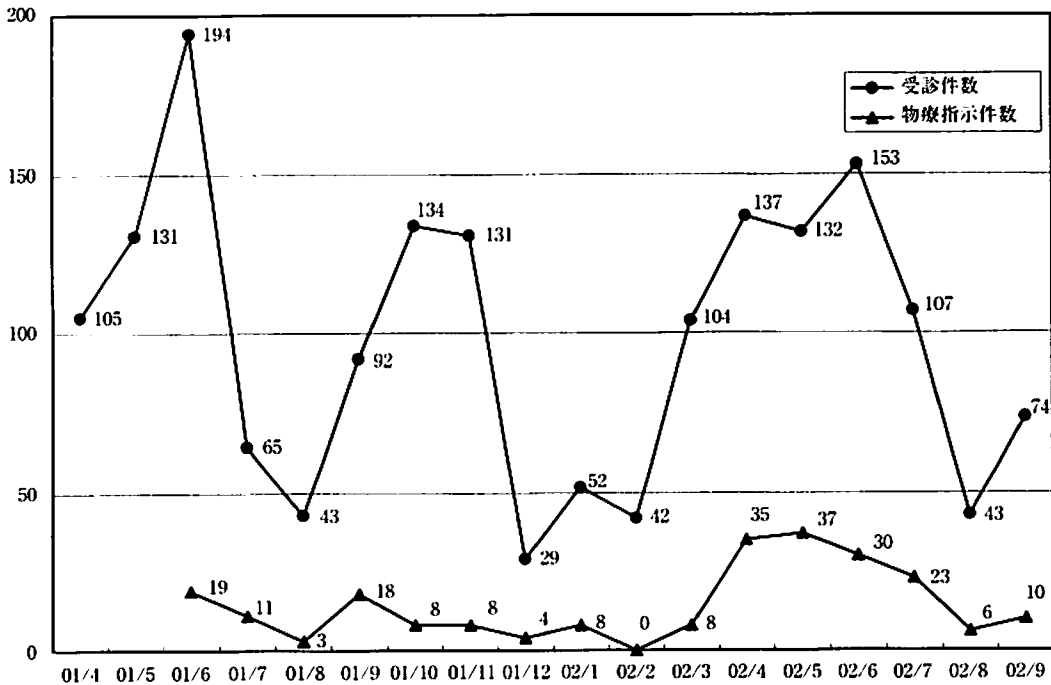


図6 スポーツクリニック受診者数に対する物療指示件数
Fig. 6 The number of physiotherapy in sports clinic

ートスタッフの教育と資質向上が急務である。サポートスタッフは傷害を持つ選手に対して適切なトレーニングの指導を行うだけでなく、傷害に対するリコンディショニングや選手の傷害そのものに対する意識を高め、予防と早期競技復帰に向けて活動することが望まれる。

VI. まとめ

- ①データ管理された2001年4月から2002年9月までのスポーツクリニック受診者の傷害について分析した。
- ②競技別にそのスポーツ特有の傷害の傾向が明らかになった。
 - ・柔道では膝の前十字靭帯損傷、内側副靭帯損傷、半月板損傷など
 - ・野球では肩関節周囲炎、腱板炎、肘関節炎など
 - ・サッカーでは膝の半月板損傷、足関節靭帯

損傷、下腿挫傷など

- ・バレーでは足関節靭帯損傷、ジャンパー膝、膝の前十字靭帯損傷など
 - ・ラグビーでは膝の半月板損傷、足関節内顆骨折、肩関節捻挫など
- ③競技別に明らかになった傷害について、その競技性にあたりハビリテーションおよびトレーニング指導が可能となった。
 - ④スポーツクリニックの活動はトレーニングセンターとの連携によるサポート活動が大きく関与している。

参考文献

- 1) 宮崎誠司ら：大学柔道選手の膝関節傷害の11年間の推移について。東海大学スポーツ医科学雑誌 14：58-62, 2001.
- 2) 市川宣恭ら：柔道による外傷，傷害。臨床スポーツ医学 1：281-288, 1984.
- 3) 米田 實ら：柔道における下肢の損傷と対策。臨床スポーツ医学 19：255-261, 2002.

運動の前後における生体内での 水分量移動の研究

橋本匡史 (大学院医学研究科) 山村雅一 (医学部) 八木原晋 (理学部物理学科)
新屋敷直木 (理学部物理学科) 風見昌利 (東京健康科学学園) 内田 泉 (東京健康科学学園)
須藤央子 (東京健康科学学園) 河乃建仁 (体育学部) 新居利広 (体育学部)
大崎 栄 (体育学部) 岩垣丞恒 (体育学部)

Build up of water in the epidermis after excise

Tadashi HASHIMOTO, Masaichi YAMAMURA, Shin YAGIHARA, Naoki SHINYASHIKI, Masatoshi KAZAMI,
Izumi UCHIDA, Chikako SUDOU, Kenji KOUNO, Toshihiro ARAI, Sakae OSAKI and Suketsune IWAGAKI

Abstract

To determine the fate of water after exercise, interchange of water between the epidermis and blood was measured, before and after two types of exercise. Exhaustive exercise for 10 minutes and jogging for 60 minutes were chosen. Water volume in the epidermis was measured by Time Domain Reflectometry (TDR) and compared to measurements of viscosity and hematocrit level in the blood, which give an indication of the water content.

