

東海大学

第6号 スポーツ医科学雑誌 1994

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のかを疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで

それは生ける人々にこそ生まれしを生きる現実ある
この現実の上に人々は喜び且つ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実に人生を肯定しよう

不屈の精神逞しき体軀をつくろふ

精神と肉體との調和に生命を闊拓しよう

かくして希望と勝利の人生の街道を慕進しよう

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

身体製屠されし父母に受け継がれたるは孝の始めなり

人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある

大自然を支配する思想がある

われら當然として襟正し現実を正視しよう

昭和四十八年 初春

松前重義

人は何処より来り何処に行かんとするか

それはありし日の少年に芽生えたはのかを疑問であつた

しかし揺籃より墓場まで

それは生ける人々にどつて生まれしを生きる現実である

この現実の上に人々は喜び且つ哀しむ

そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実に人生を肯定しよう

不屈の精神と逞しき体軀をつくろふ

精神と肉體との調和に生命を闊拓しよう

かくして希望と勝利の人生の街道を慕進しよう

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

身体製屠されし父母にうけ継がれたるは孝の始めなり

人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある

大自然を支配する思想がある

われら當然として襟正し現実を正視しよう

昭和四十八年四月 初春

松前重義

スポーツ医科学研究所の建設にあたって

学長
松前 紀男

1993年10月28日、久し振りに雲ひとつない秋晴れとなった湘南校舎に於いて、スポーツ医科学研究所を主体とする15号館の地鎮祭が行われました。この建物は建設に取りかかるまで、計画から8年もかかったのですが、その遅れた理由のひとつに遺跡の発掘があり、また湘南校舎の整備基本計画とのからみで最終案が決まらなかったという様々な困難な事情もありました。しかしどのようなことがあれ、湘南校舎、否東海大学を含めた学校法人東海大学が、このような研究所を持つということには大きな意義があります。つまりこの研究所は、ごく一般的な見方からすると、人間の諸機能、とりわけ医学の第一義的な目的である生命維持の保障というハードルを乗り越え、人間の能力の伸張を旨として、科学的な挑戦や、生命活動のより活力ある可能性を追求する研究を行うところと言って良いでしょう。その為には、従来の医学や体育学の分野のみならず、理工学の諸分野、それに心理学、社会学等の分野迄取り込んだ幅広い専門家の結集をする必要があり、それが実現して始めて精緻で学際的な科学的検討が可能となると言えます。

当然この研究所には、競技としてのスポーツへの科学的挑戦、ひとつの生活環境としてのスポーツの役割に対する位置づけと科学的方向性、高齢化社会に対するスポーツ面からの対応や、社会的ハンディキャップを持つ人々へのスポーツ応用による機能回復のための取り組み等、多岐にわたる分野が課題として期待されています。しかし私はこの研究所が、ただ単なる狭義のスポーツ領域にのみこだわり続けて欲しくないと思っています。その理由はこの研究所の活動が、21世紀の人々の生活設計に、新たな指針となる提言や行動を通して、人々のクオリティ・オブ・ライフへの志向を高レベルで支えるものに発展してゆくことを願っているからです。その意味から昭和49年4月に医学部を設置した本学が、関連学部として、現在文部省に申請中の健康科学部の設立に踏み切った経緯をも考え合わせながら、これ等の学部の活動を他学部との積極的な協力のもと更に学際的に広げてゆく機関として、ダイナミックに活躍されることを期待しております。そのことが本学建学の精神の「若き日に汝の体軀を養え」の思想を、21世紀の人材づくり、また社会づくりにつなぎとめてゆけるものだと考えます。

スポーツ医科学研究所の建設にあたって

学長 松前 紀男 5

【研究論文】

柔道選手のトレーニング期および減量期における
栄養補給が身体組成と最大無酸素パワーに及ぼす影響

山下泰裕・寺尾 保・張 楠・三田信孝・内藤佳津子
中西英敏・白瀬英春・佐藤宣践・小村渡岐磨・中野昭一 11

糖質摂取を主体とした減量法の検討

柔道選手の身体組成および最大無酸素パワーに及ぼす効果

寺尾 保・山下泰裕・張 楠・並木和彦・内藤堅志・中西英敏
白瀬英春・佐藤宣践・小村渡岐磨・中野昭一 21

交感神経-効果器接合部の神経伝達に関する研究

北村 憲・苑 新田・岩尾佳代子・熊本 高信・岡 哲雄 28

大学生柔道選手における心拍変動解析による自律神経機能評価

田辺晃久・白井和胤・吉岡公一郎・山下泰裕
佐藤宣践・寺尾 保・中野昭一 35

リラクゼーションに関する精神生理学的研究

音楽と心身のリラクゼーション (その2)

白倉克之・小林信三・森本 章・伊賀富栄・塚 一誠
寺尾 保・今村義正・小村渡岐磨・中野昭一 43

大学アメリカンフットボール選手の“Burner syndrome”

安部総一郎・有馬 亨・戸松泰介・山路修身・林 博史・中沢一成 50

投擲選手の等速性筋力について

小河原慶太・古谷嘉邦・石田義久 55

大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(VI)

1992年度報告と1987年度からの男子学生の心電図について

三田信孝・三神美和・寺尾 保・荒川正一・中野昭一 62

陸上競技男子投擲選手における心理的適性についての一考察 (その1)

TSMIとY-G 検査について

小村渡岐磨・石田義久・河野優一 73

骨格筋の強縮に伴う水のダイナミクス

栗田太作・灰田宗孝・篠原幸人・古橋栄介・新屋敷直木・三浦信廣・真下 悟 80

ヨモギ葉部に含まれるフラボノイドの分離および化学構造

本間隆夫 88

MR を用いたマウス筋肉の緩和時間測定による筋線維組成の分類

松前光紀・栗田大作・厚見秀樹・津金隆一・佐藤 修 93

スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究 3

屋内スポーツ施設環境評定尺度開発のための基礎的研究

吉川政夫・菊地真也・里見悦郎・松本秀夫・今村義正・竹之内 保
成田明彦・積山和明 98

【報告】

第2回 ヨーロッパ「武道フォーラム」の報告

スポーツ医科学研究所長 中野昭一・体育学部武道学科 橋本敏明 109

【スポーツエッセイ】

物理屋のスポーツ

工学部応用物理学科 中下俊夫 114

スポーツと土方の吐息

工学部土木工学科 濱野啓造 116

早く来い来いスキーシーズン

研究計議課準備室 石丸明弘 118

スポーツ医科学研究所所報

121

あとがき

129

研究論文

- 柔道選手のトレーニング期および減量期における栄養補給が身体組成と最大無酸素パワーに及ぼす影響
- 糖質摂取を主体とした減量法の検討
柔道選手の身体組成および最大無酸素パワーに及ぼす効果
- 交感神経-効果器接合部の神経伝達に関する研究
- 大学生柔道選手における心拍変動解析による自律神経機能評価
- リラクゼーションに関する精神生理学的研究
音楽と心身のリラクゼーション(その2)
- 大学アメリカンフットボール選手の“Burner syndrome”
- 投擲選手の等速性筋力について
- 大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(VI)
1992年度報告と1987年度からの男子学生の心電図について
- 陸上競技男子投擲選手における心理的適性についての一考察(その1)
TSMIとY-G検査について
- 骨格筋の強縮に伴う水のダイナミクス
- ヨモギ葉部に含まれるフラボノイドの分離および化学構造
- MFRを用いたマウス筋肉の緩和時間測定による筋線維組成の分類
- スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究 3
屋内スポーツ施設環境評定尺度開発のための基礎的研究

柔道選手のトレーニング期および減量期における栄養補給が身体組成と最大無酸素パワーに及ぼす影響

山下泰裕 (体育学部武道学科) 寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理科学)
張 楠 (医学部生体構造機能系生理科学) 三田信孝 (体育学部社会体育学科)
内藤佳津子 (医学部生体構造機能系生理科学) 中西英敏 (体育学部武道学科)
白瀬英春 (体育学部武道学科) 佐藤宣践 (体育学部武道学科)
小村渡岐磨 (体育学部体育学科) 中野昭一 (医学部生体構造機能系生理科学)

Effects of nutritional intake during the practice
and weight reduction periods on body composition
and maximal anaerobic power in judo athletes

Yasuhiro YAMASHITA, Tamotsu TERAOKA,
Nan ZHANG, Nobutaka MITA,
Katsuko NAITO, Hidetoshi NAKANISHI,
Hideharu SHIRASE, Nobuyuki SATO,
Tokimaro OMURA, and Shoichi NAKANO

Abstract

An investigation of nutritional supply, body composition, physical working capacity (maximal anaerobic power), and subjective symptoms of the sensual fatigue (SF) during training, and during body weight reduction, was conducted on 25 male members of Tokai university Judo team.

Results showed that the average energy intake per day was 2,848 (range 2,566-3,028) kcal during training and 1,990 (1,259-2,322) kcal during weight reduction in athletes of the light class, a difference of energy intake was 858 kcal per day. Athletes in the middle class were similar to the light class. The average of carbohydrate intake per kilogram per day was 6.0 (range 5.2-7.1) g during training and 4.5 (3.3-5.5) g during weight reduction in the light class. The average protein intake per kilogram per day was 1.6 (1.2-1.8) g during training and 1.1 (0.6-1.3) g during weight reduction. The percentage of decrease in B. W. (weight during training-weight during reduction/weight during training \times 100) was significantly ($r=0.964$, $p<0.01$) correlated with the amount of decrease in lean body mass (LBM, training period-reduction period), in the above 4 % weight reduction subjects, although no difference was found in weight reduction

in the below 4 % subjects. Thus Judo athletes can be divided into two groups; "under 4 % group" (U-G) and "over 4 % group" (O-G), by weight reduction levels. The B. W. of U-G was reduced ca. 2.2 kg, and more body composition was lost in the body fat than in the LBM. The weight reduction in O-G was ca. 4.1 kg, and the loss in the LBM was remarkably greater than that in the body fat. The degree of decreased maximal anaerobic power in the O-G was greater than in U-G. Percentage of decrease in carbohydrate intake was greater in O-G (ave. -45 %) than in the U-G (ave. -18 %). The level of SF had no changes in the two groups, except for 'dry mouth' in the O-G.

These results indicate that the energy intake of Judo players during training, without body weight reduction, were less than their energy requirement. It is concluded that weight reductions of under 4 % may be effective to prevent loss in LBM and physical capacity, and it also might be useful in the weight control of the Judo athletes.

I. 緒 言

既に前報¹⁾では、大学柔道選手のトレーニング期における栄養調査を行った結果、総エネルギー、糖質、蛋白質およびビタミン類の摂取量に不足がみられ、適切な栄養補給が行われておらず、かなり低い栄養状態で稽古および補強トレーニングを行っていることが多いことを報告した。

柔道をはじめレスリング、ウェイトリフティングおよびボクシングなどの体重階級制スポーツは、トレーニング期の栄養補給に加えて、減量期にも適切な栄養指導による減量を行い、可能な限り良いコンディションの状態で試合に臨むことが必要であり、選手にとって、ウェイトコントロールとそれに伴う身体組成の改善が競技成績の一翼を担うものであると考えられている。多くの選手は、苦痛に耐えて、試合前に短期間の急速な減量を実施しており、空腹感とともに全身が重い、動作がぎこちない、根気がなくなるなどコンディションに異常を感じている選手²⁾が多くみられ、運動能力にも悪影響を及ぼしている^{3,20,22,23)}のが現状である。生理学および栄養学的側面から各個人に対する生体への負担を把握した上で、適切な減量法を検討すべきである。

本研究は、体重階級制スポーツで減量を必要とする柔道選手を対象として、トレーニング期と試合前の減量期における栄養摂取を調査し、エネルギー摂取、栄養素配分の現状を把握するとともに、身体組成を測定し、さらに、柔道競技の特徴の一

つとして、瞬発的な動きの技が連続的に繰り返し行われることから、柔道選手に要求される体力要素のうち、今回は最大無酸素パワーの能力も測定し、これらの結果から柔道選手のための適切な減量法について検討を行った。

II. 実験方法

1. 対象者

調査対象は、東海大学の柔道部およびOBの選手で、オリンピック選手並びに候補選手を含めた全日本学生選手権大会出場以上の選手、軽量級(60、65および71kg級)15名、中量級(78、80および95kg級以下級)10名の計25名を被験者とした。被験者の身体特性は、表1に示した。

2. 調査方法およびエネルギー摂取量の算出

調査方法とエネルギー摂取量の算出方法は、日本体力医学会プロジェクト、食生活の科学選定のアンケート用紙を用い、タイムスタディーと1日の食餌内容を記載させ、食品名と数量をチェックした上で、ヘルスメイクプログラム Ver 4.0 (ヘルスメイクシステム研究所)により分析を行った。

表1 被験者の身体的特性
Table 1 Physical characteristics of subjects (Judo)

	人数(名)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)
軽量級	15	167.5±4.1	68.7±4.0	16.2±2.3
中量級	10	177.6±3.8	89.3±6.7	17.6±2.3

3. 減量法

今回の減量については、適切な減量法の基礎的資料を得るために、減量期間を規定せず、選手自身がこれまでの経験に基づいて自由に食餌の量、飲水の制限や脱水による体重の減少を行わせた。

4. 身体組成の測定

この栄養調査と同時に、トレーニング期と試合当日の計量前の早朝空腹時に体重と身体組成の測定を行った。身体組成の評価は、Bioelectrical Impedance analysis (BI法)による体脂肪測定装置(セルコ社製 SIF-891)を用いて求めた。測定方法は、中塘らの報告^{10,11)}を基にして行った。

5. 最大無酸素パワーの測定

さらに、今回は、最大無酸素パワーが減量によってどのような変動を示すかを検討した。測定方法は、電磁ブレーキ式の自転車エルゴメーター(コンビ社製、パワーマックス)を用いて、120秒間の休息をはさんで10秒間の全力ペダリングを都合3回繰り返すことで最大無酸素パワーを測定した。

6. 疲労の自覚症状調査

日本産業衛生学会の「自覚症状しらべ」の調査表²²⁾を用いて、試合当日の計量前の疲労感についても調査した。

III. 実験結果

1. 体重減少率とLBM減少量の関係

図1に体重減少率(減量分をトレーニング期の体重で除した値)とLBM減少量の関係を示した。体重減少率は、1.4~9.7%の範囲にあった。体重減少率とLBM減少量との関係は、点線で示したように直線となり、有意の相関($r=0.938$)を示した。さらに、詳細にみると、減少率が4%以下と4%以上ではこの直線が多少異なり、減少率が4%以上になると $r=0.964$ と有意な相関が認められ、4%以下では相関がみられなかった。

2. トレーニング期および減量期の1週間における総エネルギー摂取量

トレーニング期および減量期の1週間における総エネルギー摂取量を図2に示した。軽量級のエネルギー摂取量は、トレーニング期で1週間の平均が1日当たり3000kcal(最高が3082kcal、最小で2566kcal)であった。中量級もほぼ同様な傾向を示した。減量期は、1週間の平均が1日当たり2000kcal(最高2400kcal、最小1300kcal)で、トレーニング期と減量期は、平均1日当たり1000kcalの減少がみられた。減量期間は、1~3週間が最も多かった。

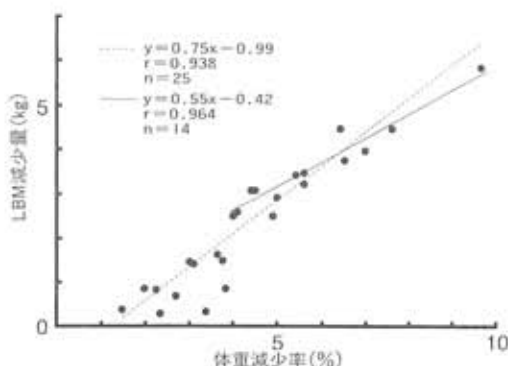


図1 体重減少率とLBM減少量の関係

Fig. 1 Relationship between percentage of decrease in body weight (weight during training - weight during reduction / weight during training $\times 100$) and amount of decrease in lean body mass (LBM, training period - reduction period)

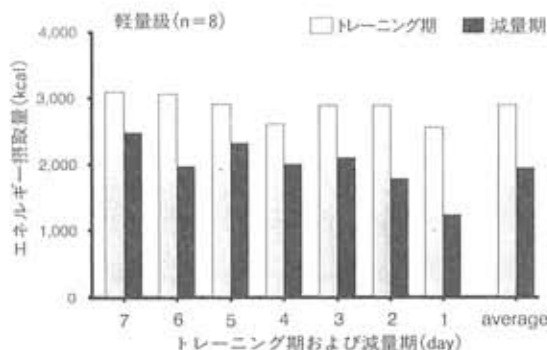


図2 トレーニング期および減量期の1週間における総エネルギー摂取量の変動

Fig. 2 Changes in total energy intake during 7 successive days of training and body weight reduction in Judo athletes

3. トレーニング期および減量期の1週間における1日に体重1kg当たりの糖質摂取量

図3の体重1kg当たりの糖質摂取量は、トレーニング期で1週間の平均が1日体重1kg当たり6.0g(最高7.1g、最小5.4g)であった。減量期では、1週間の平均が4.5g(最高4.9g、最小3.3g)となった。トレーニング期と減量期では、1週間の平均が1日体重1kg当たり1.5gの減少がみられた。

4. トレーニング期および減量期の1週間における1日に体重1kg当たりの蛋白質摂取量

図4の体重1kg当たりの蛋白質摂取量は、トレーニング期で1週間の平均が1日当たり1.6g(最高1.8g、最小1.3g)であった。減量期では、1日体重1kg当たり1.1gで最小が試合前の0.6gであった。トレーニング期と減量期では、平均1日体重当たり0.5gの減少がみられた。

5. トレーニング期および減量期における体重と身体組成の変化量

図5にトレーニング期および減量期における体重と身体組成の変化量を示した。トレーニング期と減量期の体重は、4%以下群が平均2.2kgの減少で、その内容はLBMよりも体脂肪の減少が多くなったのに対して、4%以上群は、平均4.1kgの減少で、LBMの減少が著明になる傾向がみられた。

6. トレーニング期および減量期における最大無酸素パワーの変動

トレーニング期および減量期における最大無酸素パワーの変動を図6に示した。左図のトレーニング期および減量期における最大無酸素パワーでは、著明な差が認められなかった。右図の4%以下群と4%以上群の変化量では、4%以上群が4%以下群に比して著明な減少を示し、両群間で有意な差が認められた ($p < 0.01$)。

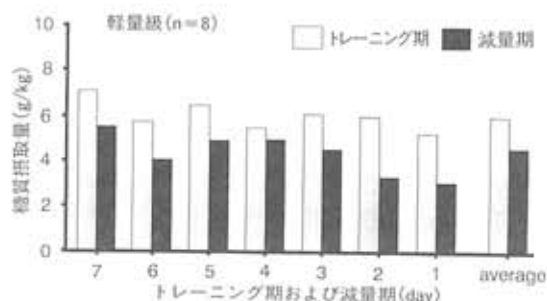


図3 トレーニング期および減量期の1週間における1日に体重1kg当たりの糖質摂取量の変動

Fig. 3 Changes in carbohydrate intake per kilogram per day during 7 successive days of training and weight reduction in Judo athletes

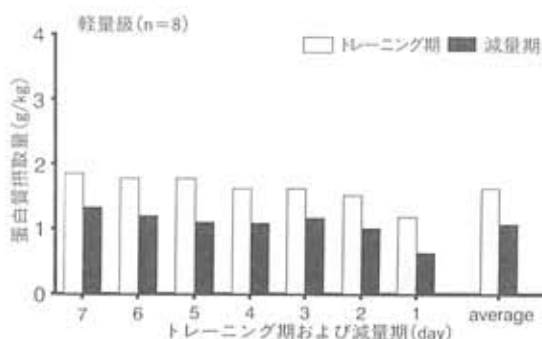


図4 トレーニング期および減量期の1週間における1日に体重1kg当たりの蛋白質摂取量の変動

Fig. 4 Changes in protein intake per kilogram per day during 7 successive days of training and weight reduction in Judo athletes

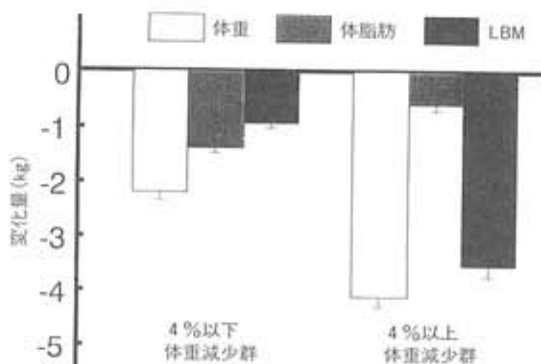


図5 トレーニング期および減量期における体重と身体組成の変化量

Fig. 5 Changes in body weight and body composition during training and body weight reduction in Judo athletes. Values are expressed as means \pm SE.

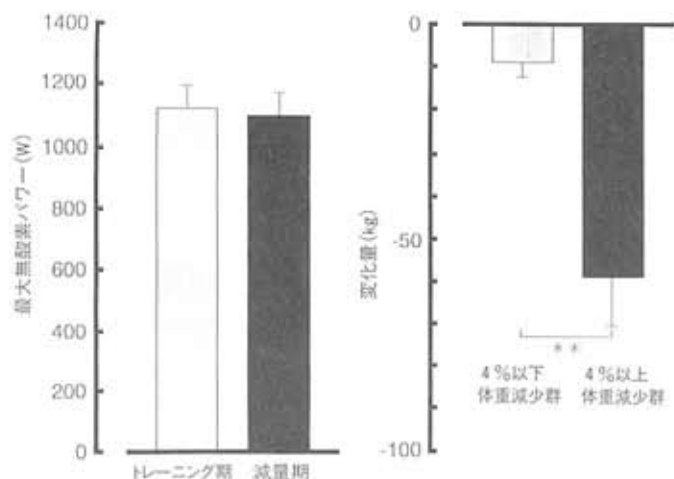


図6 トレーニング期および減量期における最大無酸素パワーの変動
 Fig. 6 Changes in maximal anaerobic power during training and body weight reduction in Judo athletes
 Values are expressed as means \pm SE.