A sharp increase in blood viscosity and hematocrit level were noted after exhaustive exercise (VO_{max} measurement) with no weight loss. Water volume after 60 minutes of jogging increases initially after both types of exercise and remains constant thereafter. It is possible to assume that water in the blood is transferred to the epidermis, this build up is probably kept there for sweating in case the body temperature rises, after exercise. (Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 67-72, 2003)

1. はじめに

生体内の水の分配、移動は生物の生存にとって最も大切な問題の一つである。ヒトの身体でも同じことである。発汗は体内の水を移動させることで体温の調節をおこない、最終代謝産物を体内から除去する。生体は約60~70%程の水を含んでおり、水は各組織の構造、機能の発現に大きな役割

を担っている。体内の水は主に体液（組織間、細胞間）、血液中に分布し、それらの間を行き来して、その平衡を保っている。そして汗、尿として体外へ除去される。

運動時における体外への水の移動は、発汗による体重の変化を調べることによって評価できる。しかし体の各組織に局在している水や発汗以外に身体内を移動する水などを定量的に調べることは従来容易ではなかった。近年我々は生体内の水の評価にマイクロ波を用いた誘電緩和測定を用い、

精肉（魚肉、鶏肉）、野菜（人参、ジャガイモ）などの食品や肺組織¹⁾、皮膚²⁻⁶⁾などの構造と物性を議論してきた。

そこで本研究でも、誘電率の測定法の一つである Time Domain Reflectometry (TDR) 法を用い、運動前後における表皮の含水率を求めた。運動後発汗にまで至らない場合、体内の水は発汗の準備として表皮付近に集められ、さらに運動を続けると発汗によって体外へ排除されるのではないかと考えたからである。この表皮付近への水の移動の様子と、血液粘度、ヘマトクリット (Hct) 値の変化から、運動に伴う体内の水の移動について議論を行う。

II. 実験方法

1. 血液粘度測定

血液粘度は Brookfield 社製の回転粘度計を用い、コーン径42mm、回転速度60rpm、37℃で測定した。同時に採取した血液サンプルの Hct 値を測定することによって、血漿成分の含水率の変化を調べることができる。さらに運動による、発汗に伴う体重変化を測定した。

2. TDR 法

TDR 法は主としてマイクロ波領域での誘電率を測定する方法である。正負の電荷を帯びている分子は、電場に対して配向する特性（配向分極）を持っている。誘電率を測定することは、この配向に要する時間（緩和時間）や配向の大きさ（緩和強度）を測定する手法である。水分子は双極子をもち、生体内では他の生体分子よりも緩和時間が小さいため、複雑な組成である生体組織のマイクロ波照射に対して選択的に水分子の配向が応答する。そのためこの手法を用い、表皮における含水率を直接観察し、定量的にその役割を解明することが期待される。TDR システム概略図を図 1 に示す。測定には平面接触型電極¹¹⁾を用い、汗をふき取ってから測定した。

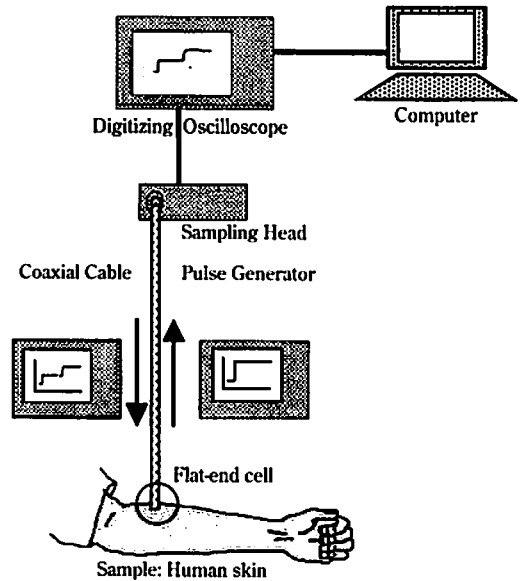


図 1 TDR システム概略図
Fig. 1 Diagram of the TDR system

3. 運動前後における血液粘度測定

血液粘度は運動を行う前の日常の状態と、最大酸素摂取量の測定をするための運動を行った後の 2 回採血について測定を行った。被験者は東京健康科学学園の学生である。採血については実験の主旨を説明し、承諾を得た。

4. 表皮の含水率測定

TDR 法を用い、運動前と運動後における表皮含水量の時間経過を測定した。測定部位は手首から肘の間である。運動として 1 時間のランニングを行い、運動前後の体重測定も行った。被験者は東海大学理学部物理学科の学生、東海大学陸上部長距離部の学生である。

III. 結果および考察

1. 血液粘度測定

図 2 に運動前後における血液粘度を男女別に示す。男性の場合、運動後には約 1 cp 増加 ($P < 0.00001$) した。女性の場合も同様に約 1 cp (P

<0.000001)の増加が見られ、性差によらず運動後約1 cp増加していることがわかる。しかし運動に関わらず男子の粘度の方が約1 cp大きい値を示した。粘度の大きさは血球数とも関係するので、男女の血球数を比較すると、男性の方が多く、統計的にも有意差がみられるという報告がある⁷⁻⁸⁾。この場合にも血球数が原因の一つとなり、血液粘度に性差が現れていると考えられる。

この時、血液粘度測定に対応した体重測定の結果には減少が見られた。この体重変化は身体内の水が発汗として体外へ放出されたことによる。しかし血液粘度の増加を定量的に説明する様な体重変化との相関を出すことはできなかった。

運動前後での Hct 値の変化を図3に示す。運動後4.7%の増加が見られた。Hct 値と血液粘度には相関があり、血漿成分の減少から粘度が増加

している。

血液粘度と体重の変化に相関が見られないことと、Hct 値の変化から、運動後には血漿から脱水がおき、その水が体外には放出されず、体内のどこかにとどまっていることが示唆される。

2. 表皮水分量測定

図4に表皮の複素誘電緩和スペクトルを示す。複素誘電緩和スペクトルの実部は分散を、虚部は吸収を示す。得られた複素誘電率の緩和現象は次式の様に3つのCole-Cole型の緩和過程を用いることでうまく記述された。

$$\epsilon^* - \epsilon_\infty = \frac{\Delta \epsilon_a}{1 + (j\omega\tau_a)^{\beta_a}} + \frac{\Delta \epsilon_m}{1 + (j\omega\tau_m)^{\beta_m}} + \frac{\Delta \epsilon_i}{1 + (j\omega\tau_i)^{\beta_i}} \quad (1)$$

これらの緩和パラメータから誘電緩和メカニズ

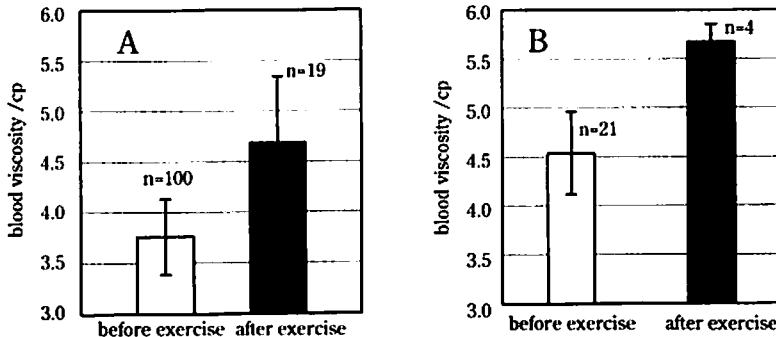


図2 運動前後における血液粘度の変化 A:女性 B:男性
Fig. 2 Blood viscosity obtained before and after exercise. A: female, B: male

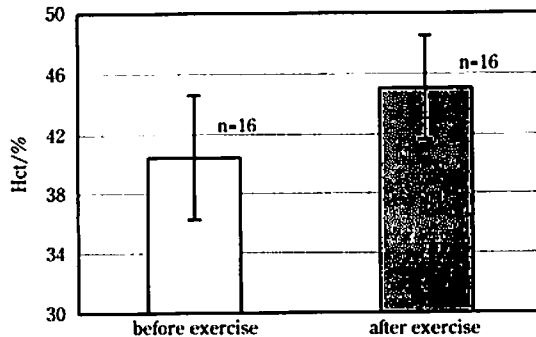


図3 運動前後における Hct 値の変化
Fig. 3 Haematocrit level obtained before and after exercise

ムに関する情報を得ることができる。 $\Delta \epsilon$ は緩和強度、 τ は緩和時間、 β は緩和時間分布に関する Cole-Cole の形状因子、 ϵ_{∞} は光学領域における誘電率、 ω は角周波数、 j は虚数単位、をあらわす。高周波側の緩和を h 過程、中間周波数域の緩和過程を m 過程、低周波側の緩和過程を l 過程とする。 h 緩和過程は自由水の配向に起因している。 m 緩和過程、 l 緩和過程は、生体組織の界面分極³⁻⁴⁾、電極分極、結合水の配向などのメカニズムが考えられている⁶⁾。本研究では自由水の定量的な測定が目的なので、20GHz 付近の自由水の配向による h 緩和過程に特に注目することにする。緩和強度 $\Delta \epsilon$ は物質中の双極子モーメントの大きさ、単位体積あたりの数やそれらの間の相関などによって決定される物理量である。図5に運動前後の複素誘電緩和スペクトルを示す。運動後には誘電率が大きくなり、表皮における自由水が増加していることがわかる。表皮の自由水量を

緩和強度から以下の式によって定量的に求めた。

$$C_f = \frac{\Delta \epsilon_h}{\Delta \epsilon_r} \times C_p \quad (2)$$

ここで C_f は単位体積当たりの表皮における自由水量を表わす。ここで C_p は37℃の純水の密度で 0.991g/cm^3 を使い、 $\Delta \epsilon_r$ は37℃純水の緩和強度である71.7を用いた⁹⁾。運動前後とその後1時間から2時間、2時間から3時間の表皮の含水率を図6で比較する。運動前に比べて運動後の含水率は増加していることが分かる。その後さらに1時間程度経過すると含水量は運動前の値に戻ってきている。

TDR 測定に接触式電極を使用した場合、電極先端から電極の電気長、 yd (mm) の等倍から数倍の深さまでの誘電情報が得られることが報告されている³⁻⁴⁾。今回使用した電極の電気長は 0.152mm なので、皮膚表面から深さ約 0.4mm 程

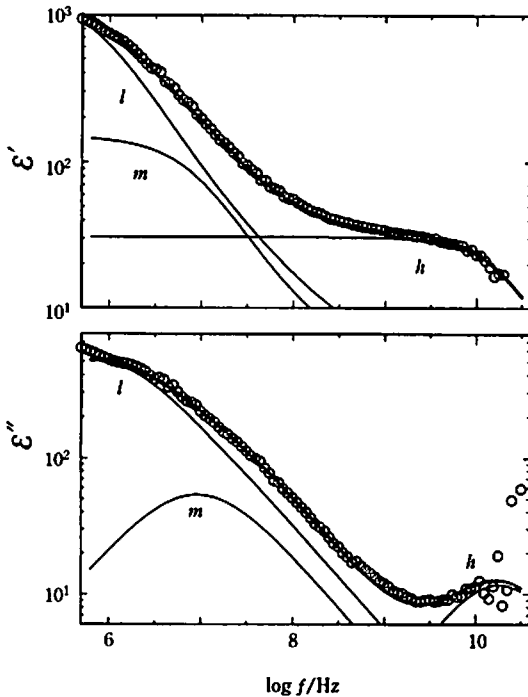


図4 平常時における表皮の複素誘電緩和スペクトル
Fig. 4 Dielectric dispersion and loss curves obtained for human skin before exercise