**P<0.01

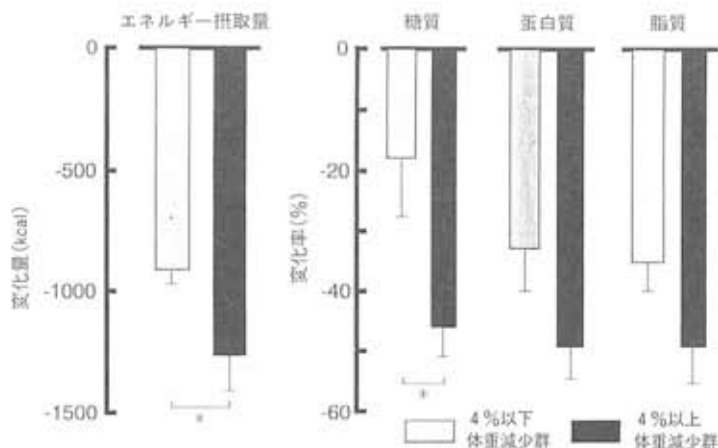


図7 トレーニング期および減量期におけるエネルギー摂取の変化量と三大栄養素の変化率

Fig. 7 Amount of decrease in energy intake and percentage of decrease in nutrients intake during training and body weight reduction in Judo athletes
 Values are expressed as means \pm SE.

*P<0.05

7. トレーニング期および減量期におけるエネルギー摂取の変化量と三大栄養素の変化率

図7の4%以下群におけるエネルギー摂取量は、トレーニング期に比して平均1日当たり800kcalの減少に対して、4%以上群は1300kcalの減少がみられた。三大栄養素の変化率は、糖質が4%以下群で18%の減少に対して、4%以上群は46%と著明な減少を示した。さらに、糖質の変化量では、

4%以下群が1日平均80.3gの減少に対して、4%以上群は1日170gと著明な減少を認めた。

8. 試合当日の疲労感

表2に試合当日における疲労の自覚症状訴え率を示した。減量を行ってきた選手がどのような疲労感があったかを4%以下群と4%以上群に分けて訴え率として算出した。4%以上群では、I群

の「ねむけとだるさ」の項のうち頭が重いが多いにもかかわらず平均訴え率はほとんど同じで、II群の「注意と集中力」の症状でも、平均訴え率にそれほど大きな差がみられなかった。なお、III群の「局在した身体の違和感」の症状では、4%以上群が16.3%、4%以下群8.6%となり、2倍の訴え率を示した。これは、項目25の「口が渇く」に訴えが集中していた。

表2 試合当日の疲労感

Table 2 Symptoms sensual fatigue before competition in Judo athletes

体重減少別の訴え率 (%)

項目	群	4%以下	4%以上
		体重減少	体重減少
I	1 頭がおもい	14.3	37.5
	2 全身がおもい	42.9	25.0
	3 足がおもい	42.9	37.5
	4 あくびがでる	57.1	12.5
	5 ぼんやりする	14.3	25.0
	6 ねむい	85.7	50.0
	7 目が疲れる	28.6	37.5
	8 動作がごちない	—	37.5
	9 足元がたよりない	—	50.0
	10 横になりたい	28.6	12.5
	Iの平均	31.4	32.5
II	11 考えがまとまらない	—	25.0
	12 話をするのがいやになる	—	12.5
	13 いらいらする	14.3	12.5
	14 気がちる	28.6	25.0
	15 物事に熱心になれない	—	12.5
	16 ちよつとしたことが思い出せない	14.3	—
	17 することに間違いが多くなる	14.3	12.5
	18 物事が気にかかる	14.3	12.5
	19 きちんとしていられない	—	—
	20 根気がなくなる	28.6	25.0
IIの平均	11.4	13.8	
III	21 頭がいたい	14.3	12.5
	22 肩がこる	14.3	25.0
	23 腰が痛い	28.6	50.0
	24 息苦しい	—	12.5
	25 口が乾く	—	50.0
	26 声がかすれる	—	—
	27 めまいがする	—	—
	28 目蓋や筋肉がピクピクする	14.3	12.5
	29 手足がふるえる	—	—
	30 気分が悪い	14.3	—
IIIの平均	8.6	16.3	
TOTAL	17.1	20.9	

IV. 考 察

本研究は、体重階級制スポーツで減量を必要とする柔道選手を対象として、トレーニング期と試合前の減量期における栄養摂取を調査するとともに、これらの時期の身体組成と最大無酸素パワーの能力を測定し、これらの結果から柔道選手のための適切な減量法を検討した。

体重階級制のスポーツ選手は、自分の正常な、あるいはトレーニング期の体重よりも低いレベルの階級で試合を行うのが慣習になっている。この減量の度合は、競技種目によっても多少異なるが、通常3~10%^{3,23)}が最も一般的である。このようなスポーツ選手は、減量により身体諸機能の異常を起こさず、パフォーマンスの低下をきたさせないことが理想である。このことは、筋肉を減らすことなく、脂肪を減らすことになるが、現実には体脂肪よりも筋肉に関連するところのLBMの減少が多くなるという報告¹²⁾もある。このLBMの減少については、体蛋白質の過剰な分解と体水分量の損失のいずれか、またはその両方が報告²⁾されている。そこで、本研究の体重減少率とLBM減少量との関係は、減少率が4%以上になると有意な相関が認められ、4%以下では相関がみられなかった。さらに、4%以下群は、LBMよりも体脂肪の減少が多くなったのに対して、4%以上群では、LBMの減少が著明になる傾向を認めた。体重減少率の高い選手ほどLBMの減少も大であった。身体機能、運動能力に悪影響を及ぼさない減量の上限は、5~6%、あるいは9%以下という報告¹⁴⁾がなされ、研究者によって多少異なっている。また、生理機能を阻害しない減量の範囲は1~4%であって、許容される減量の限界は5~7%であろうという報告⁷⁾もなされている。本研究の結果では、体脂肪とLBMの減少から4%が境界域に当たるものと考えられた。

トレーニング期の栄養調査では、1990年時のエネルギー摂取量に比較して、1日当たり約500kcalの増加が認められた。この調査でも、日本人の生

活活動強度IV（重い）における年齢階層別、身長別栄養所要量の算定（3550～4000kcal）に比較して、やや不足しており、まだ適切な栄養の補給が行われておらず、今後、各個人の選手の栄養に対する認識、知識、意識の向上を計るようになっていく必要があると考えられた。

そこで、身体諸機能への影響を最小限に防ぐための適切な栄養摂取が必要となってくる。今回の減量期におけるエネルギー摂取量は、1週間の平均が1日当たり2000kcal（最高2400kcal、最小1300kcal）で、トレーニング期と減量期では、平均1日当たり1000kcalの減少が認められた。さらに、体重減少率4%以下群と4%以上群に分けてトレーニング期と減量期でどれだけ減少であったかをみると、4%以下群は、1日800kcalの減少に対して、4%以上群では、1300kcalの減少が認められた。American College of Sports Medicineの報告¹¹では、減量食の最小限のエネルギー摂取量は、蛋白質、ビタミン、ミネラルなどが十分に調整されたうえで、1日当たり1200～2400kcalとすることを勧告している。また、通常の1日におけるエネルギー摂取量よりも500～1000kcal少ない程度では、水、電解質、ミネラルや他の除脂肪組織の減少は小さく、栄養失調を引き起こすことはほとんどないこと¹²が報告されている。これらのことを考慮に入れると、4%以上群の1日1300kcalの減少は、やや多すぎる傾向にあることが示唆された。

トレーニング期におけるスポーツ選手の蛋白質摂取量に関しては、1日体重1kg当たり1.5～2.0g^{13,16}が数多く報告されている。筋力を要するスポーツ選手において、過剰な蛋白質摂取群（2.4g/kg/日）は、適切な蛋白質摂取群（1.4g/kg/日）に比して、蛋白質合成量の上昇を認められなかったこと¹⁷が報告されている。減量期では、筋量の増大を試みる必要はなく、筋量の現状維持を目的とした蛋白質摂取が不可欠であろう。減量期には、当然ながら、エネルギー摂取量の低下とともに蛋白質摂取も低下するが、筋肉に関連している筋蛋白質を維持するために、蛋白質の摂取を

不足しないようにすることが重要である。減量期における体重1kg当たり0.88gの蛋白質摂取量は、高蛋白質食群に比較して、体重減少、体力、身体機能に有意な差を認めなかったこと¹⁴が報告されている。本研究では、減量期でも平均1日に体重1kg当たり1.1gを摂取しており、筋蛋白質を維持するための適正な範囲内の摂取量であろうと考えられた。減量期の蛋白質摂取に関しては、今後、十分な検討を必要とする。

減量期に柔道選手が1日に必要とする糖質摂取量は明らかではないが、本研究の場合のように、特に4%以上群で糖質摂取の著明な低下がみられた。糖質摂取が不足すると、筋グリコーゲンの回復が遅延し、これが筋グリコーゲン貯蔵の減少⁶にも関連してくることになる。さらに、筋グリコーゲンの減少状態で稽古やトレーニングを行うと、筋蛋白質の損失¹⁸、さらには生理機能および運動能力⁶にも悪影響を及ぼすことが考えられた。これらのことから減量期に筋グリコーゲンの減少を最小限に防ぐためにも糖質摂取に十分注意を払う必要がある。

トレーニング期と減量期における最大無酸素パワーでは、著明な差が認められなかった。しかしながら、4%以下群と4%以上群の変化量では、4%以上群が4%以下群に比して、著明な減少を示した（ $p < 0.01$ ）。これは、4%以上群でLBMの減少が増大したことに関連していたことが考えられる。ウエイトリフティング選手を対象とした研究において、体重減少率が大きい選手ほど自己の最高記録に程遠い成績しか挙げられなかったとした結果¹⁹と共通するものである。

体重減少率の多少は、体調とも関連し、減少率が多くなるにつれて異常を感じる選手が増えてくること⁸が報告されている。試合当日における疲労の自覚症状の訴え率は、体重減少率4%以下であろうと、4%以上であろうと自覚的な感覚では著明な差がみられなかった。しかし、4%以上の減量群になると、食餌制限に加えて飲水の制限も加わり、調査表でも「口が渇く」の訴えが多かったように、脱水症状が現れることが考えられ、自

覚的に何ら差がみられない場合でも、この点、稽古およびトレーニングなどの指導をしていくうえで、総合的な配慮が必要であることを示唆していた。

以上、本研究の成績から、選手自身がこれまでの経験に基づいて自由に食餌の量、飲水の制限や脱水による減量を行った限りでは、体重減少率4%以下を基準として継続していくことが糖質摂取を極端に制限する必要もなく、LBMの減少および運動能力の低下、さらには脱水などを最小限に防ぐことに通じるものと考えられた。

最後に、トレーニング期および減量期における栄養補給の改善の基本となるところは、個々への指導と、各個人の自覚が最も望まれるところである。1990年以後、今日まで、東海大学スポーツ医科学研究所としては、医科学者および監督・コーチ・選手という組合せによるスポーツ栄養学研体制の確立、柔道選手の栄養に対する認識・知識・意識の向上に努力して参り、今日も継続中である。

V. ま と め

本研究は、体重階級制スポーツで減量の必要とする柔道選手を対象として、トレーニング期と試合前の減量期における栄養摂取を調査し、エネルギー摂取、栄養素配分の現状を把握するとともに、身体組成および最大無酸素パワーを測定し、これらの結果から柔道選手のための適切な減量法について検討を行った。

その成績を示すと次のごとくである。

- 1) 体重減少率とLBM減少量の関係は、減少率が4%以上になると有意な相関($r=0.964$)が認められ、4%以下では相関がみられなかった。
- 2) 軽量級のエネルギー摂取量は、トレーニング期で1週間の平均が1日当たり3000kcalで、1990年時に比較して1日当たり約500kcalの増加が認められた。
- 3) 減量期では、1週間の平均が1日当たり2000kcalで、トレーニング期と減量期は、1日当

たり1000kcalの減少がみられた。

- 4) 体重1kg当たりの糖質摂取量は、トレーニング期で1週間の平均が1日体重1kg当たり6.0gで、減量期は、4.5gとなり、トレーニング期と減量期は、1日体重1kg当たり1.5gの減少がみられた。蛋白質摂取量は、トレーニング期で1週間の平均が1日体重1kg当たり1.6gであった。減量期では、1日体重1kg当たり1.1gであり、トレーニング期と減量期では、平均1日体重1kg当たり0.5gの減少が見られた。
- 5) 4%以下群と4%以上群とに分けてみると、エネルギー摂取量は、4%以下群がトレーニング期に比して平均1日当たり800kcalの減少に対して、4%以上群は1300kcalの減少がみられた。
- 6) 三大栄養素の変化率では、糖質が4%以下群で18%の減少に対して、4%以上群は46%と著明な減少を示した。
- 7) トレーニング期と減量期の体重は、4%以下群が平均2.2kgの減少で、その内容はLBMよりも体脂肪の減少が多くなったのに対して、4%以上群は平均4.1kgの減少で、LBMの減少が著明になった。
- 8) トレーニング期と減量期における最大無酸素パワーの変化量は、4%以上群が4%以下群に比して著明な減少を示し、両群間で有意な差が認められた($p<0.01$)。
- 9) 疲労の自覚症状訴え率は、「局在した身体の違和感」の症状で4%以上群が16.3%、4%以下群8.6%となり、2倍の訴え率を示した。これは、項目25の「口が渴く」に訴えが集中していた。

以上、本研究の成績から、選手自身がこれまでの経験に基づいて自由に食餌の量、飲水の制限や脱水による減量を行った限りでは、体重減少率4%以下を基準として継続していくことが糖質摂取を極端に制限する必要もなく、LBMの減少および運動能力の低下、さらには脱水などを最小限に防ぐことに通じるものと考えられた。

本研究の一部は、第70回日本生理学会大会、ラウンドテーブルディスカッション「新たな視点からみた運動・スポーツ」(1993年、甲府)において発表した。

終わりに、本研究にご協力下さいました東海大学柔道部員の方々に深く感謝致します。

参考文献

- 1) American College of Sports Medicine: Weight loss in wrestlers. *Med. Sci. Sports*, 8(2): xi-xiii, 1976
- 2) American College of Sports Medicine: Proper and improper weight loss program. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15: ix-xiii, 1983
- 3) Brownell, K. D., Nelson Steen, S. N. and Wilmore, J. H.: Weight regulation practices in athletes: analysis of metabolic and health effects. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19: 546-556, 1987
- 4) Donath, R. and Schuler, K-P.: 勝つためのスポーツ栄養学、東ドイツの科学的栄養補給、奥恒行他訳、南江堂、1990
- 5) Horswill, C. A., Hickner, R. C., Scott, J. R., Costill, D. L. and Gould, D.: Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 470-476, 1990
- 6) Houston, M. E., Marrin, D. A., Green, H. J. and Thomson, J. A.: The effect of rapid weight loss on physiological functions in wrestlers. *Phys. Sportmed.* 9: 73-78, 1981
- 7) 片岡幸雄: 階級制スポーツにおける急速減量に関する研究(1)―レスリング選手の減量の呼吸、循環機能および筋力に及ぼす影響―、東京大学教養学部体育学紀要、7: 29-40, 1972
- 8) 木村みさか、松田基子、岩田勝、荒木雅信: 柔道選手の減量とコンディショニング (スポーツライフのバックグラウンドとなる食習慣の確立を目指して) 一体重別試合時の自由な減量方法に基づく減量とその影響―、デサントスポーツ科学、14: 50-69, 1993
- 9) 松岡弘記、安井謙、北川薫: 重量挙げ選手の短期・長期二種類の減量食による減量方法の比較、*J. J. Sports Sci.*, 6: 657-664, 1987
- 10) 中塘二三生、田中喜代次、羽間悦雄、前田如矢: 姿勢の違いが Bioelectrical Impedance analysis による体組成推定値に及ぼす影響、臨床スポーツ医学、7: 390-392, 1990
- 11) 中塘二三生、田中喜代次、羽間悦雄、前田如矢: Bioelectrical Impedance analysis による体組成評価における電極装着条件の影響、*Ann. Physiol. Anthropol.* 9: 109-114, 1990
- 12) 太田章、葛西順一、窪田登、道明博、福永哲夫、中野昭一: レスリング選手の急速減量が体組成に及ぼす影響―実際の試合前後における諸形態及び水中体重法による % Body Fat の変化―、体力科学、34: 475, 1985
- 13) 関口脩: 減量に関する調査研究、昭和56年度日本体育協会スポーツ・科学調査研究事業報告 No. II、競技種目別競技力向上に関する研究―第5組―: 245-253, 1981
- 14) 鈴木久乃: スポーツ選手の減量の具体例―ウェイトコントロールの栄養計画―臨床スポーツ医学、6: 645-650, 1989
- 15) 鈴木正成: スポーツの栄養・食事、同文書院、1986
- 16) Tarnopolsky, M. A., MacDougall, J. D. and Atkinson, S. A.: Influence of protein intake and

- training status on nitrogen balance and lean body mass. *J. Appl. Physiol.* 64: 187-193, 1988
- 17) Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., MacDougall, J. D., Chesley, A., Phillips, S. and Swartz, H. P.: Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J. Appl. Physiol.* 73: 1986-1995, 1992
- 18) 寺尾保、山下泰裕、白瀬英春、中西英敏、内藤佳津子、三田信孝、齊藤勝、佐藤宣踐、小村渡岐磨、中野昭一：大学柔道選手のトレーニング期における栄養補給の現状と問題点について、*東海大学スポーツ医科学雑誌*、4：11-21、1992
- 19) Wagenmakers, A. J. M., Beckers, E. J., Brouns, F., Kuipers, H., Soeters, P. B., VAN DER Vusse, G. J. and Saris, W. H. M.: Carbohydrate supplementation, glycogen depletion, and amino acid metabolism during exercise. *Am. J. Physiol.*, 260: E883-E890, 1991
- 20) 渡辺美智子、向笠由美、鈴木久乃、金子佳代子、小池五郎、桜間幸次、藤本英男、井川正治、笹淵五夫、北博正、万木良平：スポーツ選手の10%前後急速減量に関する研究、*体力科学*、33：40-51、1984
- 21) Webster, S. R., Rutt, R. and Weltman: Physiological effects of weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Med, Sci. Sports Exerc.* 14: 413-418, 1982
- 22) 吉竹博：疲労調査のための測定方法、三浦豊彦編、*現代労働衛生ハンドブック*、川崎労働科学研究所出版部、1120-1124、1988
- 23) 万木良平：急性減量による障害、*J. J. Sports Sci.* 5: 855-863, 1986

糖質摂取を主体とした減量法の検討

—柔道選手の身体組成および最大無酸素パワーに及ぼす効果—

寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理科学)

山下泰裕 (体育学部武道学科)

張 楠 (医学部生体構造機能系生理科学)

並木和彦 (体育学部非常勤講師)

内藤堅志 (体育学部非常勤講師)

中西英敏 (体育学部武道学科)

白瀬英春 (体育学部武道学科)

佐藤宣践 (体育学部武道学科)

小村渡岐磨 (体育学部体育学科)

中野昭一 (医学部生体構造機能系生理科学)

Evaluation of weight reduction with dietary carbohydrate modification: effects on body composition and maximal anaerobic power in judo athletes

Tamotsu TERAOKA, Yasuhiro YAMASHITA,
Nan ZHANG, Kazuhiko NAMIKI,
Kenshi NAITO, Hidetoshi NAKANISHI,
Hideharu SHIRASE, Nobuyuki SATO,
Tokimaro OMURA, and Shoichi NAKANO

Abstract

In this study we attempted to demonstrate body composition, physical working capacity (maximal anaerobic power), and subjective symptoms of the sensual fatigue (SF) during body weight reduction with dietary carbohydrate modification (5.0 g/kg/day) in 2 male members (H. T.; -65 kg class, N. O.; -95 kg class) of Tokai university Judo team.

Results showed that the average energy intake per day was 1,800 kcal in H. T. and 2,200 kcal in N. O. during weight reduction. Thus, compared with results in 1992, the difference of energy intake in H. T. and N. O. was 300 kcal per day. The weight reduction was ca. 4.7 kg in H. T. and ca. 4.0 kg in N. O., and the loss in the body fat was greater than that in the lean body mass (LBM). There was no tendency to decrease in the maximal anaerobic power during body weight reduction. The level of SF had no changes in the present result than in 1992, except for "dry mouth".

It is thus suggested that weight reduction with dietary carbohydrate modification (5.0 g/kg/day) may be effective to prevent loss in LBM and physical capacity, and it also might be useful in the weight control of the Judo athletes.