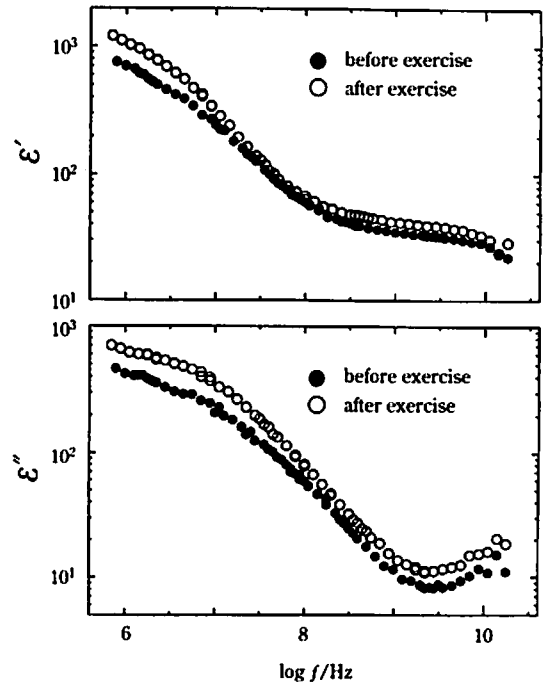


図5 運動前後における複素誘電緩和スペクトル
Fig. 5 Dielectric dispersion and loss curves for human skin obtained before and after exercise

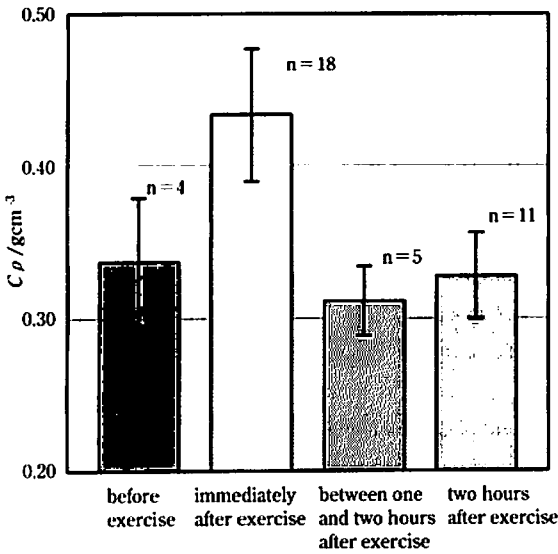


図6 運動前後における表皮の含水量の移行
Fig. 6 The water content of the human skin obtained before and after exercise

度の範囲を観測していることになる。

求めた含水率から、表皮の含水量の検討を行うことで、全身表面にどのくらいの水が移動しているかの目安が得られる。そこで、体表面積を概算し、その量を求める。被験者の身長、体重の統計からおおよその体表面積を次式で求めることができる。

$$\begin{aligned} & \text{体表面積 (cm}^2\text{)} \\ & = \text{体重 (kg)}^{0.444} \times \text{身長 (cm)}^{0.663} \times 88.83 \text{ (cm}^{1.337} \cdot \text{kg}^{-0.444}\text{)} \end{aligned} \quad (3)$$

この式は2000年度の推計体位の各年齢・性別階層別の平均身長、体重の統計から算出されたものである¹⁰⁾。以上の含水率、体表面積、計測の深さがわかると、全身における表皮含水量を次式によって概算することができる。

$$\begin{aligned} & \text{全身における表皮の含水量 (g)} \\ & = \text{体表面積 (cm}^2\text{)} \times \text{含水率 (g/cm}^3\text{)} \times \gamma d \text{ (mm)} \\ & \quad \times 10^3 \end{aligned}$$

今回の実験で得られた結果を用いて計算すると、運動直後には表皮の自由水は全身で約92 g増加していることが分かった。

運動の初期身体が暖まるのに対応して、水は血液から表皮へと移動し、血液濃縮が起こる。そして体温の上昇がそのまま続けば汗と共に熱を放出する。運動が続く限りその状態が持続する。アップ時初期における身体に感じる‘きつさ’は、水の表皮への移動の結果血液濃縮が発生し、血液流速が減少するのが原因であるかもしれない。

血液濃縮が発生すれば浸透圧に変化がおり、細胞や細胞間から水が補充される。その結果、身体全体の水の平衡状態が回復し、身体に感じる‘きつさ’が消滅する。以後汗で失う水は内臓への血液循環を減少させる等の手立てを通じて補正されると考えられる。

発汗のない状態での血液粘度の増加は、発汗による身体からの脱水に先行し、血液のみから脱水が発生していると考えられる。

参考文献

- 1) Nobuhiro Miura, Sumie Shioya, Daisaku Kurita, Teruyoshi Shigematsu and Satoru Mashimo: Time domain reflectometry: measurement of free water in normal lung and pulmonary edema, American Physiological Society, L 207-212, 2000.
- 2) Satoru Mashimo, Shinichi Kuwabara, Shin Yagihara and Keniti Higasi: Dielectric Relaxation Time and Structure of Bound Water in Biological Materials, The J. Phys. Chem., 1987, 91, 6337-6338.
- 3) S. Naito, M. Hoshi, and S. Mashimo: In vivo dielectric analysis of free water content of biomaterials by time domain reflectometry, Anal. Biochem. 251: 163-172, 1997.
- 4) S. Naito, M. Hoshi, and Shin Yagihara: Microwave dielectric analysis of human stratum corneum in vivo, Biochim. Biophys. Acta 1381: 293-304, 1998.
- 5) 林 義人, 原本泰雅, 新屋敷直木, 八木原晋, 栗田太作, 灰田宗孝, 垣谷壽美恵, 篠原幸人, 福崎 稔: 生体組織のマイクロ波誘電分光と含水量測定, 東海大学スポーツ医科学雑誌13: 76-84,

- 2001.
- 6) Yoshihito Hayashi, Nobuhiro Miura, Naoki Shinyashiki and Shin Yagihara: Free water content and monitoring of healing processes of skin burns studied by microwave dielectric spectroscopy in vivo, *Biological physics-spectroscopic and microscopic techniques*, 投稿準備中.
- 7) Iwagaki S., Arai T., and Yamamura M.: Decreases in red blood cell in prolonged endurance raining. *SPECTRUN, sportwissenschaftler*. 11: 74-83, 2000.
- 8) 宮村実晴編集, 新運動生理学 (上巻): 真興交易 (株) 医書出版部, 2001, 300-307.
- 9) U. Kaatz and V. Uhlendorf: The Dielectric Properties of Water at Microwave Frequencies, *Physikalische Chemie Neue Folge*, Bd. 126, s. 151-165, 1981.
- 10) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修, 日本人の栄養所要量第1版第5改: 第一出版, 1994, 40-47.
- 11) Shin Yagihara, Nobuhiro Miura, Yoshihito Hayashi, Hidenori Miyairi, Megumi Asano, Gaku Yamada, Naoki Shinyashiki and Satoru Mashimo: Microwave Dielectric Study on Water Structure and Physical Properties of Aqueous System Using Time Domain Reflectometry with Flat-End Cells, *Subsurface Sensing Technologies and Applications* Vol. 2, No. 1, 15-29, 2001.

長時間運動が運動換気及び 安静時心拍変動に与える影響

三澤さおり (医学部分子生命科学 I) 馬場礼三 (愛知医科大学内科)

山村雅一 (医学部分子生命科学 I)

Effect of prolonged exercise on exercise
ventilation and resting heart rate variability

Saori MISAWA, Reizou BABA and Masaichi YAMAMURA

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of the prolonged exercise on autonomic nerves system activity and ventilation responses. Nine healthy non-smoking females participated in this study. Before and after 24h of the prolonged exercise (20-30km jogging or brisk walking), they performed 6 minutes walking on treadmill by a fixed speed of 100meters/min and the expired air was collected to assess ventilation. They also underwent 2-channel 2-hour Holter recordings at least 2h to assess autonomic nerves system (ANS) activity by heart rate variability (HRV).

There were no differences between the mean values in any of the measurements except $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ decreasing ($p < 0.05$). Total number of RR50 and HF values were significantly lower ($p < 0.05$, $p < 0.05$) and LF/HF ratio were significantly higher ($p < 0.05$). These results suggest the prolonged exercise affect to ANS activity and exercise ventilation may be concerned with ANS.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.15, 73-76, 2003)

I. 緒言

マラソン等長時間運動をし続けると呼吸が浅くなり肺の上部でのみ換気をするようになり、この結果速く走ることは困難となる。このような呼吸パターンや運動換気応答の変化にはいくつかの因子が関与しているが、我々は自律神経機能が一部寄与しているという仮説を基に、長時間の運動が運動換気と心拍変動に及ぼす影響を検討した。

II. 研究方法

A. 被験者

被験者は喫煙習慣の無い9名の健康的な成人女性(年齢 21.8 ± 3.0 歳、体重 54.1 ± 4.2 kg、身長 158.6 ± 6.4 cm)であり、一人を除き全員がスポーツ習慣のない者であった。全ての被験者に対して、実験前に本研究の趣旨及び実験内容を十分に説明し、参加同意を得た。

B. 実験方法

1. 長時間運動

長時間運動は、生理期間中でないことを確認し、各々の体力にあわせて20もしくは30kmを早足もしくは低速のジョギングで行ってもらった。半分の距離に到達したところで30分ほどの休憩をとり、再度同じ距離を早足歩行もしくは走ってもらった。運動中の水分摂取は自由に行ってもらった。

2. 運動テスト

長時間運動終了から24時間後に、トレッドミルを用いての運動テスト(100m/分の低速歩行)を行ってもらい、心拍数、呼吸数、分時酸素摂取量($\dot{V}O_2$)、分時換気量($\dot{V}E$)及び分時炭酸ガス排出量($\dot{V}CO_2$)を計測した。また、換気効率を評価するために二酸化炭素に対する換気当量($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$)を算出した。解析には運動終了時の90秒前からのデータの平均を用いた。

3. 心拍変動

運動テスト後、被験者はホルター心電図(FM-100、フクダ電子製)を装着し、安静時座位における心電図を2時間記録した。データは後日異常波と見られる部分を削除したのちに、心拍変動の検討として用いられる時間領域(RR50数, standard deviation of R-R interval: SDRR, coefficient of variation of R-R interval: CVRR)及び周波数領域(low frequency: LF, high frequency: HF, LF/HF比)の両解析を行い、運動前のもものと比較した。

III. 結 果

運動終了から24時間後の低速歩行中運動換気においては換気効率とした $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ のみが有意に減少であった(Fig. 1)。安静時心拍変動においては時間領域のRR50数と周波数領域での高周波成分(HF)が有意に減少であった(Fig. 2, 3)。また低周波成分(LF)と高周波成分の比である

LF/HF比が有意に増加した(Fig. 4)。

IV. 考 察

換気効率とした $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ が減少したが、これは1) $\dot{V}E$ には差が見られなかったこと、2) 有意差はないが $\dot{V}CO_2$ が増加傾向にあったことから、呼気中により CO_2 が排出されていたからだと考えられる。これは慣れない長時間の歩行もしくはジョギングによってDOMS(delayed onset muscle soreness)^{1, 3)}が生じたのではないかと推測される。翌日には被験者全員が前夜の寝付きの悪さと疲労感を訴えており、定期的な運動を行っている者以外は全て下肢・上肢共に強い筋肉痛(DOMSと考えられる。)を生じていた。被験者は身体に強い痛みを伴っているために日常的な動作を行うにも多少の努力が必要とされ、普段と違った体の使い方、もしくは筋自体のダメージによってこのような結果が生じたのかもしれない。