I. 緒 言

体重階級制スポーツでは、減量期に極端な食餌制限、特に糖質制限や強制的な水分制限、発汗などによる体重の減少を行うことによって体内のグリコーゲン⁹⁾および水分¹⁰⁾が失われ、運動能力も低下し、その結果、競技成績にも悪影響を及ぼすことになる。これらのことは、減量期における適切な糖質摂取量について十分な検討がなされるべきである。競技会で本来の力を発揮するために、理想的には、筋グリコーゲン量を維持し、除脂肪体重（以下、LBM）を減少させずに脂肪量を減少させ、かつ減量により、運動能力も低下させないで、しかも良好なコンディションの状態での競技会に臨むように計画的なウェイトコントロールが必要である。

私たちは、大学スポーツ選手のトレーニング期における栄養補給の現状と問題点に関する研究^{9,10)}を行ってきており、ここ数年間は、柔道選手の競技力向上を目的としたトレーニング期および減量期における栄養補給が身体組成および運動能力に及ぼす効果について検討を行っている。既に前報¹¹⁾では、選手自身がこれまでの経験に基づいて自由に食餌の量、飲水の制限や脱水による減量を行った限りでは、体重減少率4%以下を基準として継続していくことが糖質摂取を極端に制限する必要もなく、LBMの減少および運動能力の低下、さらには脱水などを最小限に防ぐことに通じるものと考えられたことを報告した。

そこで、本研究は、実際の体重別試合に出場する大学柔道選手を対象に、減量期における糖質摂取を主体とした減量法が身体組成、最大無酸素バ

ワーおよびコンディショニング、さらに競技成績にどのような効果を与えるかについて検討することを目的とした。

II. 実験方法

1. 対象者

調査対象は、1993年度の全日本学生柔道体重別選手権大会に出場した東海大学柔道部に所属する選手で、体重減少率（減量分をトレーニング期の体重で除した値）が4%以上の減量（H.T.が体重減少率6.2%、N.O.が4.1%）を必要とする者、2名を被験者とした。被験者の身体特性は、表1に示した。

2. 調査期間と調査方法

調査期間は、体重別試合前の1週間にわたって行った。調査方法とエネルギー摂取量の算出方法は、栄養調査のアンケート用紙（日本体力医学会プロジェクト、食生活の科学選定）を用い、タイムスタディーと1日の食餌内容を記載させ、食品名と数量をチェックした上で、ヘルスメイクプログラムVer4.0（ヘルスメイクシステム研究所）により分析を行った。

3. 減量法

今回の減量法については、減量期間を3週間とし、糖質摂取を1日に体重1kg当たり5gを目標に、減量期でも食餌においてできる限り糖質を摂取するように、また、間食にはバナナ、オレンジジュースを積極的に摂取するように指導を行った。減量期間中、実際に糖質摂取状況を把握するため、個人的に面接を行ったり、栄養摂取調査表でチェックした。

4. 身体組成の測定

試合当日には、計量前の早朝空腹時（午前6時）に体重と身体組成の測定を行った。身体組成の評価は、Bioelectrical Impedance analysis：(BI法)の体脂肪測定装置（セルコ社製SIF-891）を用いて

表1 被験者の身体的特性
Table 1 Physical characteristics of subjects (Judo)

	階級(kg)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)
H.T.	-65	167.1	69.2	17.8
N.O.	-95	187.0	99.0	19.2

求めた。測定方法は、中塘らの報告^{6,7)}を基にして行った。

5. 最大無酸素パワーの測定

測定方法は、電磁ブレーキ式の自転車エルゴメーター（コンビ社製、パワーマックス）を用いて、120秒間の休息をはさんで10秒間の全力ペダリングを都合3回繰り返すことで最大無酸素パワーを測定した。

6. 疲労の自覚症状調査

「自覚症状しらべ」の調査表（日本産業衛生学会）⁹⁾を用いて、試合当日の計量前の疲労感についても調査した。

III. 実験結果

1. 減量期における1日当たりのエネルギー摂取量と体重1kg当たりの三大栄養素の摂取量

図1に1日当たりのエネルギー摂取量および体重1kg当たりの三大栄養素の摂取量を示した。減量IIは、本研究の結果であり、これに対して、減量Iは、1992年の結果であり、選手自身がこれまでの経験に基づいて行った減量の値を比較検討するためにここに示した。エネルギー摂取量は、両選手とも減量IIが減量Iに比較して、約300kcalの増加を示した。平均1日に体重1kg当たりの糖質摂取量は、減量IIにおいてH. T. で4.8g、N. O. が

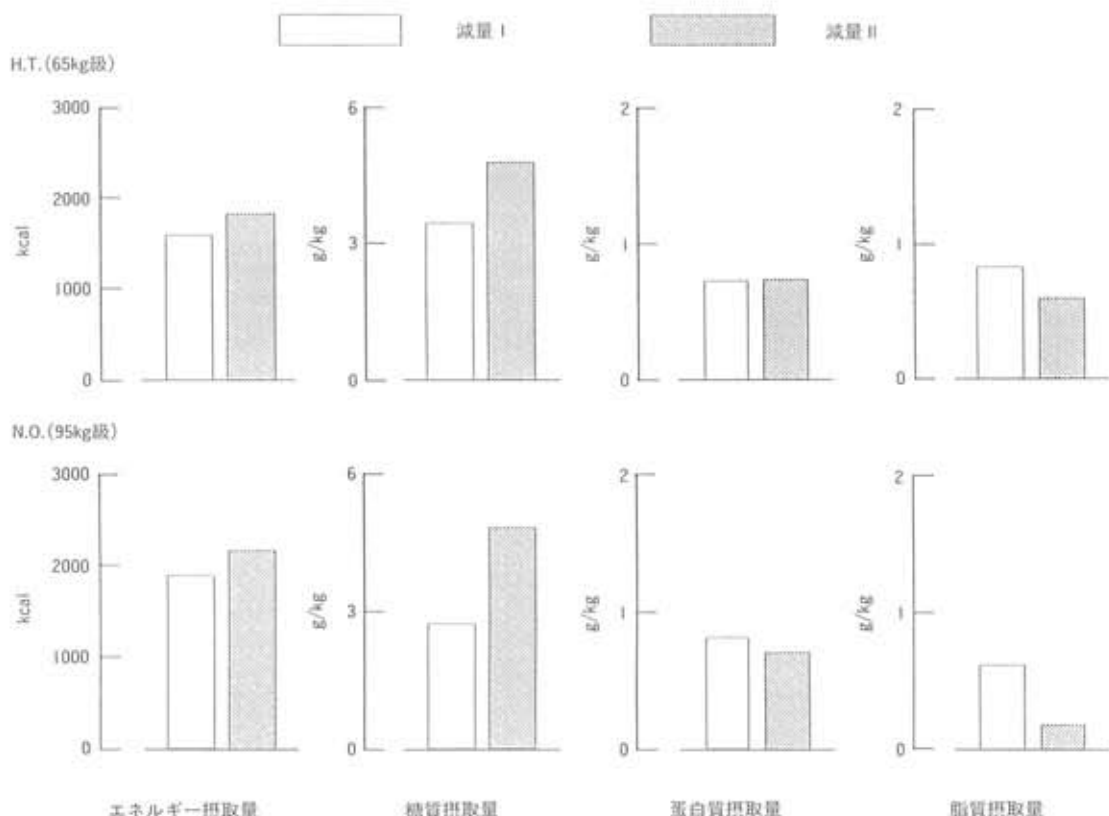


図1 減量期における1日当たりのエネルギー摂取量と体重1kg当たりの三大栄養素摂取量の変動

減量I：1992年の結果であり、選手自身がこれまでの経験に基づいて行った減量

減量II：1993年の結果であり、糖質摂取を1日に体重1kg当たり5gを目標に行った減量

Fig. 1 Changes in energy intake per day and nutrients intake per kilogram per day during weight reduction in Judo athletes

4.9gとなり、減量Iと比較して、H. T. が1.6g、N. O. が2.2gとそれぞれ増加がみられた。1日体重1kg当たりの蛋白質摂取量は、減量IIにおいて両選手とも0.7gであり、減量Iに比してもほぼ同値を示した。脂質摂取量は、減量IIが減量Iと比較して著明な減少がみられた。

2. 減量期における体重と身体組成の変化量

減量期における体重と身体組成の変化量を図2に示した。身体組成は、減量Iで両選手とも体脂肪よりもLBMの減少が多くなったのに対して、今回の減量IIでは、LBMの減少が少なくなり、体脂肪の減少が著明になる傾向を示した。

3. 減量期における最大無酸素パワーの変動

図3にトレーニング期と減量期における最大無酸素パワーの変化量を示した。N. O. は、減量IIにおいてトレーニング期と減量期では20ワットの増

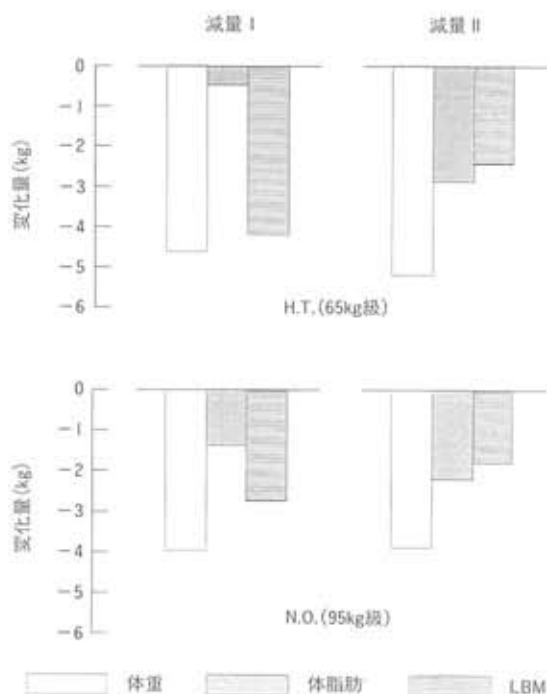


図2 減量期における体重と身体組成の変化量
Fig. 2 Changes in body weight and body composition during weight reduction in Judo athletes

加を示したのに対して、減量Iでは約80ワットの減少がみられた。なお、H. T. については、減量Iにおいて試合中の怪我により測定が不可能となり、減量Iの変化量を示すことができなかった。しかし、減量IIでは、トレーニング期と減量期でほとんど変化がみられなかった。

4. 試合当日の疲労感

疲労の自覚症状訴え率を図4に示した。30項目の自覚症状の訴え率は、両選手とも減量Iで20%以上の値を示したのに対して、減量IIでは3~7

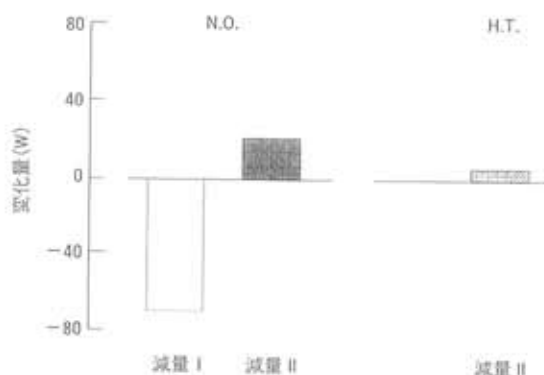


図3 減量期における最大無酸素パワーの変動
Fig. 3 Changes in maximal anaerobic power during weight reduction in Judo athletes

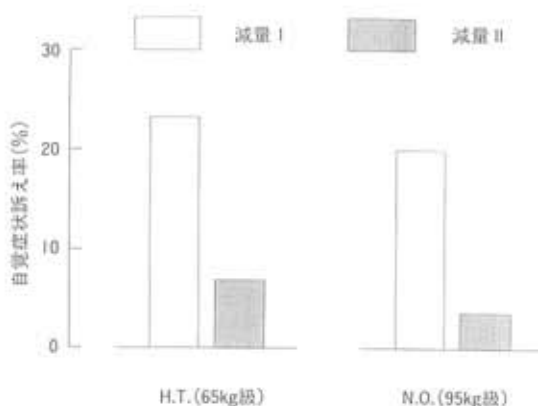


図4 試合当日の疲労感
Fig. 4 Symptoms of sensual fatigue before competition in Judo athletes

%と著明な低下を示した。なお、両選手とも30項目の中で「口が渇く」の訴えがみられた。

5. 競技成績

全日本学生柔道体重別選手権大会の成績は、N. O. が95kg級で優勝、H. T. が65kg級で3位となった。

IV. 考 察

本研究は、実際の体重別試合に出場する大学柔道選手を対象に、減量期における糖質摂取を主体とした減量法が身体組成、最大無酸素パワーおよびコンディショニング、さらには競技成績にどのような効果を与えるかについて検討した。

選手自身がこれまでの経験に基づいて行った減量においては、ご飯やパンなどの穀類や飲水の制限が主である。この方法では、エネルギー摂取量は減少するが、糖質の摂取量も著明に減少してしまうことになり、トレーニング期に蓄積した筋グリコーゲンレベルを保持することが困難となり、運動能力をも減退させ、明らかに試合において対戦相手に有利な条件を与えてしまうことになる。そこで、本研究は、減量期に筋グリコーゲンの減少を最小限に防ぐためにも糖質摂取の重要性について検討を行い、前報¹⁴⁾の体重減少率および糖質摂取量の減少を考慮に入れると、1日に体重1kg当たり6g以上の摂取は不可能であることから、体重1kg当たり5gを目標に、減量期もできる限り糖質を摂取するように指導した。その結果、1992年の減量Iにおいて1日体重1kg当たりH. T. で3.4g、N. O. で2.8gを示したのに対して、本研究ではほぼ目標としていた値まで摂取することができた。減量期に柔道選手が1日に最低限に必要とする糖質摂取量は明らかではないが、トレーニング期において1日に体重1kg当たり5.0gの糖質摂取は、筋グリコーゲン貯蔵量およびパワーの減少には至らないという報告⁹⁾もあることから、本研究の糖質を体重1kg当たり5.0gに調整した減量法は、筋グリコーゲン貯蔵量の減少を最小限に

防ぐことのできる可能性のあることが示唆された。エネルギー摂取量は、減量Iに比較して、約300kcalの増加がみられたものの、両選手とも比較的簡単に減量することができた。

減量期における身体組成は、前報とは異なりLBMの減少が少なくなり、体脂肪の減少が著明になる傾向を認めた。LBMの減少に関しては、体蛋白質の過剰な分解と体水分の損失の両方か、またはそのいずれかであること⁹⁾が推定されている。さらに、この体蛋白質、特に筋蛋白質の損失は、筋グリコーゲンが枯渇した状態において運動を行った場合に、最も増大すること^{3,11)}が報告されている。筋蛋白質の保持のためには、蛋白質摂取^{11,12)}の他に十分な糖質の補給が重要であることを支持している。したがって、減量期に極端な糖質摂取量の制限による体重減少は、筋グリコーゲン貯蔵量の減少を引き起こし、筋蛋白質の損失、さらにこれらがLBMの減少にまで関連してくることが考えられた。本研究のように、糖質を調整した減量法は、体重を減少させることが比較的簡単になり、LBMの減少を最小限に防ぐことのできる可能性のあることが考えられた。

柔道選手に要求される運動能力の要素の1つとして最大無酸素パワーが挙げられる。この最大無酸素パワーの変動は、N. O. について減量I (1992年) では、減量期がトレーニング期に比して明らかに減少を示したのに対して、本研究においては増加傾向が認められた。最大無酸素パワーの変動については、前述のLBMと密接な関連があり、このLBMに改善がみられたことから説明できよう。これらのことから、最大無酸素パワーといった視点からみて、今回の糖質摂取を1日体重1kg当たり5.0gに調整した減量法は有益であったことが考えられる。

試合当日における疲労の自覚症状訴え率は、両選手とも減量Iで20%以上の値を示したのに対して、本研究の減量IIでは3~7%と著明な低下を示した。激しいトレーニングと低糖質摂取を併用させると、無気力感や、憂うつでいらついた気分になる選手が多くなり、試合直前であるのにベス

トコンディションとはとてもいえない状態になってしまうこと¹⁴⁾が報告されている。減量Ⅰのように、減量期間中、これまで何度も悩ませられた脱力感、疲労感等の訴えがあったのとは異なり、減量Ⅱでは、選手から「口が渇く」以外は脱力感、疲労感などの訴えもなく体調も良好で減量を終了した。これらの結果は、減量期に糖質摂取の減少を最小限に防ぐことにより、睡眠を妨げることなく、自覚症状の訴えも少なくなり、良好なコンディションの状態です試合に臨むことができる可能性のあることが示唆された。

全日本学生柔道体重別選手権大会の成績は、N. O. が95kg級で優勝、H. T. が65kg級で3位となった。両選手とも前述のように良好なコンディションにて試合に出場し、自己の力を十分に発揮し、予想していた成績以上の良い結果を達成することができた。

以上、本研究の結果から、減量期では、当然ながら糖質摂取が著明な減少を示すが、身体的および精神的側面から減量期も糖質摂取の重要性が考えられ、この減少を最小限に防ぐことが競技力向上の一翼を担うであろうことが示唆された。本研究の減量法は、柔道選手の減量手段としては有効であると考えられた。

V. ま と め

本研究は、実際の体重別試合に出場する大学柔道選手を対象に、減量期における糖質摂取を主体とした減量法が身体組成、最大無酸素パワーおよびコンディショニング、さらには競技成績にどのような効果を与えるかについて検討した。

これらの成績を示すと次のごとくである。

- 1) エネルギー摂取量は、両選手とも本研究の減量Ⅱが減量Ⅰ(1992年時)に比較して、約300 kcalの増加を示した。
- 2) 1日に体重1 kg当たりの糖質摂取量は、本研究においてH. T. で4.8g、N. O. が4.9gとなり、減量Ⅰと比較して、H. T. が1.6g、N. O. が2.2gの増加がみられた。

- 3) 1日に体重1 kg当たりの蛋白質量は、減量Ⅱにおいて両選手とも0.7gであり、減量Ⅰに比してもほぼ同値を示した。
- 4) 身体組成は、減量Ⅰで両選手とも体脂肪よりもLBMの減少が多くなったのに対して、本研究の減量Ⅱでは、LBMの減少が少なくなり、体脂肪の減少が著明になる傾向を示した。
- 5) 最大無酸素パワーは、N. O. について減量Ⅰ(1992年時)では減量期がトレーニング期に比して明らかな減少を示したのに対して、減量Ⅱにおいては増加傾向を認めた。
- 6) 疲労の自覚症状訴え率は、両選手とも減量Ⅰで20%以上の値を示したのに対して、減量Ⅱでは3~7%と著明な低下を示した。
- 7) 全日本学生柔道体重別選手権大会の成績は、N. O. が95kg級で優勝、H. T. が65kg級で3位になった。

以上、本研究の成績から、減量期では、当然ながら糖質摂取が著明な減少を示すが、身体的および精神的側面から減量期でも糖質摂取の重要性が考えられ、この減少を最小限に防ぐことが競技力向上の一翼を担うであろうことが示唆された。

本研究の一部は、第48回日本体力医学会大会シンポジウム「運動と栄養」(1993年、徳島)において発表した。

終わりに、本研究にご協力下さいました東海大学柔道部員の方々に深く感謝致します。

参考文献

- 1) Horswill, C. A., Park, S. H. and Roemmich, J. N.: Changes in the protein nutritional status of adolescent wrestlers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 599-604, 1990
- 2) Houston, M. E., Marrin, D. A., Green, H. J. and Thomson, J. A.: The effect of rapid weight loss on physiological functions in wrestlers. *Phys. Sportsmed* 9: 73-78, 1981
- 3) Lemon, P. W. R. and Mullin, J. P.: Effect of muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J. Appl. Physiol.* 48: 624-629,

- 4) 松岡弘記、安井謙、北川薫：重量挙げ選手の短期・長期二種類の減量食による減量方法の比較、*J. J. Sports Sci.*, 6: 657-664, 1987
- 5) 武藤孝司：疲労自覚症状調査、*保健の科学*, 33: 686-691, 1991
- 6) 中塘二三生、田中喜代次、羽間悦雄、前田如矢：姿勢の違いがBioelectrical Impedance analysisによる体組成推定値に及ぼす影響、*臨床スポーツ医学*, 7: 390-392, 1990
- 7) 中塘二三生、田中喜代次、羽間悦雄、前田如矢：Bioelectrical Impedance analysisによる体組成評価における電極装着条件の影響、*Ann. Physiol. Anthropol.* 9: 109-114, 1990
- 8) Simonsen, J. C., Sherman, W. M., Lamb, D. R., Dernbach, A. R., Doyle, J. A. and Strauss, R.: Dietary carbohydrate, muscle glycogen, and power output during rowing training. *J. Appl. Physiol.* 70: 1500-1505, 1991
- 9) 寺尾保：大学スポーツ選手における栄養補給の現状と問題点、*J. J. Sports Sci.* 10: 331-335, 1991
- 10) 寺尾保、山下泰裕、白瀬英春、中西英敏、内藤佳津子、三田信孝、齊藤勝、佐藤宣践、小村渡岐磨、中野昭一：大学柔道選手のトレーニング期における栄養補給と問題点について、*東海大学スポーツ医科学雑誌*, 4: 11-21, 1992
- 11) Wagenmakers, A. J. M., Beckers, ED. J., Brouns, F., Kuipers, H., Soeters, P. B., VAN DER Vusse, G. J. and Saris, W. H. M.: Carbohydrate supplementation, glycogen depletion, and amino acid metabolism during exercise. *Am. J. Physiol.* 260: E883-E890, 1991
- 12) Walberg, J. L., Leidy, M. K., Sturgill, D. J., Hinkle, D. E., Ritchey, S. J. and Sebolt, D. R.: Macronutrient content of a hypoenergy diet affects nitrogen retention and muscle function in weight lifters. *Int. J. Sports Med.* 9: 261-266, 1988
- 13) Wootton, S.: スポーツ栄養学、小林修平監訳、南江堂、1992
- 14) 山下泰裕、寺尾保、張楠、三田信孝、内藤佳津子、中西英敏、白瀬英春、佐藤宣践、小村渡岐磨、中野昭一：柔道選手のトレーニング期および減量期における栄養補給が身体組成と最大無酸素パワーに及ぼす影響、*東海大学スポーツ医科学雑誌*, 6: 11-20, 1994

交感神経-効果器接合部の 神経伝達に関する研究

北村 憲 (医学部生体構造機能系薬理学教室、理学部化学科)

苑 新田 (医学部生体構造機能系薬理学教室)

岩尾佳代子 (医学部生体構造機能系薬理学教室)

熊本 高信 (理学部化学科)

岡 哲雄 (医学部生体構造機能系薬理学教室)

The study on the neurotransmission at sympathetic neuroeffector junction

Ken KITAMURA, Xintian FAN, Kayoko IWAO, Takanobu KUMAMOTO and Tetsuo OKA

Abstract

Effects of prazosin, an α_1 -adrenergic receptor antagonist, and suramin, a P_2 purine receptor antagonist, on the electrically-evoked contractions of isolated mouse, rat, guinea-pig and rabbit vas deferens were investigated.

Maximum inhibition produced by prazosin was approximately 30, 70, 70 or 15% in the preparation obtained from the mouse, rat, guinea-pig or rabbit, respectively; while that induced by suramin was more than 90% in all preparations. Results indicate that suramin has an inhibitory action on the electrically-evoked release of neurotransmitter in the isolated vas deferens as well as an antagonistic action on P_2 purine receptors.