心拍変動解析においてRR50数及びHFは副交感神経活動の指標として用いられているが、本研究では両指標の減少が確認され、長時間運動後24時間経過していたにも関わらず安静時の副交感神経活動の抑制が起こっていたという結果を得た。一方、交感神経の指標とされるLF/HF比の増加が見られたが、これはHFの減少によってもたらされたものであり、交感神経活動の亢進があったとは言い難い。運動時には交感神経活動の亢進もしくは副交感神経活動の抑制が見られ、自律神経活動に伴って分泌されるホルモン(ノルエピネフリン、エピネフリン、アセチルコリン及びコルチゾール等)は心臓をはじめとする臓器や代謝に影響を与える。前述した通り全ての被験者は長時間運動を行った晩の寝付きの悪さを報告しており、これは自律神経活動のアンバランスを推測させる。長時間の運動が自律神経活動やホルモン分泌になんらかの影響を与えたことによって今回のような結果が導き出されたのかもしれない。また精神的なストレスがLF成分の増大

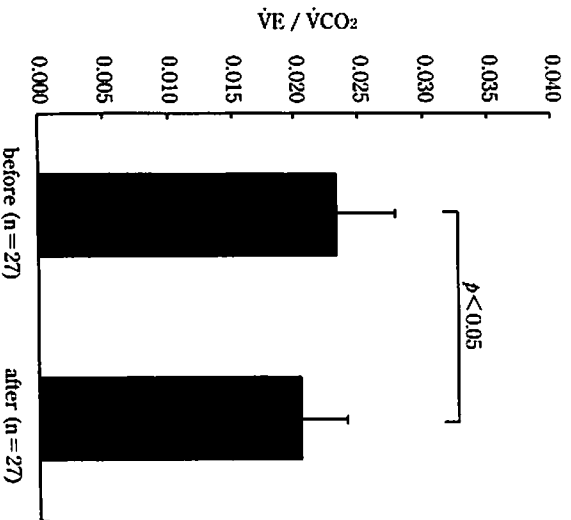


Fig. 1 Ventilation per unit of carbon dioxide production ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$) between before and after the prolonged exercise.

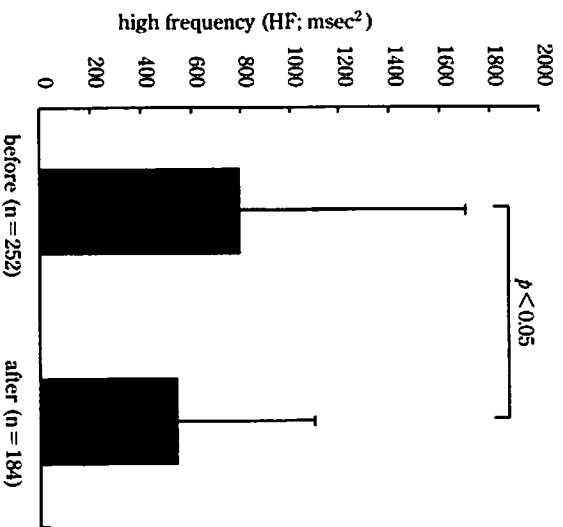


Fig. 3 High frequency power (HF; $msec^2$) between before and after the prolonged exercise.

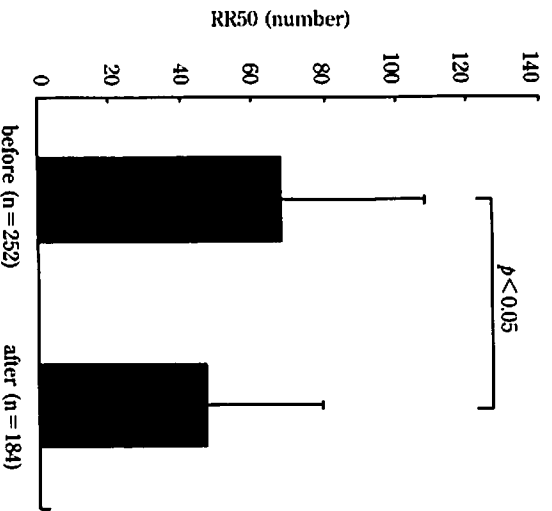


Fig. 2 Total number of RR50 between before and after the prolonged exercise.

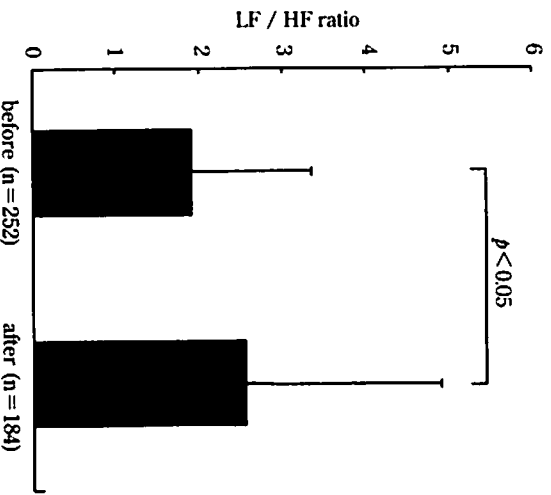


Fig. 4 Low frequency (LF; $msec^2$) and HF ratio between before and after the prolonged exercise.

とHF成分の減少を引き起こすが⁴⁻⁶⁾、運動による身体的なストレスのみならず、疲労感や筋肉痛などからくる精神的なストレスも結果に影響を与えた可能性があると考えられる。

対象者は異なるが、運動換気応答と心拍変動のLF値に負の相関が見られるという報告⁷⁾もあり、本研究の換気効率の変化にも自律神経活動が一部寄与しているかもしれない。

V. まとめ

本実験では長時間運動が運動換気と安静時心拍変動に及ぼす影響を検討した。結果、長時間運動から24時間後の運動テストにおいて、換気効率とした $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ の減少が見られた。また運動テスト後の安静時心拍変動においては副交感神経活動の抑制が見られた。換気応答の変化は自律神経の活動が関与しているかもしれない。