緒言

中枢神経（脳、脊髄）から効果器（骨格筋、平滑筋、心筋、分泌腺など）に興奮を伝える運動神経（遠心性神経）は、体性神経と自律神経に分類できる。また、自律神経は交感神経と副交感神経に分けられる。体性神経は骨格筋を支配し、自律神経は骨格筋以外の部位（平滑筋、心筋、分泌腺など）を支配する。これらの遠心性神経の興奮は、神経伝達物質により効果器に伝えられる。体性神

経-骨格筋接合部、自律神経の節前神経と節後神経の間、および副交感神経の節後神経-効果器接合部などの神経伝達物質はアセチルコリンで、交感神経の節後神経-効果器接合部の神経伝達物質はノルエピネフリン（ノルアドレナリン）であることが知られている。

体性神経-骨格筋の系は、スポーツにおける骨格筋の運動に直接関連している。また、交感神経-効果器の系も、スポーツにおいて骨格筋の運動が盛んになった時、交感神経の活動も盛んになり、心拍数を増加させるとともに心収縮力も増加させ

ることにより心拍出量を増加させ、骨格筋を灌流する血管を拡張させ、その結果骨格筋を流れる血液量を増加させる。これは、運動量の増加に伴う骨格筋の代謝の増加を円滑にするものである。つまり、交感神経-効果器(この場合、心筋、血管平滑筋など)の系も、体性神経-骨格筋の系とともに、スポーツにおける骨格筋の運動に重要な役割を演じている。

交感神経の末端に存在するシナプス小胞には、ノルアドレナリン、ATPおよびドパミン β -モノオキシゲナーゼなどが存在することが知られている。交感神経が興奮し、活動電位が末端に到達すると、シナプス小胞の内容物がエキソサイトシスによりシナプス間隙に放出されると考えられている。放出された内容物のうち、ノルアドレナリンのみがシナプス後膜の受容体と結合して伝達の役割を演じると考えられていた。しかし、ノルアドレナリン以外の物質も、交感神経の伝達に役割を演じていることを示唆する報告もある。そこで今回は、交感神経-効果器接合部の研究に広く使われている摘出輸精管標本を用い、交感神経の伝達に関する研究を行ったので報告する。

実験方法

体重40g前後のJcl-ICR系マウス、体重200~350gのJcl-Wistar系ラット、体重400~600gのHartley系モルモット、ならびに体重3kg前後の日本白色ウサギなどを用いた。各動物から輸精管を体外に取り出し、Krebs液(mM: NaCl 118; KCl 4.75; CaCl₂ 2.54; KH₂PO₄ 1.19; MgSO₄ 1.2; NaHCO₃ 3.25; glucose 11)がはいったシャーレに入れ、付着した脂肪組織などを除いた後に、37°Cの4 mlのKrebs液が入った恒温浴槽に入れ、混合気体(95%O₂, 5%CO₂)を送りながら実験を行った¹⁻³⁾。また、必要に応じてKrebs液の上部と下部に置いた白金線を介して、持続時間1 msecの次極大の矩形波刺激を、頻度0.1Hzで与えた。そして、薬の投与あるいは電場刺激に応じて生じる輸精管平滑筋の収縮の大きさを、

FDトランスジューサーを介して、記録計に描記させた。なお、実験中、輸精管には0.2gの静止張力を与えた。また、薬は50 μ lのマイクロシリンジを用い、4-40 μ lの量で与えた。なお、摘出マウス輸精管の実験では、MgSO₄を除いたKrebs液を用いた²⁻³⁾。また、摘出モルモット輸精管標本の電場刺激の実験では、頻度5 Hzの刺激を5回10秒毎に与えた。

実験結果ならびに考察

1. 電場刺激に応じた収縮に対するテトロドトキシンおよび ω -コノトキシンの効果

摘出マウス輸精管標本を頻度0.1Hzで電場刺激すると、刺激に応じた一定の大きさの反復収縮が得られた(図1)。ここに、電位依存性Na⁺チャネルの特異的阻害剤であるテトロドトキシンを最終濃度で0.1 μ Mになるように加えると、電場刺激に応じた反復収縮が完全に消失した(図1)。また、N型の電位依存性Ca²⁺チャネルの特異的阻害剤である ω -コノトキシンの0.1 μ Mでも、収縮は完全に消失した(図2)。なお、コノトキシンの電場刺激に応じた収縮が消失した後に、ノルアドレナリンを与えると平滑筋は収縮した(図2)。以上の実験結果は、電場刺激に応じて生じる反復収縮は、

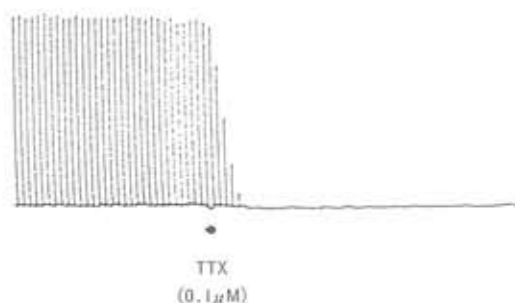


図1 摘出マウス輸精管標本の電場刺激に応じた収縮に対するテトロドトキシンの抑制効果

Fig. 1 Inhibitory effect of tetrodotoxin (TTX) on electrically-evoked contractions of mouse vas deferens

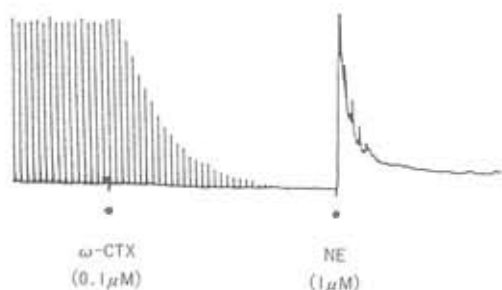


図2 摘出マウス輸精管標本の電場刺激に応じた収縮に対する ω -コノトキシンの抑制効果とノルアドレナリンの収縮効果

Fig. 2 Inhibitory effect of ω -conotoxin (ω -CTX) on electrically-evoked contractions of mouse vas deferens and contractile effect of norepinephrine on mouse vas deferens

標本に含まれる神経細胞が電氣的に刺激され、伝達物質を放出し、放出された伝達物質が平滑筋細胞の受容体と結合することにより生じていることを示している。換言すれば、反復収縮は標本に含まれている平滑筋細胞が電氣的に直接刺激されて生じているのではないことを示している。つまり、このような方法を用い、伝達物質と受容体との結合を特異的に阻害する物質を用いれば、この標本において電気刺激に応じて遊離して、収縮を生じさせている神経伝達物質を推測できることを示している。

2. ノルアドレナリンおよび α, β -メチレン-ATPによる収縮に対する拮抗薬の効果

摘出ラット輸精管標本に、最終濃度で $1 \mu\text{M}$ になるようにノルアドレナリンあるいは P_2 プリン受容体の特異的アゴニストである α, β -メチレン-ATPを加えると標本は収縮した(図3)。また、

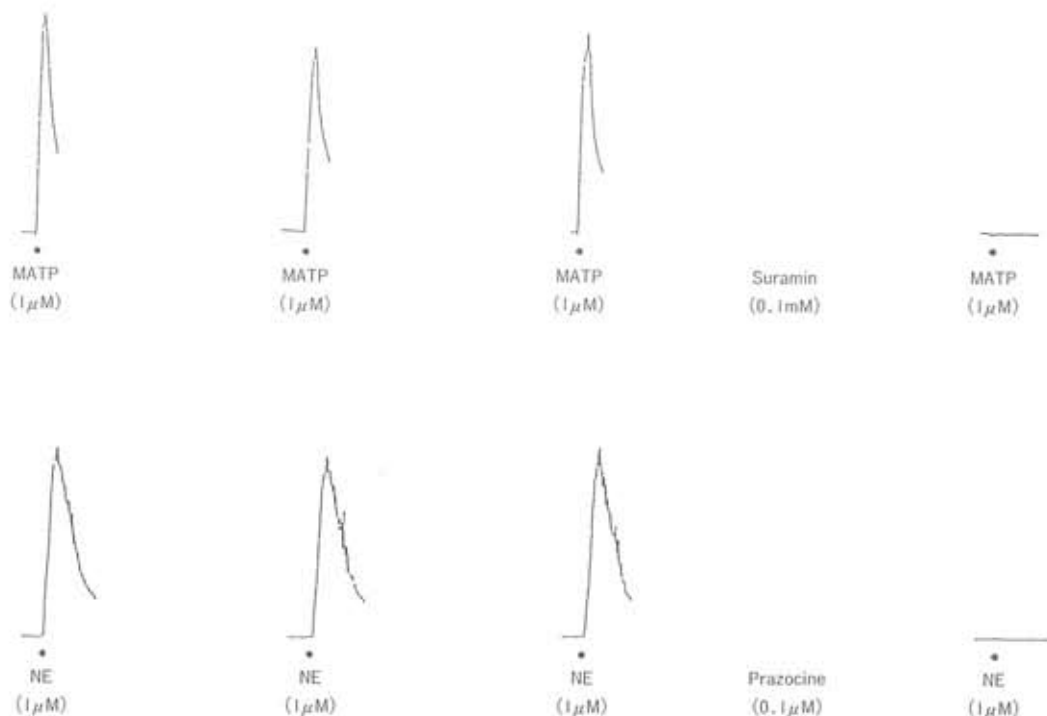


図3 α, β -メチレン-ATPあるいはノルアドレナリンによる摘出ラット輸精管標本の収縮に対するスラミンあるいはプラゾシンによる拮抗

Fig. 3 Antagonistic action of suramin or prazosin on α, β -methylene-ATP (MATP)-, or norepinephrine (NE)-induced contraction of rat vas deferens, respectively

これらの薬を加えて収縮が認められた後に直ちに標本を Krebs 液で数回洗い、薬を除き30分毎に新たに同一量の薬を加えると、ほぼ同じ大きさの収縮が得られた(図3)。次に、 α, β -メチレン-ATP を与える前に、 P_2 プリン受容体の拮抗薬であるスラミン^リを0.1mM与えると、 α, β -メチレン-ATP による収縮は完全に阻害された(図3)。また、ノルアドレナリンを与える前に、 α_1 アドレナリン受容体の拮抗薬であるプラゾシンを0.1 μ M与えると、ノルアドレナリンによる収縮は完全に阻害された(図3)。なお、摘出ラット輸精管標本と同様に、マウス、モルモットおよびウサギなどの摘出輸精管標本でも、ノルアドレナリンによる収縮のプラゾシンによる阻害、および α, β -メチレン-ATP による収縮のスラミンによる阻害が認められた。つまり、摘出輸精管標本には、 α_1 アドレナリン受容体および P_2 プリン受容体が存在し、そこにアゴニストが結合すると標本が収縮することが確認された。摘出輸精管標本は、交感神経であるアドレナリン作動性神経(ノルアドレナリンを伝達物質とする神経)の支配が強いことがよく知られているので、電場刺激により生じる収縮は、アドレナリン作動性神経の電気的刺激により遊離したノルアドレナリンあるいはATP (P_2 プリン受容体と結合することが知られている)が、 α_1 アドレナリン受容体あるいは P_2 プリン受容体と結合することにより生じている可能性が高い。そこで、各摘出輸精管標本の電場刺激による収縮が、 α_1 アドレナリン受容体拮抗薬のプラゾシン、および P_2 プリン受容体拮抗薬のスラミンなどにより、どのように阻害されるかを研究した。

3. 電場刺激により生じる反復収縮に対する拮抗薬の効果

プラゾシンもスラミンも最大効果発現に数10分を要する場合が多かったので、薬が存在しない時(コントロール)の反復収縮の大きさの経時的变化を各標本で最初に調べた。標本を37°Cの Krebs 液が入った恒温浴槽に入れてから、最初の1時間は比較的頻回(2~10分毎に2~3回)に Krebs 液

を交換し、その後は30分毎に2回交換した。最後に Krebs 液を交換(最初に37°Cの Krebs 液に標本を入れてから通常2~3時間後)した後に直ちに電場刺激を加え、その10分後から記録を開始した。摘出マウス輸精管標本では、刺激開始後100分目まで少しづつ収縮の大きさは小さくなった(図4)。100分目に刺激を止めて Krebs 液を交換後直ちに刺激を始め、記録計の感度を変えることにより収縮の大きさを1回目の記録開始時と同じ2.5cmにして、100分間記録させた(図4)。同様にして、3回目の記録を行った(図4)。摘出マウス輸精管標本では、収縮の経時的变化は、2および3回目は、1回目比べて小さかった(図4)。また、4例の実験の結果、経時的变化の標本による差も2および3回目の方が1回目より小さかったので、拮抗薬の効果は2回目の記録で観察することにした。なお、摘出ウサギ輸精管標本では、反復収縮の経時的变化は1回目から認められなかったので、拮抗薬の効果は1回目の記録で観察することにした。また、摘出ラット輸精管標本では、2回目の記録で反復収縮の経時的变化が認められなかったので、拮抗薬の効果は2回目の記録で観察することにした。なお、摘出モルモット輸精管標本では、2および3回目の記録で、反復収縮の大きさが一定になり難しく、そのため1回目の記録で拮抗薬の効果を観察することにした。摘出ウサギ、ラットおよびモルモット輸精管標本のそれぞれ1、2および1回目の記録を図5に示した。

摘出ラット輸精管標本の電場刺激に応じた反復収縮に対するプラゾシンあるいはスラミンの効果を図6に示した。 α_1 アドレナリン受容体拮抗薬のプラゾシンの0.1 μ Mの効果を図6に示したが、1 μ Mに増量しても抑制の程度は大きくならなかった。また、図3に示したように、プラゾシンは外から与えたノルアドレナリンの効果に完全に拮抗するので、図6に示した実験結果は、電場刺激に応じた反復収縮にノルアドレナリン以外の物質も関与していることを示している。そこで、収縮に P_2 プリン受容体のアゴニストのATPの関与が考えられたので、 P_2 プリン受容体の拮抗薬のスラ

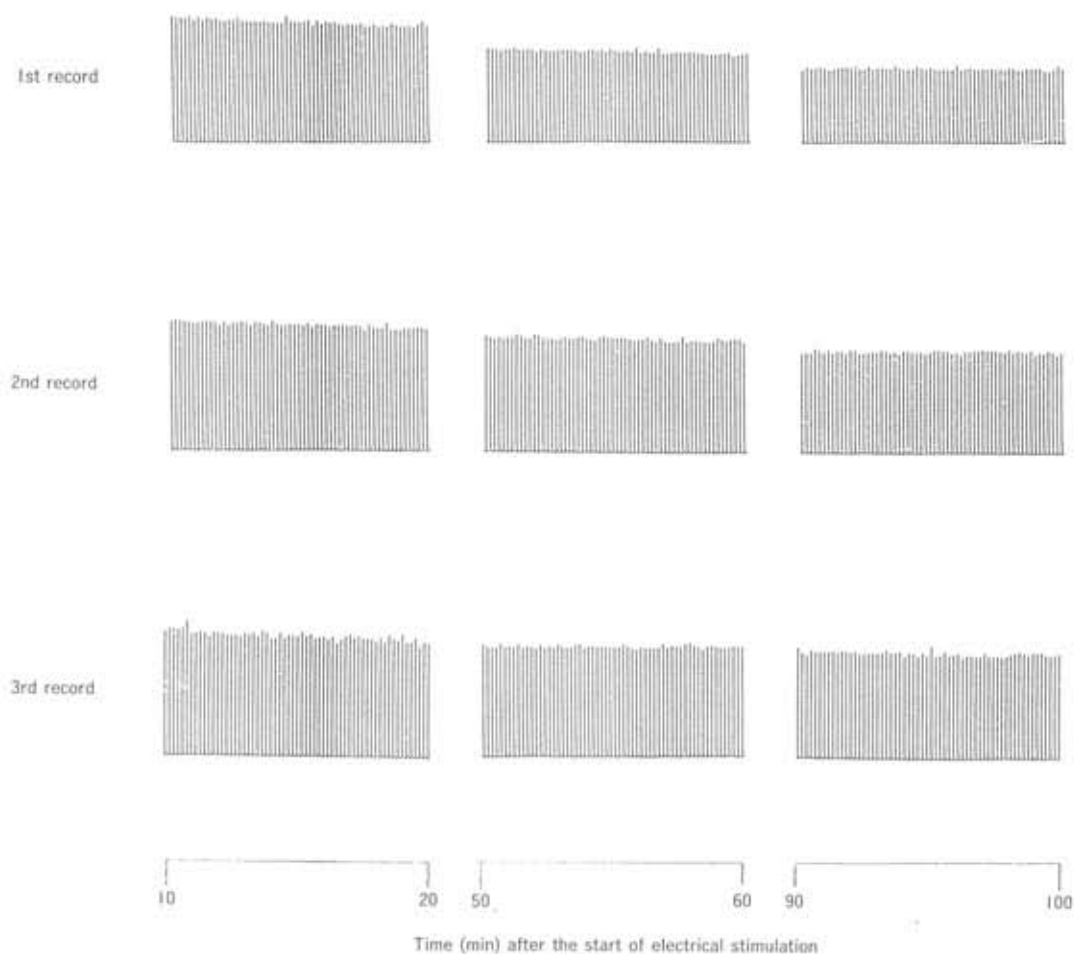


図4 摘出マウス輸精管標本の電場刺激に応じた反復収縮の経時的変化

Fig. 4 Time course of changes in the height of electrically-evoked contractions of mouse vas deferens.

ミンの効果に次に調べた。その結果、スラミンは反復収縮を90%以上抑制することが明らかにされた(図6)。また、摘出マウス、モルモットおよびウサギ輸精管などの反復収縮は、スラミンによりほぼ完全に阻害された。なお、摘出マウス、モルモットおよびウサギ輸精管などの反復収縮は、ブラゾシンによりそれぞれ約30、70および15%抑制された。以上の実験結果は、電場刺激に応じた摘出輸精管標本の反復収縮には、ノルアドレナリンが関与している部分と、関与していない部分とが

あり、ノルアドレナリンの関与の程度には種差があることを示している。また、摘出モルモット輸精管標本の場合のように、収縮にノルアドレナリンが約70%も関与していることが示唆された標本でも、スラミンのみで収縮がほぼ完全に阻害されること、ならびに、外から与えたノルアドレナリンに対してスラミンは拮抗作用を示さないことなどから、スラミンは、 P_2 プリン受容体に対する拮抗作用以外に、伝達物質遊離抑制作用もあることが示唆された。

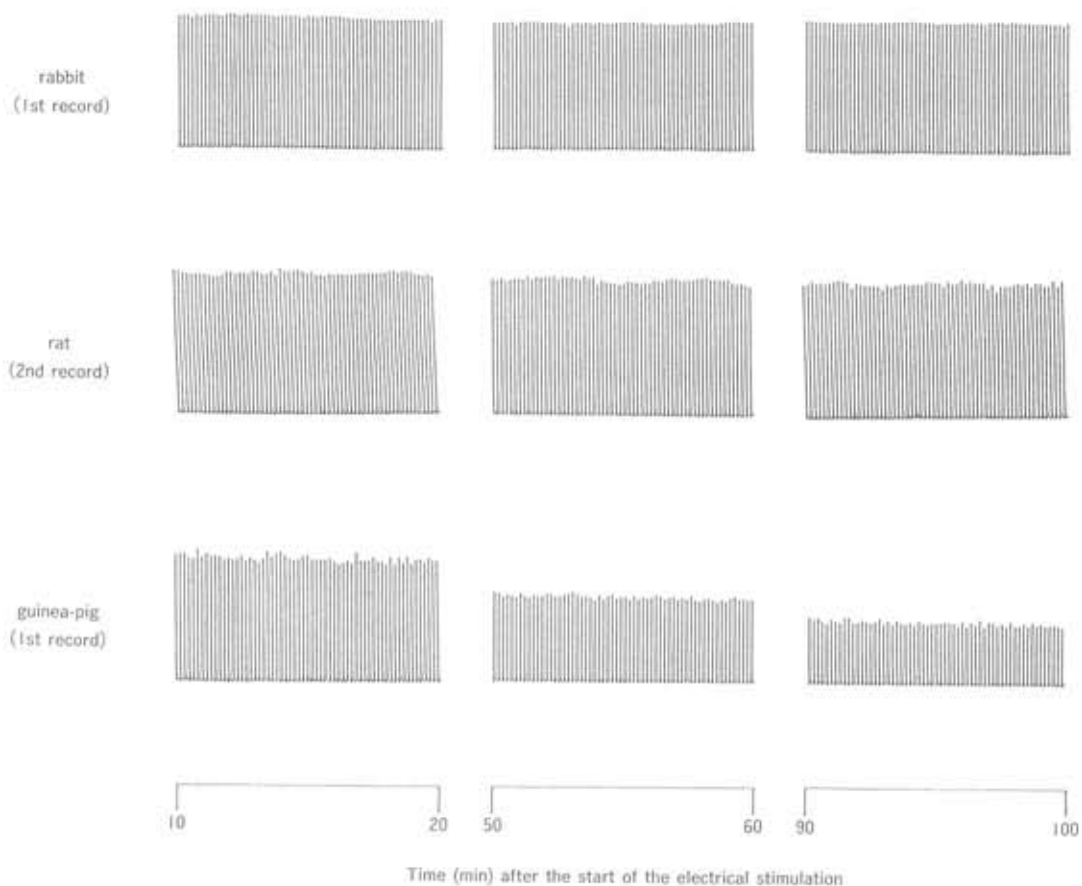


図5 摘出ウサギ、ラットおよびモルモット輸精管標本の電場刺激に応じた反復収縮の経時的変化
 Fig. 5 Time course of changes in the height of electrically-evoked contractions of rabbit, rat and guinea-pig vas deferens

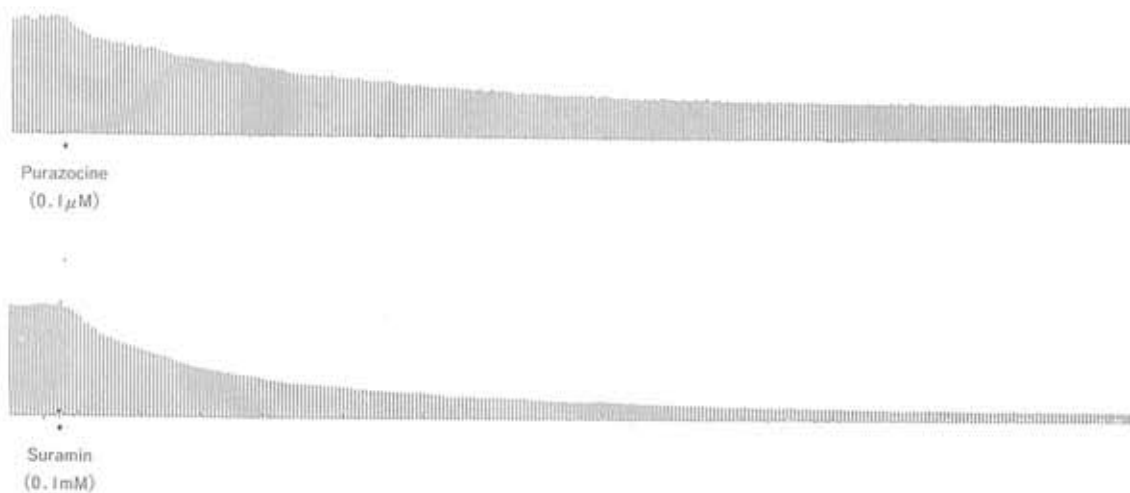


図6 摘出ラット輸精管標本の電場刺激に応じた反復収縮に対するブラゾシンあるいはスラミンの抑制効果
 Fig. 6 Inhibitory effect of prazosin or suramin on electrically-evoked contractions of rat vas deferens

要 約

交感神経-効果器接合部の神経伝達を研究する目的で、摘出輸精管標本に含まれる交感神経を電場刺激し、刺激に応じて遊離した神経伝達物質が平滑筋の受容体と結合することにより生じる収縮を示標にして、ノルアドレナリンおよびATPの拮抗薬を用いることにより、伝達物質の同定を試みた。外から与えたノルアドレナリンによる標本の収縮は、 α_1 アドレナリン受容体拮抗薬のプラゾシンにより完全に拮抗された。つまり、電場刺激に応じて生じる収縮にノルアドレナリンが関与していれば、その部分はプラゾシンで拮抗されることが示された。摘出マウス、ラット、モルモットおよびウサギ輸精管の電場刺激により生じる収縮に対するプラゾシンの拮抗の程度から、いずれの標本においてもノルアドレナリンのみが収縮に関

与しているのではないこと、ならびに、ノルアドレナリンの関与の程度は標本により15~70%前後で種差があること、などが示唆された。また、外から与えた α, β -メチレン-ATPによる標本の収縮は、 P_2 プリン受容体拮抗薬のスラミンにより完全に拮抗された。つまり、電場刺激に応じて生じる収縮にATPが関与していれば、その部分はスラミンで拮抗されることが示された。しかし、すべての摘出標本においてスラミンは電場刺激に応じて生じる収縮を90%以上抑制した。これは、スラミンが P_2 プリン受容体に対する拮抗作用以外に、伝達物質遊離抑制作用も有することを示唆している。つまり、スラミンが P_2 プリン受容体に対する拮抗作用以外の作用も有していることが明らかにされたため、電場刺激に応じて生じる収縮におけるATPの関与の程度は今回の実験からは明らかにすることが出来なかった。

参考文献

- 1) Oka, T., Negishi, K., Suda, M., Matsumiya, T., Inazu, T. and Ueki, M.: Rabbit vas deferens: a specific bioassay for opioid k-receptor agonists. *Eur. J. Pharmacol.* 73: 235-236, 1981
- 2) Oka, T., Negishi, K., Suda, M., Sawa, A., Fujino, M. and Wakimasu, M.: Evidence that dynorphin-(1-13) acts as an agonist on opioid k-receptors. *Eur. J. Pharmacol.* 77: 137-141, 1982
- 3) Oka, T., Negishi, K., Kajiwaru, M., Watanabe, Y., Ishizuka, Y. and Matsumiya, T.: The choice of opiate receptor subtype by neo-endorphins. *Eur. J. Pharmacol.* 79: 301-305, 1982
- 4) Dunn, P. M. and Blakeley, A. G. H.: Suramin: a reversible P_{2u} purinoceptor antagonist in the mouse vas deferens. *Br. J. Pharmacol.* 93: 243-245, 1988

大学生柔道選手における 心拍変動解析による自律神経機能評価

田辺 晃久 (医学部循環器内科) 白井 和胤 (医学部循環器内科)
吉岡公一郎 (医学部循環器内科) 山下 泰裕 (体育学部武道学科)
佐藤 宣践 (体育学部武道学科) 寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理科学)
中野 昭一 (医学部生体構造機能系生理科学)

Sympathetic and parasympathetic activities at rest
and after exercise in judo athletes

Teruhisa TANABE, Kazutane USUI,
Koichiro YOSHIOKA, Yasuhiro YAMASHITA,
Nobuyuki SATO, Tamotsu TERAOKA,
and Shoichi NAKANO

Abstract

Cardiac sympathetic and parasympathetic activities were evaluated by the power spectral analysis of heart rate variability in 7 judo athletes (7 men, mean age; 20 years), 10 phasic-exercise athletes (10 men, mean age; 18 years) and 12 non-athletes (12 men, mean age; 18 years). All examinees underwent Holter monitoring. The 7 judo athletes performed maximal exercise testing using bicycle ergometer. Mean RR interval, standard deviation of RR interval (SD), low frequency power (LF, 0.04-0.15 ms^2/Hz), high frequency power (HF, 0.15-0.40 ms^2/Hz), coefficient of HF component variance (CVHF), and LF/HF ratio were obtained. SD, HF and CVHF magnitudes indicated parasympathetic activities. LF/HF ratio was used as an indicator of sympathetic activities.

Mean RR interval, SD magnitude and HF power were significantly greater in judo athletes than in non-athletes ($p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.05$ in each) and LF/HF ratio was significantly lower in judo athletes than in non-athletes. However, when compared to phasic-exercise athletes, only mean RR interval was significantly prolonged in judo athletes. There were no significant differences in SD magnitude, HF power and CVHF values between immediately after and additional 10 minutes after exercise testing, indicating there were no rapid increase in vagal reflex.

These results indicate that judo athletes have increased vagal and decreased sympathetic activities at rest, and that there are no difference of autonomic function between tonic- and phasic-exercise athletes. In addition, it is unlikely that strong vagal reflex, resulting in subsequent sinus arrest, occurs after exercise in judo athletes.

はじめに

スポーツ選手では激しいトレーニングの結果、心肥大をはじめ、洞徐脈、房室ブロック、種々の不整脈発生など心臓への影響が知られる。心肥大は生体側の生理的適応であり必ずしも病的ではないが、洞徐脈化や房室ブロックは高度であれば臨床的意義を生じる。徐脈化や房室ブロックの発生機序として、心臓迷走神経過緊張、心臓交感神経低緊張、洞結節自身の心拍自動能低下¹⁾などが考えられている。とくに迷走神経緊張増加や交感神経緊張低下が重視されるが、あくまで心拍数増減からみた観念論でありその証拠は乏しい。

心疾患患者の突然死例は、迷走神経緊張低下、交感神経緊張増加がみられるという²⁾。その他、心筋梗塞、心不全、肥大型心筋症進行例でも同様の自律神経機能異常がある^{3,4)}。運動中ないし終了後の突然死が注目されるが、この誘因の1つに迷走神経過緊張反射による心停止や循環虚脱も考えられている⁵⁾。

最近、ホルター心電図の心拍変動の高速フーリエ解析を利用することにより、心臓交感神経緊張と迷走神経緊張の定量化が容易となった。我々は、tonic運動を主として行う柔道部選手を対象とし、phasic運動を主として行う運動部選手ならびに同年代の非スポーツ選手を対照に心拍変動を検討し、また柔道選手に最大運動負荷を行った後の急激な迷走神経過緊張の出現の有無を検討した。

対象と方法

対象は東海大学で激しいトレーニングを行っている柔道部の学生選手7例(柔道選手)(全例男性、年齢19~21歳、平均20歳)であった。対照は、激しいphasicな運動を行う学生運動部選手10例(phasic運動選手)(全例男性、年齢16~21歳、平均18歳)ならびに心肺健常の運動選手でない同年齢学生12例(非運動選手)(全例男性、年齢16~20歳、平均18歳)であった。phasic運動の種類はサ

ッカー(4例)、ラグビー(2例)、陸上(2例)、バレーボール(2例)であった。

全例、標準12誘導心電図を記録し、不整脈、虚血ST変化など心電図学的基本所見を検討した。柔道選手では瞬間最大負荷時の心拍変動に与える影響をみるため、自転車エルゴメーター法による運動負荷試験を行った。運動負荷前、負荷中、負荷後2時間のホルター心電図記録(Del Mar Avionics社製 Model 459)を行った。心拍変動解析は運動負荷前、運動負荷終了直後、その10分後に仰臥位の成績をもとに行った。運動負荷は電磁ブレーキ式の自転車エルゴメーター(コンビ社製、パワーマックス)を用い、2分間の休息をさみ10秒間の全力ペダリングを3回繰り返す方法で行った。phasic運動選手ならびに非運動選手では安静仰臥位後、24時間ホルター心電図記録を行ったが、今回は柔道選手と同時間帯の安静仰臥位での心拍変動のみを解析した。

解析にあたっては、まずmean RR間隔、RR間隔の標準偏差(SD)をもとめ、その後パワースペクトル解析を行った。パワースペクトル解析はDel Mar Avionics社製のModel 750A解析器から得られたRR間隔信号をDel Mar Avionics Heart Rate Variability Analysis Systemに転送し、高周波フーリエ変換することにより周波数解析を行った。RR間隔周波数解析の周波数成分のうち、0.04~0.15Hzを低周波成分(LF)、0.15~0.40Hzを高周波成分(HF)とした。RR間隔変動によるHF成分への影響を避けるため、Hayanoら⁷⁾の方法によりmean RR間隔で補正しHF成分変動係数(CVHF)を求めた。 $CVHF(\%) = 100 \times (\text{power of HF component})^{1/2} / (\text{mean RR interval})$

CVHFを迷走神経緊張の、LH/HF比を交感神経緊張の活動指標とした。

統計処理

データの3群間比較はScheffeの方法、対応のない2群間比較はWilcoxon-Mann-Whitney t t

-estで行った。p値が0.05未満を有意、0.1未満を有意の傾向ありとした。

結 果

標準12誘導心電図は柔道選手、phasic運動選手、非運動選手とも全例正常であった。図1は安静時mean RR間隔(上段)とそのSD(下段)で、それぞれ柔道選手、phasic運動選手、非運動選手間の比較である。mean RR間隔は柔道選手、

phasic運動選手、非運動選手の順に長く各群間に有意差があった。SDは柔道選手(82±26msec)ないしphasic運動選手(89±14msec)は非運動選手(54±19msec)比べ有意に大であった(各々 $p < 0.05$, $p < 0.01$)。柔道選手とphasic運動選手間には有意差はなかった。

HF成分は柔道選手が非運動選手に比べ有意に大であったが($p < 0.05$) (図2の上段)、mean RR間隔で補正したCVHFでは有意差はなかった(図2の下段)。LF/HF比は柔道選手(1.1±0.2)

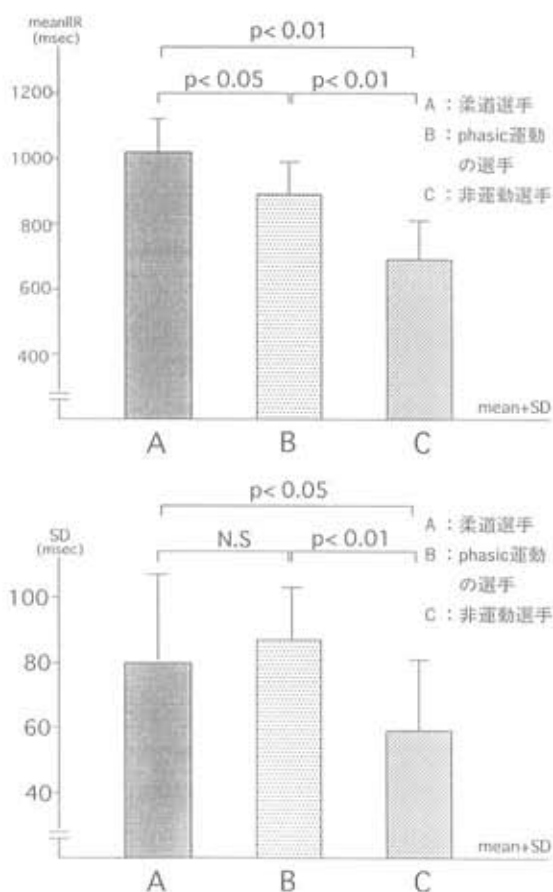


図1 mean RR 間隔(上段)、RR 間隔の標準偏差(SD) (下段) —柔道選手、phasic 運動選手、非運動選手の比較
Fig. 1 Comparison of mean RR interval (top panel) and its standard deviation (SD) (bottom panel) among judo athletes, phasic-exercise athletes and control non-athletes.

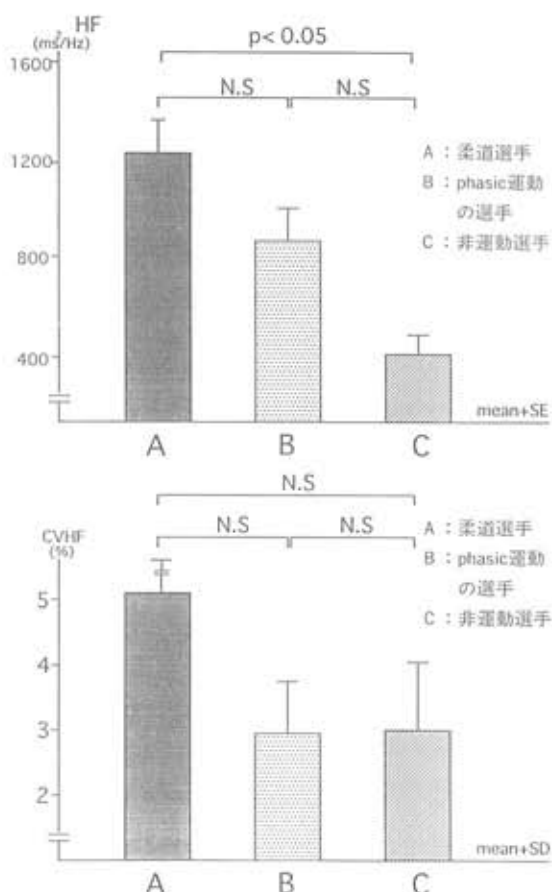


図2 心拍変動パワースペクトル解析における HF 成分(上段)、HF 成分変動計数(CVHF) (下段) —柔道選手、phasic 運動選手、非運動選手の比較
Fig. 2 Comparison of HF component power (top panel) and coefficient of HF component variance (CVHF) (bottom panel) among judo athletes, phasic-exercise athletes and control non-athletes.

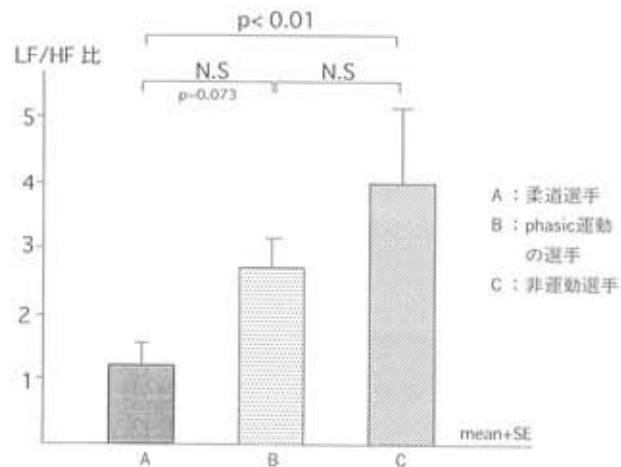


図3 心拍変動パワースペクトル解析におけるLF/HF比—柔道選手、phasic運動選手、非運動選手の比較
 Fig. 3 Comparison of LF/HF ratio among judo athletes, phasic-exercise athletes and control non-athletes.

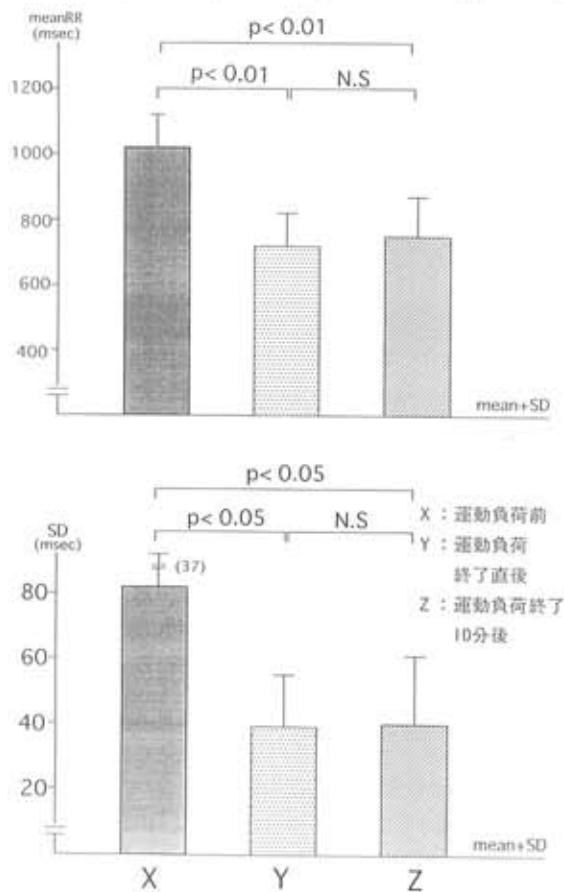


図4 柔道選手における運動負荷前、負荷終了直後、その10分後のmean RR間隔(上段)とRR間隔の標準偏差(SD)(下段)

Fig. 4 Mean RR interval (top panel) and its standard deviation (SD) (bottom panel) before, immediately after and 10 minutes after exercise in judo athletes.

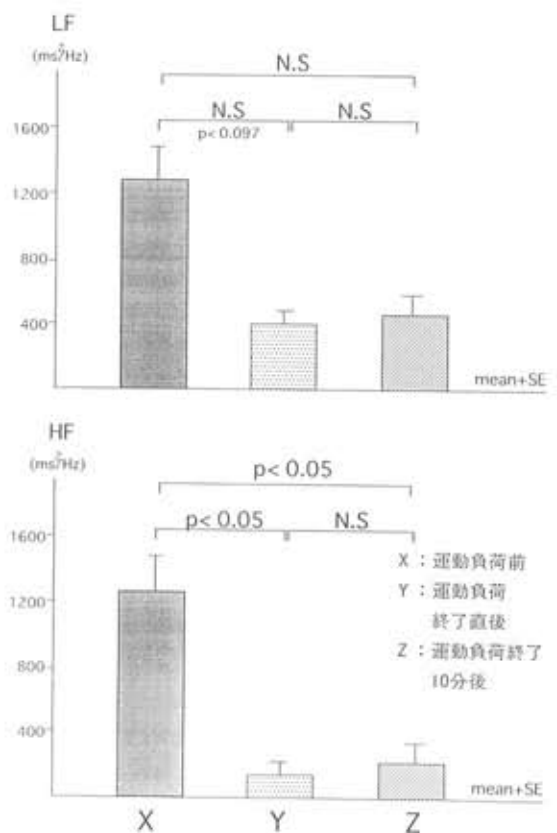


図5 柔道選手における運動負荷前、負荷終了直後、その10分後のLF成分(上段)、HF成分(下段)の強度

Fig. 5 Power of LF (top panel) and HF (bottom panel) components before, immediately after and 10 minutes after exercise in judo athletes.

が非運動選手 (4.0 ± 0.9) に比べ有意に小で ($p < 0.01$)、phasic 運動選手 (2.8 ± 0.6) に対しても小の傾向にあった ($p = 0.073$)。

図4は柔道選手における運動負荷前、負荷終了直後、その10分後の mean RR 間隔 (上段) とその SD (下段) である。運動終了後 mean RR 間隔は約30%短縮したが、10分後にはまだ有意の回復はなかった。SDは運動終了直後約50%縮小したが、個々の例の検討も含め10分後に反射性の増大が生じることはなかった。

運動負荷後、LF 成分は減少傾向、HF 成分は有

意の減少 ($p < 0.05$) をみとめた (各々図5の上段と下段)。CVHF は負荷前 $3.2 \pm 1.1\%$ から負荷直後 $1.7 \pm 0.6\%$ に有意に低下 ($p < 0.01$)、LF/HF は反対に 1.1 ± 0.6 から 2.5 ± 1.2 に有意に増加した ($p < 0.05$) (各々図6の上段と下段)。しかし、いずれも10分後に有意の変化を起こすことはなかった。

図7に柔道選手例における運動負荷前、負荷終了直後、その10分後における RR 間隔周波数分析における power spectral density を示す。負荷前、HF 成分は $835 \text{ms}^2/\text{Hz}$ 、LF/HF 比は 0.97 であったが、負荷後著明な HF 成分の減弱、LF/HF 比の増強がみられる。

考 案

一般に、運動選手は非運動選手に比べ、心拍数が遅い。原因として迷走神経緊張亢進、交感神経緊張低下、心臓洞結節の自動能低下¹⁾などが考えられている。洞結節自動能低下は、薬理的自律神経遮断を利用した方法でヒトやラットで確認されている^{14,9)}。一方、迷走神経緊張増強、交感神経緊張低下は広く受け入れられているが、実際の証拠は乏しい。理由は、ヒトの瞬時、瞬時の交感神経系と迷走神経系の緊張の程度を別々に判定する方法がなかったからといえる。

心拍変動解析による迷走神経活動の指標は、従来、RR 間隔の時系列変化から RR 間隔変動係数 (coefficient of variance, CV-RR) で求められていた¹⁰⁾。連続100心拍の RR 間隔標準偏差の平均値に対する比率を求める方法である。一方、ホルター心電図法は当初、不整脈の検出、虚血心筋虚血の検出^{11,12)}に利用されていたが24時間にわたる RR 間隔の時系列変化が容易に求められることから、迷走神経活動の指標にも利用されるようになった。1つは5分毎の RR 間隔を24時間にわたってもとめ、その平均値の標準偏差 (SDANN) をとる方法で³⁾、他は5分毎に RR 間隔の標準偏差をもとめ、24時間にわたりその平均値 (SD) を示す方法である¹³⁾。

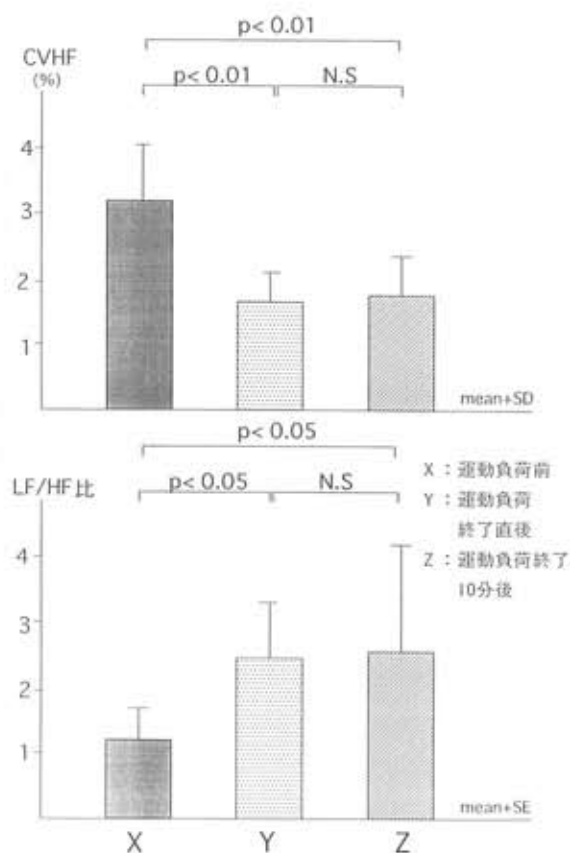


図6 柔道選手における運動負荷前、負荷終了直後、その10分後の CVHF 値 (上段)、LF/HF 比 (下段)

Fig. 6 CVHF value (top panel) and LF/HF ratio (bottom panel) before, immediately after and 10 minutes after exercise in judo athletes.