参考文献

- 1) Vaananen I, Mantysaari M, Huttunen P, Komulainen J, Vihko V. The effects of a 4-day march on the lower extremities and hormonal balance. *Military Medicine* 162 (2): 118-122, 1997.
- 2) Appell HJ, Soares JM, Duarte JA. Exercise, muscle damage and fatigue. *Sports Medicine* 13 (2): 108-115, 1992.
- 3) Dnnecker EA, Koltyn KF, Riley Lii JL, Robinson ME. The influence of endurance exercise on delayed onset muscle soreness. *Journal of Sports Medicine Physical Fitness* 42 (4): 458-465, 2002.
- 4) Pagani M, Furlan R, Pizzinelli P et al.. Spectral analysis of R-R and arterial variabilities to assess sypatho-vagal interaction during mental stress in humans. *Journal of Hypertension* 7 (Suppl 6): S14-15, 1989.
- 5) Pagani M, Mazzuero G, Ferrari A et al.. Sympathovagal interaction during mental stress: a study employing spectral analysis of heart rate variability in healthy controls and in patents with a prior myocardial infraction. *Circulation* 83 (Suppl II): II 43-II 51, 1991.
- 6) Delaney JP, Brodie DA. Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of heart-rate variability. *Percept Mot Skills* 91 (2): 515-524.
- 7) Ponikowski P, Chua TP, Piepoli M et al.. Ventilatory response to exercise correlates with impaired heart rate variability in patients with chronic congestive heart failure. *The American Journal of Cardiology* 82 (3): 338-344, 1998.

スポーツ医科学研究所要覧

東海大学スポーツ医科学研究所規程

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

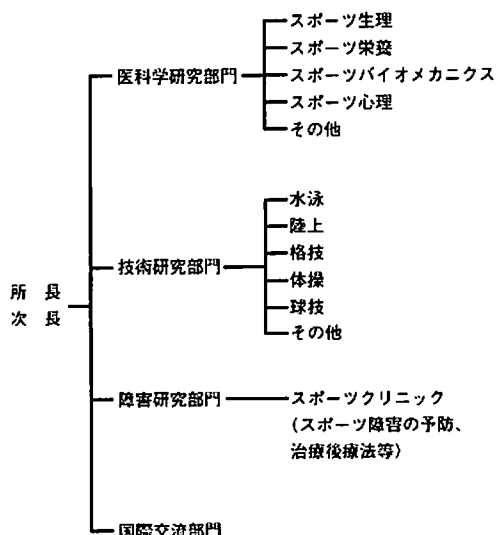
昭和62年10月1日

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、総合的視野の上に立った研究を推進する。

5. 研究所組織



1987年10月1日 制定

(2003年改訂予定)

第1章 総則

第1条 本規程は学校法人東海大学の総合研究機構規程第10条および第11条に基づき、東海大学（以下「本学」という）付属のスポーツ医科学研究所（以下「本研究所」という）の運営の適性を期し、もって本研究所設置の使命を果たすために定めるものとする。

第2条 本研究所の設置目的は、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、競技技術の向上、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、総合的視野の上に立った研究を推進する。

第3条 本研究所は前条に定められた目的を達成するためにつぎの事業を行う。

- (1)調査・研究および試作
- (2)調査・研究の結果の発表
- (3)資料の収集整理および保管
- (4)研究会・講演会および講習会等の開催
- (5)調査・研究の受託または指導
- (6)大学院学生の教育
- (7)その他、本研究所の目的を達成するために必要な事項

第4条 本研究所における調査研究の分野をつぎの通りに定める。

- (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)技術研究分野
バイオメカニクス、心理学、運動技術の向上と

その指導、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、理学および作業療法、その他

(4)その他の分野

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、スポーツおよび運動器具、機械、施設等の開発と、その安全性、その他

第5条 本研究所につきの研究部門を置く。

(1)医科学研究部門

(2)技術研究部門

(3)障害研究部門

(4)国際交流部門

第6条 本研究所は、本学湘南校舎に置く。

第2章 組織

第1節 所長・次長

第7条 本研究所に所長を置く。所長は本研究所を代表し、第1章に定められた本研究所の機能を果たすべく努めるとともに、その運営および事務的責任に任ずる。

第8条 本研究所に複数の次長を置くことができる。次長は所長を補佐し、所長が不在のとき、または事故のあったときその任を代理する。

第9条 所長は毎年度、当該年度の事業経過および年度の事業計画を作成し、総合研究機構運営会議の議を経て理事長の承認を得るものとする。

第2節 職員

第10条 本研究所に専任の教授・助教授・講師・助手・技術職員および事務職員等を置くことができる。

その定員は別に定める。

第3節 研究所員

第11条 本研究所に研究所員若干名を置き、研究に従事し、かつ研究所の運営にあたる。

2 研究所員は原則として本学の専任教職員のうちから総合研究機構運営委員長が任命するものとし、その任期は1カ年度とする。ただし、再任を妨げない。

第4節 研究員

第12条 本研究所に研究員若干名を置き、付託された研究事項に従事する。

2 研究員は原則として本学の教職員が兼務するものとし総合研究機構運営委員長の承認を得て研究所長が任命するものとし、その任期は1カ年度とする。ただし、再任を妨げない。

第5節 嘱託

第13条 本研究所は事業計画の実施に必要なときは、理事長の承認を経て当該事項に関する学識経験者を嘱託とし、調査・研究に参画させることができる。

第6節 研究生

第14条 本研究所は調査・研究に関する教育、または訓練を希望する者を研究生とすることができる。

第7節 委託研究および派遣員

第15条 本研究所は、学校法人東海大学以外の第三者の委託に基づく調査・研究を行うことができる。

2 委託調査、研究の受託に関しては、そのつど学務局研究計画部を通じて理事長の承認を経なければならぬ。

第16条 委託に基づく調査、研究の実施上必要のあるときは、委託者またはその派遣する者（以下派遣員と称する）を、所定の手続きを経たうえで調査、研究に参画させることができる。