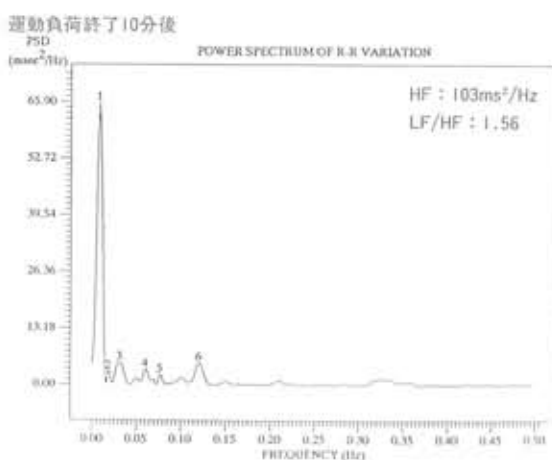
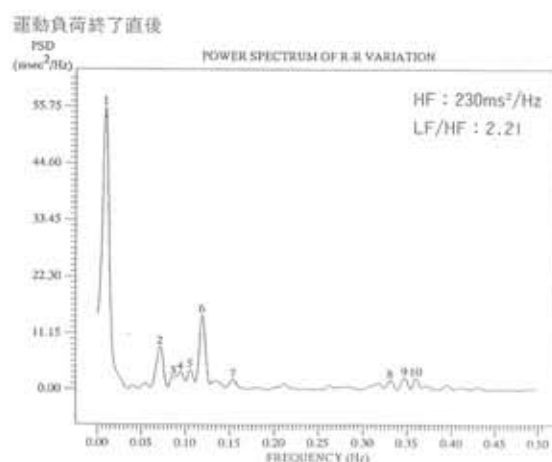
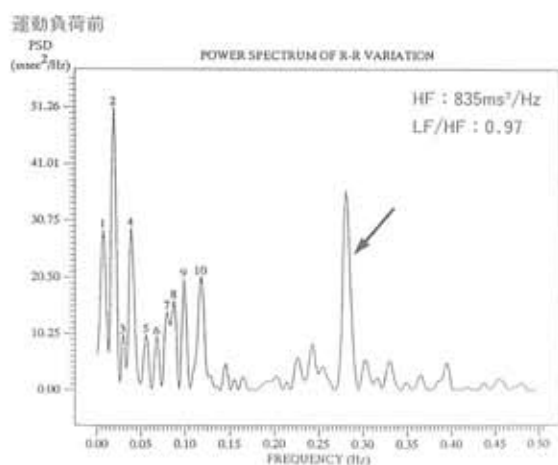


図7 21歳、柔道選手における運動負荷前、運動負荷終了直後、その10分後の心拍変動パワースペクトル。矢印はHF成分を反映するが、運動負荷後著明に減少している

Fig. 7 An example demonstrating the marked changes of HF component power and LF/HF ratio after exercise in a judo athletes.

本研究では、柔道選手、phasic 運動選手は非運動選手にくらべSDは大であったこと、および柔道選手における運動後の著明なSD低下から、運動選手における日常安静時での迷走神経緊張の増大ならびに運動によるその極端な低下が示された。

パワースペクトル解析では、HF成分は柔道選手が非運動選手に比べ、有意に大であったものの、RR間隔で補正したCVHFは柔道選手、phasic 運動選手、非運動選手間に有意差はなかった。したがって、ある一定時間での迷走神経活動の評価という点では、パワースペクトル解析によるHF成分ないしCVHF値はSDほど感度が高くない可能性がある。しかし、24時間内の多数時間帯でのphasic 運動選手と非運動選手の比較に関する我々の成績では、昼夜ともHF成分は運動選手が有意に高かったことから¹⁴⁾、運動選手の迷走神経緊張増強は事実と考えられる。

柔道選手の運動負荷後のHF成分、CVHF値はいずれも有意に大となった。しかし、両値の比較では後者の感度が前者に比べ高く、心拍変動のパワースペクトル解析による迷走神経緊張の評価という点では、CVHF値を求めた方が好ましいと考えられた。

パワースペクトル解析におけるLF成分が交感神経緊張を反映するかしなないかは議論のあるところである。本研究では、運動負荷後、交感神経活動の指標とされるLF/HF比¹⁵⁾は有意に増加したにもかかわらずLF成分はまったく増加せずむしろ減少した。したがって、LF成分は少なくとも交感神経緊張の指標とはならないと考えられた。一方、LF/HF比は運動負荷後有意に増加したことから、交感神経緊張の指標としてLF成分単独よりLF/HF比が勝ると思われた。LF/HF比は柔道選手ではphasic 運動選手に比べ減少傾向、非運動選手に比べ有意に減少していた。このことは、柔道選手における交感神経緊張低下の可能性を示唆する。

若年者におけるスポーツ活動時の突然死を時に耳にする。心筋梗塞など基礎心疾患のある例の突然死は心室不整脈が引き金となることが多い。こ

のような例は迷走神経緊張低下、交感神経緊張増加があるとされる^{3,4)}。動物実験によれば迷走神経活動を高めておくと心室不整脈は発生しにくい⁵⁾が、交感神経刺激中では容易に重症不整脈が発生するという^{16,17)}。すなわち、迷走神経緊張増強は心室不整脈発生を予防し、突然死を起こしにくくする可能性がある。この点を考慮すると、運動選手はむしろ若年非運動選手でも迷走神経緊張は強く¹⁹⁾、少なくとも基礎心疾患がなければ心室不整脈による突然死の可能性は低いと考えられる。

むしろ、若年者の運動後の突然死の誘因には迷走神経過反射による心停止や循環虚脱が考えやすい⁶⁾。本研究では、柔道選手に最大運動負荷を行い、運動負荷終了直後とその10分後の心拍変動解析から、運動後の低下した迷走神経緊張の反射的過緊張の有無を検討した。しかし、運動負荷終了直後とその10分後迷走神経緊張に差はなく、個々の例をみても反射的迷走神経緊張例は1例もなかった。しかし、本研究では症例数は少なく対象も限られていた。よって、この結果をもって、迷走神経緊張の反射的増加による突然死説を否定するものではない。今後、非運動選手も含め、スポーツ活動直後の迷走神経過緊張の有無につき検討を重ねる必要がある。

まとめ

柔道選手は、非運動選手にくらべ、mean RR 間隔、SD、HF 成分は有意に大(各々、 $p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.05$)、LF/HF 比は有意に小($p < 0.01$)であった。一方、phasic 運動選手にくらべ mean RR 間隔は有意に大($p < 0.05$)、LF/HF 比は小の傾向($p = 0.073$)にあった。このことは、柔道選手における安静時の迷走神経緊張増強、交感神経緊張減少を示唆する。

柔道選手では、運動負荷終了直後、mean RR 間隔、SD、HF 成分、CVHF 値は有意に減少(各々 $p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.05$, $p < 0.01$)、LF/HF 比は有意に増大($p < 0.05$)した。しかし、個々の例の検討も含め、その10分後に SD、HF 成分、

CVHF 値が有意に増加することはなかった。このことは、運動負荷で減弱した迷走神経緊張が運動中止で反射的に過緊張状態に陥った例はなかったことを意味すると考えられる。

参考文献

- 1) 日吉俊紀、田中信行：若年スポーツマンの徐脈の発現機序について、自律神経、23：436-440、1986。
- 2) Myers GA, Martin GJ, Magid NM, Barnett PS, Schaad JW, Weiss JS, Lesch M, Singer DH: Power spectral analysis of heart rate variability in sudden cardiac death: comparison to other methods. IEEE Transactions on Biomed Engineering 33: 1149-1156, 1986.
- 3) Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT, Moss AJ, The multicenter Post-Infarction Research Group: Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. Am J Cardiol, 59: 256-262, 1987.
- 4) Rich MW, Saini JS, Kleiger RE, Carney RM, teVelde A, Freedland KE: Correlation of heart rate variability with clinical and angiographic variables and late mortality after coronary angiography. Am J Cardiol 62: 714-717, 1988.
- 5) 田辺晃久、高橋潔、吉岡公一郎、白井和胤、北田守、田川隆介、井出満、兼本成斌、友田春夫、五島雄一郎：肥大型心筋症、拡張型心筋症における心拍変動パワースペクトル解析による自律神経機能評価、日本心電学会誌12：584、1992 (抄録)。
- 6) 川原貢：スポーツ選手における突然死の実態。Therapeutic Res 7: 13-16, 1987.
- 7) Hayano J, Sakakibara Y, Yamada M, Ohte N, Fujinami T, Yokoyama K, Watanabe Y, Takata K: Decreased magnitude of heart rate spectral components in coronary artery disease. Its relation to angiographic severity. Circulation 81: 1217-1224, 1990.
- 8) Sutton JR, Gunning ACJ, Hickie JB, Seldon WA: Control of heart rate in healthy young men.

- Lancet 2: 1398-1400, 1967.
- 9) Sigvardson KE, Svanfeldt E, Kilbon A: Role of the adrenergic nervous system in development of training induced bradycardia. *Acta Physiol Scand* 101: 481-488, 1977.
 - 10) Wheeler T, Watkins PJ: Cardiac denervation in diabetes. *Br Med J* 4: 584-587, 1973.
 - 11) Tanabe T, Iga T, Fukushi H, Goto Y: A new device for detection of postural ST-T changes in ambulatory electrocardiography. *Am Heart J* 109: 187-190, 1985.
 - 12) Tanabe T, Takahashi K, Yoshioka K, Goto Y: Evaluation of disopiramide and mexiletine used alone and in combination for ventricular arrhythmias in patients with and without overt heart disease. *Int J Cardiol* 32: 303-312, 1991.
 - 13) Martin GJ, Magid NM, Myers G, Barnett PS, Schaad JW, Weiss JS, Lesch M, Singer DH: Heart rate variability and sudden death secondary to coronary artery disease during ambulatory electrocardiographic monitoring. *Am J Cardiol* 60: 86-89, 1987.
 - 14) 田辺晃久、寺尾保、中野昭一：若年スポーツ選手の心拍変動 Power Spectral Analysis による自律神経機能の評価、東海大学スポーツ医科学雑誌 5 : 44-49、1993.
 - 15) Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, Sandrone G, Malfatto G, Dell'Orto S, Piccaluga E, Turiel M, Basselli G, Cerutti S, Malliani A: Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circ Res* 59: 178-193, 1986.
 - 16) Kolman BS, Verrier RL, Lown B: The effect of vagus nerve stimulation upon vulnerability of the canine ventricle: role of sympathetic-parasympathetic interactions. *Circulation* 52: 578-585, 1975.
 - 17) Rabinowitz SH, Verrier RL, Lown B: Muscarinic effects of vagosympathetic trunk stimulation on repetitive extrasystole (RE) threshold. *Circulation* 53: 622-627, 1976.

リラクゼーションに関する 精神生理学的研究:

—音楽と心身のリラクゼーション (その2)—

白倉克之 (医学部精神科) 小林信三 (多摩大学総合研究所)

森本 章 (医学部精神科) 伊賀富栄 (医学部精神科)

篁 一誠 (医学部精神科) 寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理学科)

今村義正 (体育学部社会体育学科) 小村渡岐磨 (体育学部体育学科)

中野昭一 (医学部生体構造機能系生理学科)

A Psychophysiological Study on Relaxation

—Music and Relaxation (Part 2)—

Katsuyuki SHIRAKURA, Shinzo KOBAYASHI,

Akira MORIMOTO, Tomiei IGA,

Issei TAKAMURA, Tamotsu TERAU,

Yoshimasa IMAMURA, Tokimaro OMURA

and Shoichi NAKANO

Abstract

In the previous report, we pointed out the possibility that EEG and SPL can be a useful physiological indicator as a method to objectively evaluate the influence of musical stimulation on the living body. We also reported the influence of musical stimulation can be classified into several patterns according to the mode of reaction of living body to EEG and SPL, and discussed matters to be considered in evaluating the influence of musical stimulation on the living body.

In the study this time, we analysed EEG from various angles and found that the differences in the influence of the "comfortable music" and "uncomfortable music" on EEG can be evaluated quantitatively to some extent, so we report and discuss our findings together with changes in the reaction pattern of SPL.

はじめに

近年医療の臨床現場のみならず、健康の保持増

進や心身のリラクゼーションを獲得する方法として音楽を利用する場面が多くみられる。確かに音楽が人間に心に働きかけ、心身のバランスを調節するのに大いに役立つという事実は、古来、経験

的によく知られていることである。しかし、その作用機序については、現在においても未だ明確ではなく、依然として“ブラックボックス”に包まれたままである。行動論的な立場から音楽という刺激を受けた時、いったい生体の中ではどのような反応が起こっているのだろうか？

本研究では、実験条件として「快感音楽」、「不快音楽」を用い、「快感」、「不快」という相反する情動条件を呈示することにより、音楽刺激が生体に与える曖昧で多義的な諸作用をより明確に捉えることを試みている。前報¹⁾にて、音楽刺激が生体に及ぼす影響を客観的に評価する方法として、脳波 (EEG)、および皮膚電位水準 (SPL) が有用な生理学的指標に成り得る可能性があることを報告した。また同時に、EEG、SPLに対する生体の反応形態により、幾つかのパターン分類が可能であることを報告し、音楽刺激が生体に与える影響を評価する上で考慮すべき点について、若干の考察を加えて提案した。今回、主としてEEGについて種々の解析方法を試みたところ、「快感音楽」及び「不快音楽」刺激がEEGに与える影響の差異を、定量的に評価できることが判明したので報告する。

研究対象及び研究方法

対象：健康な大学生（医学部オーケストラ音楽部所属）10名である。その内訳は、男性4名、女性6名であり、年齢分布は20—33歳であった。

提示音楽：「快感音楽」として被験者が各自持参した「好みの音楽」を用いた。「不快音楽」としては、実験者が用意した「現代音楽」（朴在烈作曲、シンフォニーNo.2）を用いた。この不快音楽の選定に当たって、予備学生ボランティア（126名）を用いた予備実験を行い、85%の人が不快と感じた音楽を「不快音楽」とした。更に、「快感音楽」の対照音楽として、いわゆる α 音楽として知られる喜多郎作曲「天界」（以下「対照音楽」と記す）を用意した。なお、「快感」の定義としては、被験者の主観的な感覚に求め、「快感を感じる」、「わくわくする」、「生き生きする」、「心地よい」等の感

じを持つ音楽を、被験者の「好みの音楽」として選択してもらい、「快感音楽」とした。

実験条件：半防音室にて安楽椅子（ボディソニック社製：ボディソニックプラス1）に座らせ、各音楽を好みの音量、好みの音質で5分間ずつ聴かせ、同時に各種生理学的情報をポリグラフに記録した。生理学的指標には、脳波 (EEG)、心電図 (ECG)、血圧 (BP)、呼吸数 (Resp)、脈拍数 (HR)、眼球運動 (EOG)、末梢皮膚温 (PT)、皮膚電位水準 (SPL) を選択した。実験は、すべて安静閉眼状態で行った。被験者のうち9名については、日を改めて2回目の実験を行った。各実験終了後、各音楽について内省報告を質問形式で聴取した。

生理学的データの記録：EEGは14チャンネル脳波計（日本光電社製：EEG-4214）を用い、10/20国際式電極配置法により頭皮上13部位から両耳朶連結を基準電極とする単極導出法で記録した。ECGは第1誘導をとり、これを基にR-Rトレンドグラムを記録した。BPはフィナプレス2300（オメガ社製）を用い、右手中指より測定した。Respは胸郭の動きを抵抗変化として捉える方法（自製）で記録し、EOGは左右の眼窩外側の上下1cmの場所に電極を置き、上下方向・水平方向の運動を測定した。PTは右手手掌中央部にサーミスターを固定して測定し、SPLは銀塩化銀電極を用いて左手手掌中央に陽性電極を置き、ここより15cm離れた前腕部に陰性電極を置き、直流増幅器によって記録した。EEG、ECG以外の生理学的指標及び音楽波形の記録にはポリグラフ記録器（NEC三栄社製：360システム）を用いた。また、これらの生理学的情報はデータレコーダ（TEAC社製：XR50L及びMR-30）に記録した。

EEGデータの解析：医用コンピュータ（日本電気三栄社製：DP1100）を用い、パワースペクトル分析を行った。分析周波数は0.6~40Hzとし、帯域別分析では、 δ 帯域（2.0~3.8Hz）、 θ 帯域（4.0~7.8Hz）、 α 1帯域（8.0~9.8Hz）、 α 2帯域（10.0~12.8Hz）、 β 1帯域（13.0~19.8Hz）、 β 2帯域（20.0~30.0Hz）とした。EEGは10秒毎にサ

ンプリングしてパワースペクトルを求めた。従って5分間のEEGでは30本のスペクトル列のデータが得られる。これらのデータはフロッピーに保存され、これを基にパワーアレイ表示、マッピング表示を行った。またFz、PzのEEGについてパワーアレイより帯域別パワー値を算出し、平均値、変動係数及び安静時に対する各音楽聴取時のEEGの変化率を求め、安静時及び各音楽聴取時のEEG変化について検討した。

研究結果

[1] SPLのレスポンスの解析について

2種類の音楽刺激に対して、SPLがレスポンスするものと、レスポンスしないものの2つの類型パターンが、視覚的に観察された(図1)。また、SPLのレスポンスを見ると、ゆっくり変動する成分と比較的速く変動する成分がみられたが、速い成分は微分回路を介在させることによりより明確に変動の様子が観察されている。SPLの変化量、変化速度についての定量的解析法については、現在検討中であり、いずれ報告する予定である。

[2] EEGの周波数解析について

1. 分析データのサンプリングのタイミング

実験に先立ち、EEGデータをサンプリングするタイミングについて検討した。5分間の音楽提示中のEEGを、便宜上前半、中盤、後半の3つの時間帯に分けて検討した(図2)。各周波数帯域の安静時のパワーを基準としてその変化率を比較したところ、音楽聴取時の中盤から後半にかけてパワースペクトルの変動が大きく、なかでも α 帯域における変化率が他の帯域に較べ比較的大きいという結果が得られ、この時期がサンプリングのタイミングとして良好であることが判明した。

2. 「快感音楽」及び「不快音楽」聴取時のEEGの変化

安静時のパワースペクトル値をそれぞれ100として、「快感音楽」、及び「不快音楽」聴取時のEEGの各周波数帯域の値を示した(図3)。「快感音楽」に対して、 $\alpha 1$ 減少、 $\alpha 2$ 上昇、 β とくに $\beta 2$ の上昇がみられ、賦活的に反応していることが判明した。これに対し、「不快音楽」では、 α 、 β いずれも減少し、またトータルパワーの大幅な減少を示し、脳の活動水準が低下していることが推定され、両音楽刺激に対するEEGの挙動の相違が明確に示された。

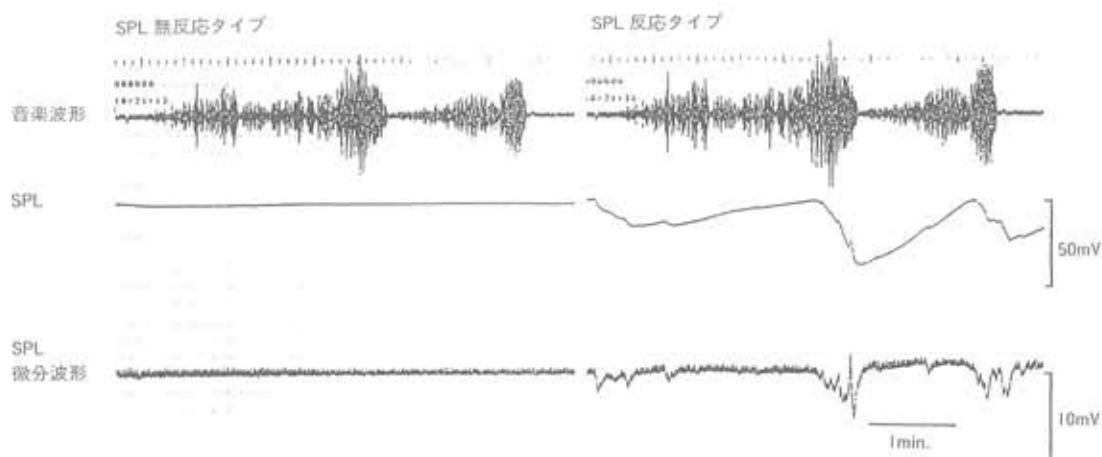


図1 SPLの反応様式

Fig. 1 Two types of the SPL reaction pattern to the music stimulation.

3. SPLタイプ分類と、EEGの周波数特性

前報¹⁾にて、SPLに対する反応形態から、「快感音楽」、「不快音楽」の両音楽にレスポンスするタイプ1（全反応型）、「快感音楽」にレスポンスするが、「不快音楽」にはノーレスポンスのタイプ2（反応/抑制型）、「快感音楽」にはノーレスポンスで、「不快音楽」にはレスポンスするタイプ3（抑

制/反応型）、「快感音楽」、「不快音楽」の両音楽にノーレスポンスのタイプ4（無反応型）と、4つの反応類型に分類した。本研究では、各SPLタイプ分類に属する被験者のEEGの帯域別パワースペクトルをみたところ、以下のような特徴が1、2、4のタイプでみられた（図4上、中、下）。尚、タイプ3については、今回1例のみであったので検討を控えた。

安静時パワーを基準とする変化率(%)

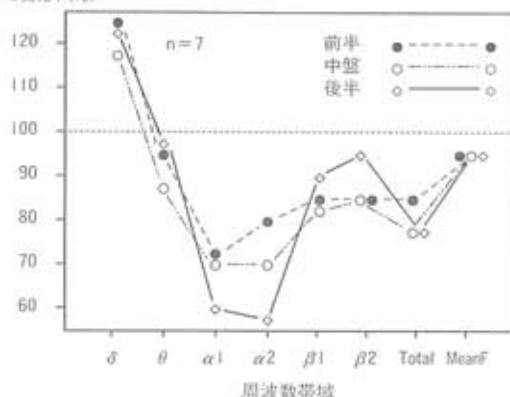


図2 サンプリングのタイミングとEEG変化率

Fig. 2 A study on sampling time of the changes in EEG power-spectrum: The first trisection was indicated by the interrupted line with solid circles, the second trisection by the chain line with open circles, the third trisection by the solid line with open square.

安静時パワーを基準とする変化率(%)

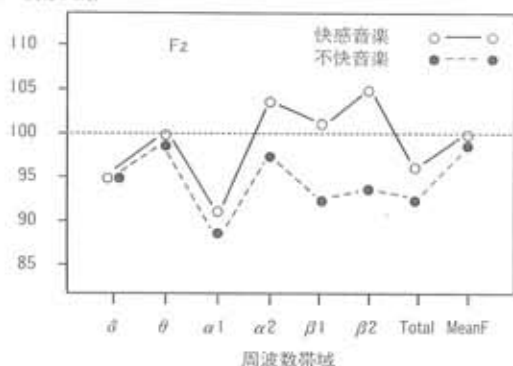


図3 音楽聴取時のEEG変化(全例の平均)

Fig. 3 The changes in averaged power-spectrum under the influence of the comfortable music and uncomfortable music. The results under the comfortable music was indicated by the solid line with open circles, the results under the uncomfortable music by the interrupted line with solid circles.

• タイプ1: 「快感音楽」、「不快音楽」のいずれの音楽に対しても、EEGの変化の推移は同様な傾向を示した。

すなわち、 $\alpha 1$ の増加、 $\alpha 2$ の減少、 β はあまり顕著な増減がないというリラクゼーション時の一般的なパターンを示した（図4上）。

• タイプ2: 「快感音楽」、「不快音楽」に対して、より能動的にそれぞれ反対のレスポンスを示した。

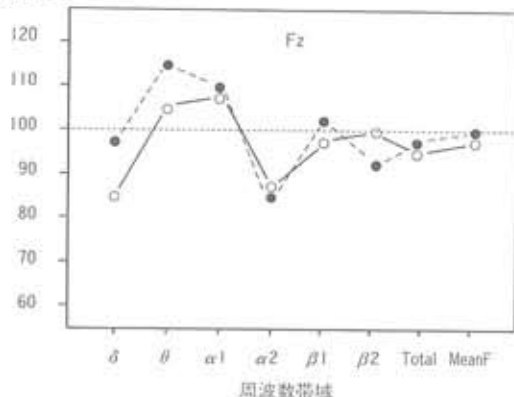
すなわち、「快感音楽」では、 $\alpha 1$ 減少、 $\alpha 2$ 上昇、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 共に上昇という典型的な安静で注意集中していることを示したが、他方、「不快音楽」では、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ のいずれも減少傾向を示し、またトータルパワーも減少を示しており、このことから「不快音楽」では、脳の活動自体の低下を示し、覚醒水準が低下しているものと推定された（図4中）。

• タイプ4: 「快感音楽」及び「不快音楽」のいずれの音楽刺激に対してもレスポンスしているのが観察された。

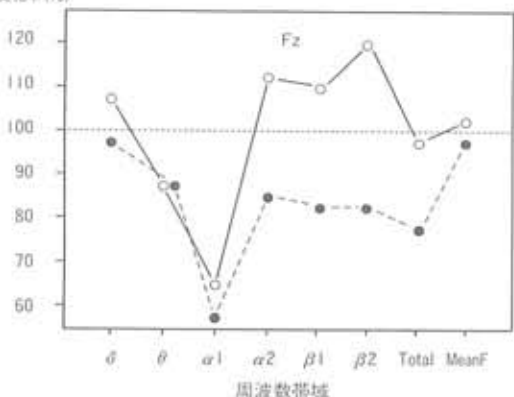
α 活動に関しては、両音楽とも、 $\alpha 1$ が減少傾向、 $\alpha 2$ が増加傾向を示し、何らかの注意精神集中をしていると判断できる。 β 活動に関しては、「快感音楽」では、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ ともに、やや増加傾向を示しており、ある種の精神活動を示している。一方「不快音楽」ではともに減少傾向を示し、またトータルパワーも減少を示し、精神活動が低下しているという対照的な反応パターンを示した。

基本的にはEEGのパワースペクトルの推移はタイプ2に類似しているが、むしろ両音楽刺激に対して、EEGは強いレスポンスをして

1 静時パワーを基準とする変化率(%) : タイプ1



2 静時パワーを基準とする変化率(%) : タイプ2



3 静時パワーを基準とする変化率(%) : タイプ4

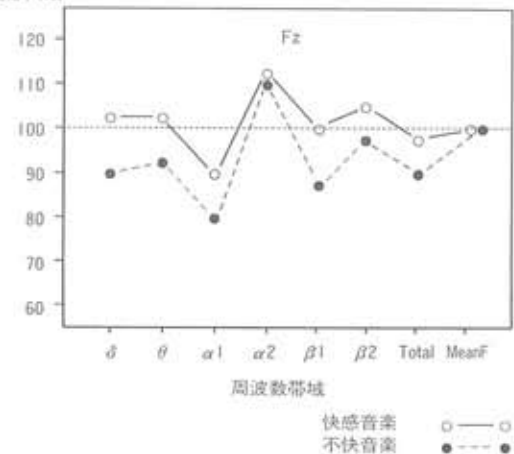


図4 SPLタイプ分類とEEG変化の関係

Fig. 4 The relation between the types of the SPL reaction pattern and the changes in EEG power-spectrum; upper figure shows Type 1, middle figure Type 2, lower figure Type 4. The results under the comfortable music was indicated by the solid line with open circles, the results under the uncomfortable music by the interrupted line with solid circles.

いることを示している(図4下)。

考 察

音楽が生体に及ぼす生理学的影響を如何に定量的に扱うか、というテーマは、とりわけ、音楽を生体に対する提示刺激と捉える場合には重要である。生体にある刺激を与えることにより、生体の持っているホメオスタシスに働きかけ、セルフレギュレーションを促したり、またリラクゼーションを獲得するという目標を達成するためには、提示刺激が生体に与える諸作用について、質と量との両面からの基礎的理解が必要であるからである。

前報¹⁾にて、生体に与える生理学的な影響を種々の生理学的指標を用いて検討したところ、音楽刺激が生体に及ぼす影響を客観的に評価する方法として、EEG及びSPLは考慮すべき生理学的指標に成り得る可能性があることを報告した。今回、SPL及びEEGの変動に関する定量的な評価方法について、若干の検討を行った。

[1] SPLの変化について

SPLは、生体の精神活動に対応して生じる自律神経系の反応の指標となることが知られており、情動の変化をとらえる目安として利用されていて、音楽刺激に対する生理的表出を評価する手法として用いた研究が数多く報告されている^{2,3,4)}。

今回、提示音楽の内容とSPLの変化を解析したところ、リズム、メロディの変ったところ、またテーマ前後の部分にSPLの変化が多く起こっていることが観察され、音楽に対するレスポンスは極めて早く、SPLチャート上の著明な変化として視覚的に捉えることが可能であった。しかしながら、「快感音楽」と「不快音楽」の質的差異をSPLの変化として評価することはできなかった。データの解析方法を検討することが今後の課題の1つであると考えている。

[2] EEGの変化について

音楽刺激がEEGに及ぼす影響は、種々な視点よ

り研究されているが^{5,6,7,8)}、音楽刺激に伴うEEGの変化には個性があり、また同一個人であっても環境条件によって反応が異なるなど、反応に必ずしも一定性がなく⁹⁾、EEGの変動は多様であり、観察されたEEGの変化が音楽刺激に対する直接的な対応であるか否かが、容易に判断できないという困難さがある。そこで今回、音楽を聞いた時の生理学的反応の総和として、我々が感じる「快感」、「不快」を共通の「尺度」として用い、「快感」、「不快」という相反する情動変化を基準としてEEGの反応を見ることを試みた。

(1) 「快感音楽」、「不快音楽」及び「対照音楽」に対するEEGのレスポンス特性に関して

生体が音楽刺激を受けるということは、「快感音楽」、「不快音楽」、「対照音楽」のいずれであれ、全周波数帯域のEEGパワーが減少する方向に反応という現象としてとらえられた。

しかしながら、安静時のEEGパワースペクトルを基準として、各周波数帯域毎のパワースペクトルを検討したところ、「快感音楽」と「不快音楽」とでは、まったく逆のレスポンスを示すことが判明した。すなわち、SPL上からは「快感音楽」、「不快音楽」の反応の差異について質的な区別をつけることはできないが、EEG上からは、「快感音楽」に反応するということは、 $\alpha 1$ の減少と $\alpha 2$ の増加、及び β 域の増加、特に $\beta 2$ の増加として観察され、この現象は一般に精神的に平静ではあるが、注意の集中がみられ、脳の活発な精神活動状態を示していることになる。

一方、「不快音楽」に反応するということは、 $\alpha 1 < \alpha 2$ と、やや緊張の指標を示しているが、 $\alpha \sim \beta$ の全周波数帯域にわたりパワースペクトルが減少するという、一般に脳の活動の低下を示唆する現象として特徴的であった。

三宅ら⁹⁾も「不快音のEEGに及ぼす影響」の研究の中で、不快音の提示により、 α 波の減少、徐波成分の出現することを報告しており、⁹⁾これは不快音に伴う覚度 (vigilance) の変化など複雑な反応が反映されたためと考えられる⁹⁾としている。脳の活動の低下という現象は、意識的であれ無意識的

であれ、ある種の感覚遮断が脳のレベルで行われて、結果的には覚醒水準を低下させると仮定することも可能である。即ち、覚醒水準、或いはvigilanceを下げるということで、外界に対する認知水準を下げ、生体が不快な状況に対応するという一種の防衛的なメカニズムが働いているとも解釈しうる。

一方今回はデータを示さなかったが、「対照音楽」への反応の形態を観察したところ、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ のパワーはいずれも著明に減少を示し、量的な差異はあるものの、「不快音楽」の場合と同様なEEGの反応パターンを示した。「対照音楽」に対する内省報告が、「漂っている」、「開放されている」、「リラックスする感じ」、「眠くなる感じ」という「心地好さ」を表現していることと考え合せると、この場合は「不快音楽」でみられたような外界に対する認知水準を下げることによって感覚遮断を行っていることを示しているのではなく、むしろリラックスしているという意味での受動的な覚醒水準の低さを示していると考えられる。「リラクゼーション」で得られる覚醒水準の低下は、drowsinessとは異なっているとの報告もあり¹⁰⁾、EEGからみた覚醒水準の低下という現象は多様な側面を持ち、如何なる意義をもつかは興味深く、今後の大きな課題といえよう。「快感音楽」に対する内省報告が、「快感を感じる」、「わくわくする」、「心地好い」と合せて考察すると、「快感音楽の対照音楽」は心地好さの異なった状態と考えられ、「快感音楽」には質の異なった状態があるのではないかということが示唆された。

(2) SPL反応タイプ分類に対するEEGの変化について

SPLの3つの反応タイプに対して、周波数分析を行ったところ、下記のような特徴が示された。タイプ1のSPL全反応タイプの被験者は、EEG上からも「快感音楽」、「不快音楽」のいずれの音楽刺激に対しても共通するポジティブなレスポンスを示した。タイプ2のSPL反応/抑制タイプの被験者は、「快感音楽」にはポジティブにレスポンスしているが、「不快音楽」に対しては抑制的であっ

た。タイプ4のSPL無反応タイプの被験者は、EEG上からみると、 $\alpha 1$ の減少、 $\alpha 2$ の増加とSPL全反応タイプのレスポンスとは反対であるが、「快感音楽」、「不快音楽」のいずれにもポジティブにレスポンスしていると推測できる。

一般にSPLは大脳辺縁系や視床下部などの情動活動を反映しており、EEGは新皮質や脳幹網様体などの知的・思考活動や意識水準を反映していると考えられており、この点よりこの結果をみるとSPLに反応/抑制タイプは、EEG上でも「快感音楽」にはポジティブに、「不快音楽」に対しては抑制的に反応しており、情動反応と知的・思考反応が同調してレスポンスしていると解釈できる。また、SPLに全反応タイプと無反応タイプは、両音楽に対するEEGの推移からみると、同様にポジティブに反応しているが、全反応タイプは情動反応と知的・思考反応が同調してレスポンスしているが、無反応タイプは情動反応と知的・思考反応が同調していないと推測することも可能である。

(3) 音楽刺激を受ける水準の考え方

今回得られた結果は、音楽刺激を受ける生体の水準について、EEGを指標とした知的・思考水準と、SPLを指標とする情動水準の2水準の存在を示唆している。この水準の考え方を、スポーツ医学におけるリラクゼーションと注意集中について当てはめて考えてみることは興味深い。

すなわち、試合の成否は、リラクゼーション-注意集中-リラクゼーションがいかにかスムーズに行われるかによって左右されるが、その場合、リラクゼーション-注意集中が知的・思考水準で起こっているのか、それとも情動水準で起こっているのかを評価することは有用なことと思われる。リラクゼーションと精神集中の本体についての実証的研究は今後の研究を待たなければならないが、今回の得られた結果がこの点についての解明の手掛かりとなると考えられる。

むすび

EEGの各周波数の増減の解釈は種々なものが

あり、必ずしも統一的な見解が得られているわけではないが、先人の研究の幾つかを参考にして、これからの作業仮説を含めて考察してみた。音楽刺激に対するSPLとEEGの反応性を、質的、量的の両側面から検討することは、生体のセルフレギュレーションや、リラクゼーションを考える上で有用な指標となると思われる。特に、EEGの周波数解析はその評価に有効な手段であると思われるが、2次元的解析法の定量的な表示法が可能になれば、更に有用性が増すことと考えられる。

参考文献

- 1) 白倉克之、森本章、小林信三他：リラクゼーションに関する精神生理学的研究—音楽と心身のリラクゼーション（その1）。東海大学スポーツ医科学雑誌、5：9-16、1933
- 2) Henkin, R. I.: The prediction of behavior response patterns to music; A reevaluation of a factorial study of the components of music. J. Psychol, 44: 111-127, 1957
- 3) 泉山中三：環境音楽。環境衛生、9(7)：1962
- 4) Zimny, G. H. & Weidenfeller, E. W.: Effect of music upon GSR and heart-rate. American Journal of Psychology, 76: 311-314, 1963
- 5) 河野貴美子、横山聡、品川嘉也：音楽における大脳半球機能優位性。日本芸術療法学会誌、21(1)：147-154、1990
- 6) 緒方茂樹：音楽鑑賞時の脳波変動。脳波と筋電図、17(1)：20-28、1989
- 7) 辻陽一、長沢一之、糸井節：2種類の音楽鑑賞時における α 波周波数の比較。脳と精神の医学、2：317-321、1991
- 8) 貫行子：音楽の生体に及ぼす影響。騒音制御、11：112-117、1987
- 9) 三宅晋司、田中豪一、斎藤和雄：不快音の脳波に及ぼす影響。日衛誌、39(2)：523-534、1984
- 10) 緒方茂樹、柿沼日和：音楽鑑賞時の精神生理学的研究—楽曲がもつ音圧変動と意識状態—。脳と精神の医学、2(1)：309-315、1991

大学アメリカンフットボール選手の “Burner syndrome”

安部 総一郎 (医学部整形外科) 有馬 亨 (医学部整形外科)

戸松 泰介 (医学部整形外科) 山路 修身 (医学部整形外科)

林 博史 (医学部調達科) 中沢 一成 (体育学部体育学科)

Burner syndrome in American Football Players of University

Soichiro ABE, Toru ARIMA,
Taisuke TOMATSU, Osami YAMAJI,
Hiroshi HAYASHI and Kazunari NAKASAWA

Abstract

We had inquired of the football players in Tokai university about the Burner syndrome. 29 of 75 players who experienced Burner syndrome. In according to increase of experience, players had Burner syndrome who were tending to increase. 5 of 29 had sever Burner syndrome.

Key Word: Burner syndrome, Injury mechanism, American football

はじめに

アメリカンフットボールの練習や試合において、頭部や肩にコンタクトを受けた際、選手は肩や上肢に放散する痛みやしびれを感じるが多々ある。選手は「電気がおきた」などと表現するが、アメリカンフットボールの発祥の地であるアメリカでは、灼熱感のある痛みという意味でそれを Burner pain と呼んでいる。

Burner syndrome (バーナー症候群) とは相手選手と激しく頭や肩がぶつかった時、頭部から上

肢にかけて Burner pain が発生し、時には、さらに一時的に腕が動かなくなったり、感覚がなくなったりする状態を総称して言う。

昨年、東海大学アメリカンフットボール選手で、約3ヵ月間肩関節の挙上と外転が不可能となった重症の Burner syndrome を我々は経験し、Burner syndrome に対し再認識することになった。今回、東海大学アメリカンフットボール部の選手全員に対し Burner syndrome についてのアンケートを行い、その実態を調査し、文献的考察を加えて報告する。

対象及び方法

対象は東海大学アメリカンフットボール部の選手75名で、1993年春シーズン後、部員全員に Burner syndrome について表1の内容のアンケートを行った。

結 果

年齢は18歳から22歳平均20歳、アメリカンフットボール歴は平均3年であった。Burner の経験者は選手全体の39%、29名であった。アメリカンフットボール歴と Burner との関係は、アメリカンフットボール歴が増えるに従い Burner 経験者も増える傾向にあった(表2)。アメリカンフットボール歴1年未満の選手17名は、大学に入ってからまだ本格的な当たりをさせてもらえない選手であるため、これら17名を選手総数から除いた Burner 経験者は、58名中29名、50%に達した。この29名のポジション別割合は(表3)のようになり、常

にぶつかり合う Offensive Line (OL), Defensive Line (DL)が高率となった。Burner の経験回数は1回または2回の選手は少なく、3回以上が23名と多かった。さらに7回以上の頻回の経験者は9名にも及んだ。これをポジションで比較すると、OLは7回以上の経験者が4名に認められ(表4)、最も受傷しやすいポジションといえる。症状の続いた期間は、数秒から数分の短いものは20名67%とほとんどで、2週間以上の重症例は5名17%であった。受傷当日の試合または練習への復帰状況は24名が復帰、7名が復帰できなかった。Burner が発生した時の受傷部位は、判明しているもので、肩が28名(57%)、頭が21名(43%)と肩に相手が当たったの発症が多かった(図1)。発症時の頸椎の位置は、判明しているもので側屈が17名と多く、屈曲7名、伸展8名と屈曲伸展ともほぼ同数であった。受傷部位と症状の出た部位との関係は、図2のごとくで、受傷した肩と同側の上肢に症状のする腕神経叢の圧迫 compression type(過去の論文では、腕神経叢の stretch type に入れることが多い)が最も多く、18例50%に認め

表1 アンケート内容

1. 学年、アメリカンフットボール歴、ポジション
2. burnersyndromen の経験の有無
3. 経験回数
4. 相手選手とぶつかった部位
5. 痛みの出た部位の左右別
6. 受傷時の頸椎の位置
7. 受傷当日の試合、練習への復帰の有無
8. 痛み、しびれ、脱力の持続した期間
9. 再発予防の工夫

表2 アメフト歴と Burner との関係

アメフト歴(年)	0~1 未満	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8
経験あり	0名(0%)	0(0)	5(83)	6(40)	6(60)	8(80)	3(75)	1(100)

表3 Burner とポジションとの関係(アメフト歴1年未満を除く)

ポジション	OL 8名	RB*(TE)11	WR**(QB)11	DL 9	LB 10	DB 9
経験あり	7(88%)	4(36%)	4(36%)	7(78%)	4(40%)	3(33%)

*TEをRBの中に入れた **QBをWRの中に入れた

表4 ポジション別 Burner 経験回数

	1～2回	3～4	5～6	7回以上
OL	0	2	1	4
RB	0	1	1	2
WR	2	1	0	1
DL	2	1	3	1
LB	1	1	2	0
DB	1	0	1	1
	6	6	8	9(名)

られた。頭部の側面に受傷し、頸部が引き伸ばされ、伸ばされた方の肩、上肢に症状のである腕神経叢の stretch type は6例17%に見られた。このふたつの stretch type を合わせると67%となる。また、頭部にコンタクトを受け頸部が側方あるいは、後側方に過度に屈曲されたために神経根が impingement されるタイプは9例24%に認められた。

考 察

今回の調査では Burner syndrome が3ヵ月以上続いた例は見られなかったが、2週間以上続いた重症例(Clancy¹⁾の分類で Grede 2) が5例17%に認められた。この5例の受傷状況を検討すると、肩にコンタクトを受けその同側の上肢に症状が出る stretch type は2例40%で残り3例60%は、頭部にコンタクトを受けて神経根が impingement される type であった。Burner syndrome 経験者全体の impingement type と stretch type の比率と重症例のその比率では、値が逆転していた。症例が少ないので言及はできないが、重症例では impingement type が多いことが予想される。もし、impingement type で神経孔に骨棘などによる狭小化が出現していたら、症状は重症化することが考えられる。これらの結果は Burner syndrome の重症例を検討した福井²⁾らの報告と類似していた。また、福井らは、腱反射の低下が半数以上にみられるなど、重症例に神経学的異常を指摘している。

Burner syndrome はアメリカンフットボール

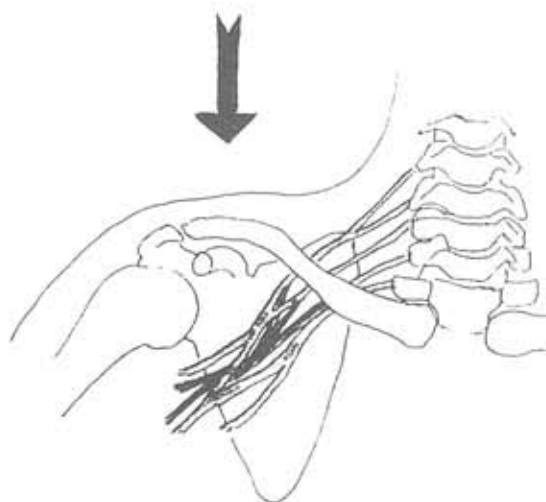
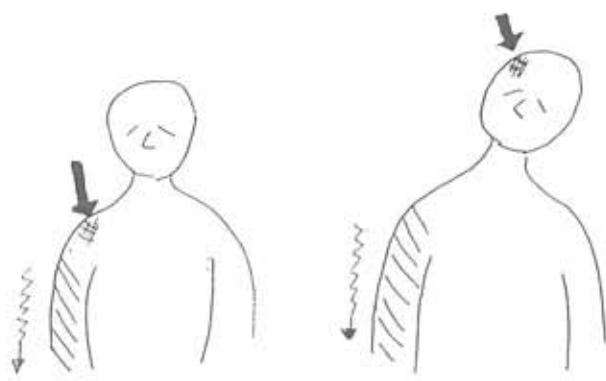


図1 肩にコンタクトされ、腕神経叢の圧迫または、肩が押し下げられて、腕神経叢の牽引(stretch)により、Burner が発生することが多い

選手にとって日常茶飯事な障害であるが、今回の調査結果より、中には重症例も存在し問題である。重症例は腕神経叢の牽引による発生よりも、頸椎神経孔での神経根の impingement によるものが多いのではなかろうか。重傷例の頸椎の精査を今後行い、検討していきたい。また、アメリカンフットボールの競技特性により、再発はしかたがない向きもあるが、再発予防に関して、頸部周囲筋の強化、図3のような頸部が過度に側屈、伸展しないような装具を着用することが少しでも Burner syndrome の発症と重症化を防ぐのに効果があると考えている。

結 語

- 1 東海大学アメリカンフットボール選手に対して Burner syndrome についてアンケート調査を行った。
- 2 Burner syndrome は DL、OL の選手に多く発生し、特に OL の再発率が高かった。
- 3 Burner syndrome の重症例は、選手生命に関わる問題であり、再発予防が重要である。



Stretch type
(24名 67%)

18例

6例



Impingement type
(9名 24%)

3例



5例



1例



その他の type

1例



2例

図2 受傷部位と受傷肢位と症状の出現した部位との関係



図3 頸椎が過度に側屈伸展しないような頸椎装具

参考文献

- 1) Clancy, W. J: Upper trunk brachial plexus injuries in contact sports, *Am, Journal of Sports Medicine* 5-5; 209-216, 1977
- 2) 福井尚志ら：アメリカンフットボール選手の Burner syndrome—重症例の検討—、*日本整形外科学会誌*13-1：17-24、1933
- 3) 古東司朗：関西大学アメリカンフットボール部員に見られた burner pain、*日本整形外科学会誌*12-1：219-222、1993

投擲選手の等速性筋力について

小河原慶太 (体育学部非常勤助手)

古谷 嘉邦 (体育学部体育学科)

石田 義久 (体育学部体育学科)

Specificity of Isokinetic Strength in Throwers

Keita OGAWARA, Yoshikuni FURUYA,
Yoshihisa ISHIDA

Abstract

The purpose of this study was to examine isokinetic strength in throwers. The subjects were nine throwers with four put-shotters, four discus-throwers and a javelin-thrower.