第3章 運営

第17条 本研究所の運営は研究所員会議の議を経て行う。

第18条 研究所員会議は以下の者をもって構成する。

(1)研究所長

(2)研究所次長

(3)研究所専任および兼任の教授・助教授・講師

(4)必要に応じて他の者を出席させることができる。

第19条 研究所員会議はつぎの事項を審議する。

(1)事業計画に関すること。

(2)運営に関すること。

(3)予算及び決算に関すること。

- (4)人事に関すること。
- (5)研究委託に関すること。
- (6)研究生に関すること。
- (7)その他必要な事項。

第4章 経理

第20条 本研究所の経理は研究機関会計として処理する。

第21条 本研究所の会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日をもって終わる。

第22条 本研究所の経常経費は、総合研究機構からの交付金のほか、研究補助金・寄付金・委託研究費・研究調査費および、その他の収入をもって充当する。

ただし、総合研究機構からの交付金以外の経費の受託ならびに用途については事前に理事長の承認を必要とし理事長名をもって行う。

第23条 所長は毎年度の終わりに次年度の予算を編成し、総合研究機構運営会議の議を経て理事長の承認を得なければならない。

第24条 所長は毎年度始めに前年度の決算書を作成し、総合研究機構運営会議の議を経て理事長の承認を得なければならない。

第5章 特許および著作権

第25条 本研究所における調査、研究に基づく発明・考案または著作権の帰属およびその利用についての規程は別に定める。

第6章 付則

第26条 本規程を、改訂または変更する場合は、研究所員会議の議を経て総合研究機構運営会議の承認を必要とする。

第27条 本研究所の適切な運営をはかるために、本規程に定めるところのほか必要な諸規程を設けることができる。

付則 この規程は、昭和62年10月1日よりこれを施行する。

「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規定

1998年4月1日

1. 和文規定

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、仕上がりをカラーで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。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、欧文規定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. 欧文規定

1. 2. 3. 4. は、和文規定に同じ

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、和文規定に同じ。

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、和文規定に同じ。

附則 この規定は1998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 (2002. 4. 1)

- 1 委員長 齋藤 勝
- 2 委員 山村 雅一
- 3 委員 寺尾 保
- 4 委員 恩田 哲也
- 5 委員 吉川 政夫
- 6 委員 山並 義孝

2002年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

1. 所長 齋藤 勝 体育学部(体育学科)
2. 次長 山村 雅一 医学部(分子生命科学)
3. 専任 寺尾 保 スポーツ医科学研究所
4. 専任 中村 豊 スポーツ医科学研究所
5. 専任 有賀 誠司 スポーツ医科学研究所
6. 専任 恩田 哲也 スポーツ医科学研究所
7. 特任 麻生 敬 スポーツ医科学研究所
8. 特任 田中 誠一 スポーツ医科学研究所
9. 研究員 吉川 政夫 体育学部(社会体育学科)

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 10. 研究員 佐藤 宣哉 | 体育学部 (武道学科) | 25. 研究員 三田 信孝 | 体育学部 (社会体育学科) |
| 11. 研究員 林 義正 | 工学部 (動力機械工学科) | 26. 研究員 八木原 晋 | 理学部 (物理学科) |
| 12. 研究員 持田 譲治 | 医学部 (整形外科学) | 27. 研究員 宮崎 誠司 | 医学部 (整形外科学) |
| 13. 研究員 山下 泰裕 | 体育学部 (武道学科) | 28. 研究員 飛田 美穂 | 医療技術短大 |
| 14. 研究員 山並 義孝 | 体育学部 (社会体育学科) | 29. 研究員 森久保俊満 | 健康科学部 (社会福祉学科) |
| 15. 研究員 加藤 達郎 | 体育学部 (体育学科) | 30. 研究員 平岡 秀雄 | 体育学部 (体育学科) |
| 16. 研究員 宮川 千秋 | 体育学部 (体育学科) | 31. 研究員 大崎 栄 | 体育学部 (体育学科) |
| 17. 研究員 岡 義範 | 医学部 (整形外科学) | 32. 研究員 諏訪 正典 | 学外 |
| 18. 研究員 桑平 一郎 | 医学部 (呼吸器内科学) | | |
| 19. 研究員 植田 恭史 | 体育学部 (体育学科) | | |
| 20. 研究員 高妻 容一 | 体育学部 (体育学科) | | |
| 21. 研究員 新居 利広 | 体育学部 (体育学科) | | |
| 22. 研究員 高野 進 | 体育学部 (体育学科) | | |
| 23. 研究員 内山 秀一 | 体育学部 (体育学科) | | |
| 24. 研究員 志水 哲雄 | 教養学部 (芸術学科) | | |

2002年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

健康・体力と競技力向上のための総合的研究

編集後記

東海大学の創設者、松前重義博士の建学の精神と博士自身の研究所設置の意向を受け、スポーツ医科学研究所は1988年に設立され、翌1989年に創刊号が発行され、本年で第15号となりました。その間、多くの研究員を初め、関係各位のご努力、ご指導、ご協力により着実に基盤を固めています。現在、設置当初の医科学研究、技術研究、障害研究、国際交流の四部門を、更に具体的な活動体制を取るために、国内の他大学や他機関に先駆け、独自のスポーツサポートシステムを設け、総合的な立場から各競技団体や選手強化の支援活動を展開し始めました。その結果も記録や成果となって現れてきています。本来、これらがこの研究雑誌の上でも発表出来ればいいのですが、選手が現役で一流であればあるほど、秘密裏に進められていかなければならず、残念です。近い将来、この雑誌でもその成果が発表される日が来ると思います。

最後になりましたが、この号にご投稿を頂きました皆様方に心より感謝申し上げます。

2003年 2月

編集委員長 齋藤 勝

「東海大学スポーツ医科学雑誌」

編集委員

委員長 齋藤 勝
委員 山村 雅一
〃 寺尾 保
〃 恩田 哲也
〃 吉川 政夫
〃 山並 義孝

東海大学スポーツ医科学雑誌 第15号 2003

発行日 2003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 齋藤 勝
〒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