The method of conducting the experiment was measuring the peak torque at the knee extension, the elbow extension, the shoulder abduction and the shoulder horizontal adduction in four specific speeds (60, 180, 300 and 500 deg./sec.) with the MERAC system. (Universal Gym Equipment, Inc.)

The results were as follows:

- 1) When the speed of movement increased, the peak torque at knee and elbow extension decreased. This was not, however, identified in other actions
- 2) When the speed of movement increased, the difference in peak torque at knee and elbow extension of different subjects decreased.
- 3) Regardless of the speed of movement of the elbow extension, the peak torque of the put-shotters and the javelin-thrower was larger than in discus-throwers.

I 目 的

投擲競技においては、投擲物の初速がその成績に大きな影響を与えている。特に砲丸投げは空気抵抗の影響が比較的少なく、初速が成績を大きく左右すると云っても過言ではない。

大きな初速を投擲物に与えるためには、投動作中により大きな加速を与えなければならず、 $F=ma$ の関係から結局は大きな力を投擲物に加えなければならない。

筋肉は張力と速度関係に見られるように、収縮速度が速くなれば発揮される力は小さくなる。投動作の初期は極めて遅い速度であるが、次第に速度を増しリリース付近において最大の速度となる。したがって投擲物の初速を速くするためには、すばやい動きにおいても大きな力を発揮しなければならない。この大きな力を発揮するための原動力はいうまでもなく筋の収縮力である。

従来行なわれているスポーツ選手の Isokinetic Strength に関する研究は膝関節に関するものが多く^{2,5,9,10,11,13,14,15)}、上肢について報告されたもの

は数少ない^{1,3,4,6,7,12)}。そこで本研究は投擲選手の上肢および下肢の等速性筋力の特徴を検討することにした。

II 方 法

被検者はT大学陸上競技部の投擲選手男子9名であった。表1に示すように砲丸投げを専門種目とするもの4名、円盤投げを専門種目とするもの4名、槍投げを専門種目とするもの1名であった。

各被検者の身体的特性および競技成績は、表1に示した通りである。

本研究では筋力測定装置 MERAC (米国ユニバーサル社製) を用いて、等速性筋力の測定を行なった。測定速度および順序は60deg/sec、180deg/sec、300deg/sec、500deg/secであり、各速度ともそれぞれ3回連続して行ない、その最大値をピー

表1 各被験者の身体的特徴および競技成績

Table 1 Physical characteristics and best records of subjects.

	専門種目	氏名	(cm) 身長	(kg) 体重	(m) 最高記録	さき手
1	砲丸投げ	T.K.	181.0	91.0	15.24	R
2	砲丸投げ	N.Y.	180.0	80.0	15.26	R
3	砲丸投げ	M.H.	180.0	97.0	14.36	R
4	砲丸投げ	H.H.	180.0	97.0 <td>15.53</td> <td>R</td>	15.53	R
5	円盤投げ	K.I.	180.0	90.0	43.86	R
6	円盤投げ	M.Y.	177.0	80.0	39.78	R
7	円盤投げ	T.N.	181.0	90.0	45.98	R
8	円盤投げ	S.T.	177.0	80.0	45.00	R
9	やり投げ	T.T.	181.0	81.0	67.24	R

クトルクとした。

測定項目ならびに測定方法は次の通りである。

1) 膝伸展トルク

左右の膝伸展力については図1-aの如く椅座位をとらせ、足首を入力アームに固定し、膝関節90

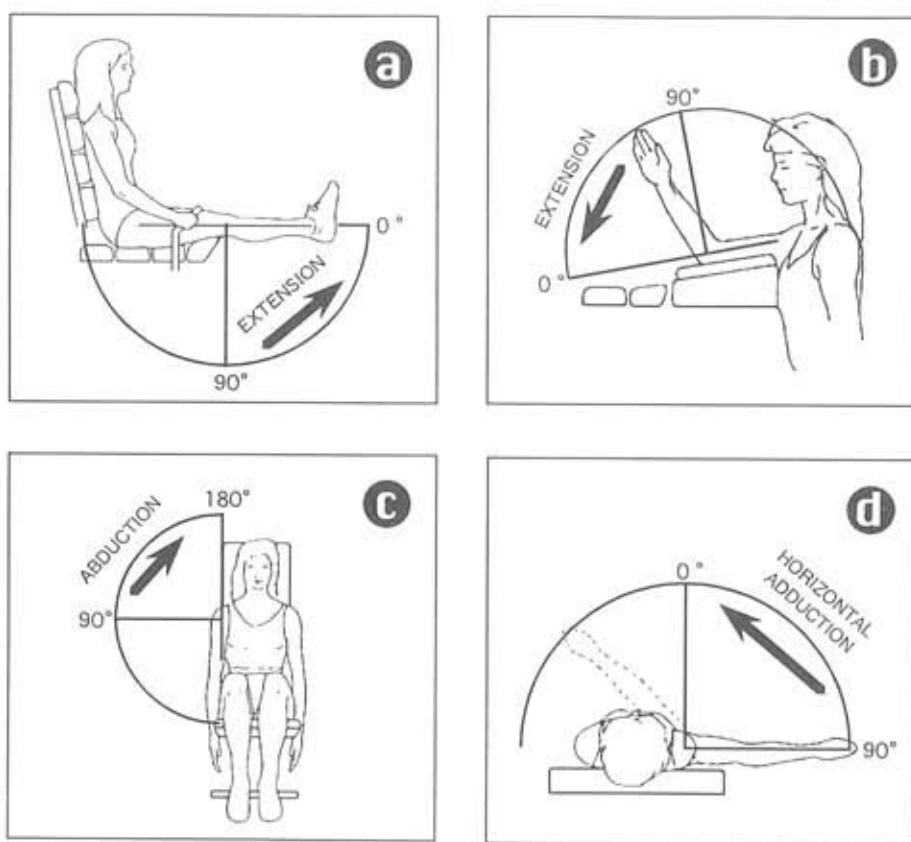


図1 各測定項目と運動様式

Fig. 1 Subject setups and calibrate positions

度の屈曲位から全力で完全伸展させた。

2) 肘伸展トルク

肘の伸展力については、図1-bの如く椅座位をとらせ、手首を入力アームに固定し肘関節を十分屈曲させた位置から全力で完全伸展させた。

3) 肩外転トルク

上肢の外転力に関しては図1-cの如く椅座位をとらせ、上肢のほぼ水平位から垂直位まで全力で外転させた。

4) 肩水平屈曲トルク

上肢の水平屈曲力は図1-dの如く仰臥位をとらせ、上肢のほぼ水平位から垂直位まで全力で水平屈曲させた。

III 結果と考察

1 膝伸展トルクについて

各動作速度における膝伸展時のピークトルクを図2に示し、それを体重比で示したのが図3である。すべての被検者が動作速度が速くなるにしたがって、ピークトルクは減少した。この傾向は動作速度が増加するにつれ、発揮できる力が低下していくことを示す筋力-速度関係を裏付けるも

のであり、先行研究の結果と一致した。

また、動作速度が遅い時には各被検者間に大きな差が見られたが、動作速度が増すにしたがってその差は減少し、500deg/secにおいてはほとんど差が見られなかった。

先行研究⁹⁾によれば最大努力の筋力発揮という条件で行なわれる測定では、低速時に遅筋および速筋の両線維が動員されることが明らかにされている。したがって、この低速時における被検者間の差は生理的絶対筋力の差を表しているといえよう。しかし、本研究ではこの筋力差は高速度という条件下では極めて小さくなることを示し、興味深い結果となった。

専門種目別にピークトルクを比較したのが図4であるが、この結果からは専門とする投擲種目による差は認められないようである。このことは膝の伸展動作はスポーツ活動においても極めて一般的な動作であるため、投擲種目に関わらずその能力に大きな差がなかったといえる。

図5は各角速度においてピークトルクが出現した時の関節角度を示したものである。多少の個人差はあるが、動作速度とはあまり関係がなくほぼ60度前後でピークトルクが出現していた。

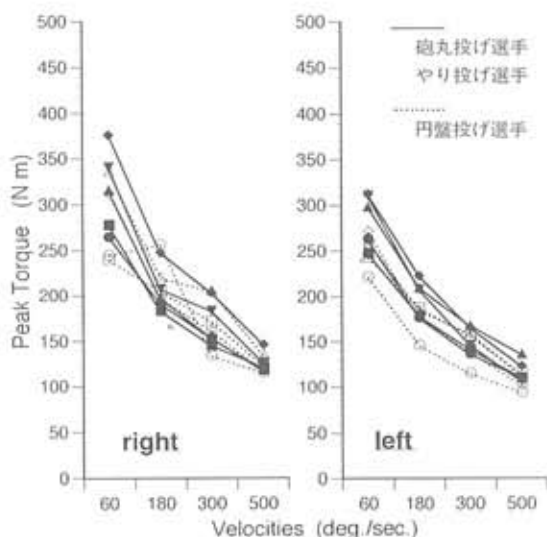


図2 膝伸展時のピークトルク
Fig. 2 Changes in peak torque of knee extension

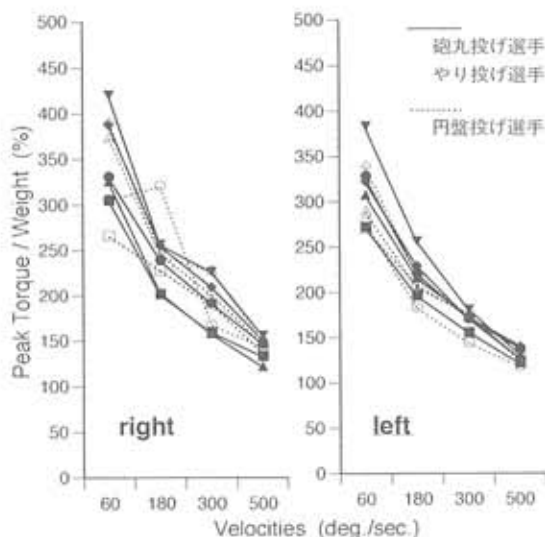


図3 膝伸展時の体重比ピークトルク
Fig. 3 Changes in peak torque/weight of knee extension

2 肘伸展トルクについて

各被検者の肘伸展最大トルクを図6に示した。最大トルクは膝と同様に動作が速くなるにつれて減少していた。また、各被検者の差は動作が速くなるにつれ小さくなるが、個人差が大きかった。

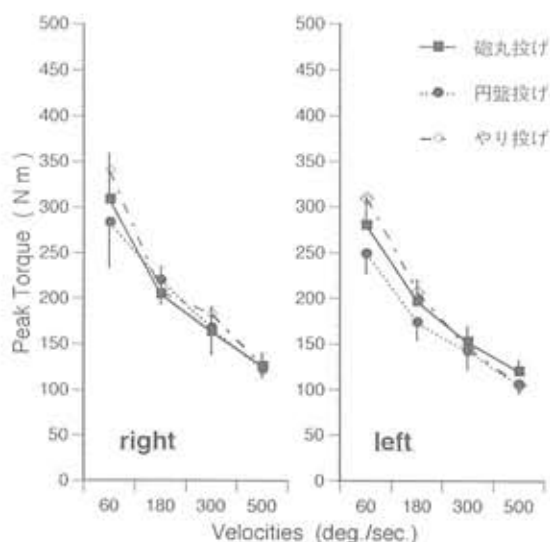


図4 投擲種目別にみる膝伸展時のピークトルク
Fig. 4 Changes in peak torque of knee extension (mean ± SD)

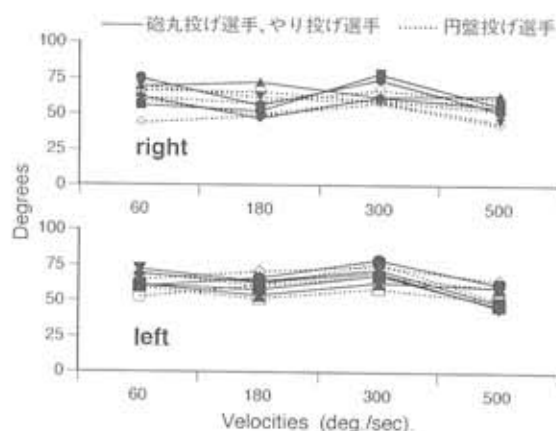


図5 膝伸展時のピークトルク発現角度
Fig. 5 Changes in angle at peak torque of knee extension

しかし、膝の場合と同様500deg/secにおいて砲丸投げと槍投げを専門種目とする被検者にはほとんど差が見られなかった。このことは前述したように高速度域で発揮された力に大きな差がないということは興味深い結果である。この傾向は図7に示したように体重比で見ても同様であった。

次に、専門種目別にピークトルクを比較したのが図8である。この結果から肘の伸展トルクは専門とする投擲種目による差が大きいことが明らかになった。すなわち、砲丸投げと槍投げを専門種目とする被検者は各動作速度で円盤投げを専門とするものより大きな値を示していた。これら投擲種目それぞれの特異性を表すものと考えられる。つまり砲丸投げや槍投げの動作では肘の素早い伸展動作が要求されるため、円盤投げの被検者と異なる傾向を示したものと思われる。

図9は各動作速度においてピークトルクが出現した時の関節角度を示したものである。個人的には多少の差があるが、動作速度とは関係がないように思われた。

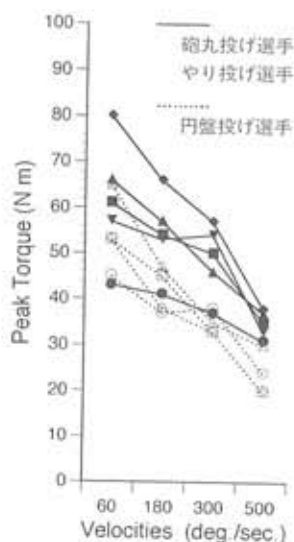


図6 肘伸展時のピークトルク
Fig. 6 Changes in peak torque of elbow extension

3 上肢の外転トルクについて

各被検者における上肢外転時のピークトルクを図10に示した。動作速度にともなうピークトルクの減少は、膝や肘に比べて非常に少なく、動作速度が高まっても各被検者間の差は大きかった。ま

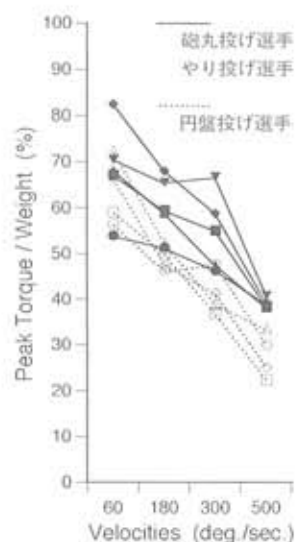


図7 肘伸展時の体重比ピークトルク
Fig. 7 Changes in peak torque/weight of elbow extension

た専門種目における特異性も見られなかった。この結果は、膝関節や肘関節と比べ、肩関節の構造や動作に参加する筋群の多さなどに起因するものと思われる。したがって、投擲動作に限らず様々なスポーツ動作において重要な役割を果たしていると思われる上肢の筋力特性についてより詳細に検討する必要があるであろう。今後の課題である。

なお、測定速度のうち500deg/secのデータは測定誤差が大きく、ピークトルクを適切に判断できなかったことから資料から除外した。この測定誤差は測定装置のアタッチメントが他の部位に比べ

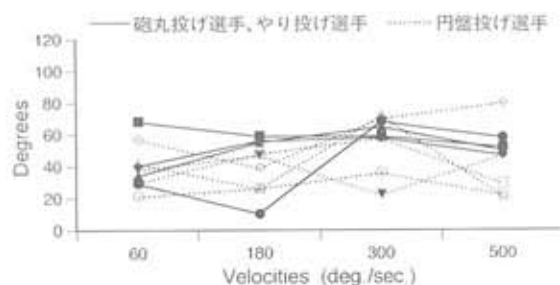


図9 肘伸展時のピークトルク発現角度
Fig. 9 Changes in angle at peak torque of elbow extension

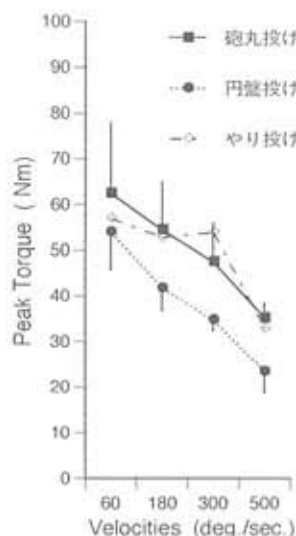


図8 投擲種目別にみる肘伸展時のピークトルク
Fig. 8 Changes in peak torque of elbow extension (mean ± SD)

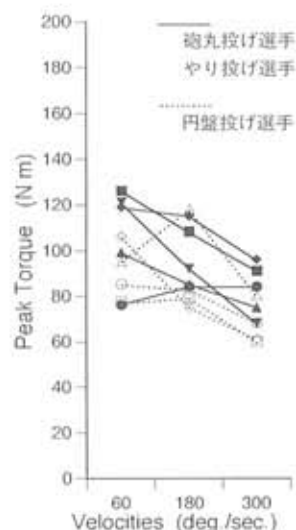


図10 肩外転時のピークトルク
Fig. 10 Changes in peak torque of shoulder abduction

IV 結 論

て長く、しかも複雑であったため高速度での使用に対応できなかったのではないかと考えられる。今後は測定方法を改善し、高速度での筋出力についても検討を加える必要があると思われる。

ピークトルク出現角度は60、180deg/secにおいては個人差が大きい、60度前後でピークトルクが出現していた。

4 上肢の水平屈曲トルクについて

各被検者の上肢水平屈曲最大トルクは図11に示すように個人差が大きく動作速度との関係は見られなかった。

この結果は、上肢の外転と同様に肩関節の構造や動作に参加する筋群の多さなどに起因するものと思われ、今後さらに測定方法を含め検討を加えなければならない。

ピークトルクの出現角度は60、180deg/secにおいては個人差が大きく、300deg/secにおいてはすべての被検者が50度前後でピークトルクが出現していた。

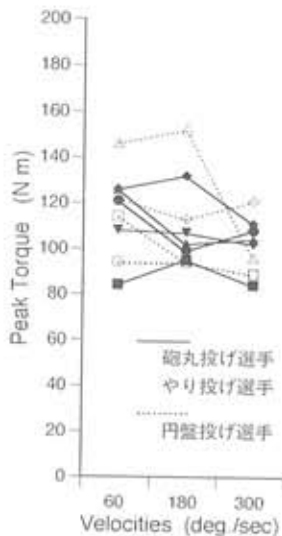


図11 肩水平屈曲時のピークトルク

Fig. 11 Changes in peak torque of shoulder horizontal abduction

投擲選手の Isokinetic Strength の特性を検討するために、MERAC を用いて膝の伸展トルク、肘の伸展トルクおよび上肢の外転、水平屈曲トルクを測定した。結果は次の通りである。

- 1) 膝および肘の伸展最大トルクは動作速度が速くなるにつれて減少した。しかし、上肢の外転、水平屈曲においてはその傾向が明らかではなかった。
- 2) 膝および肘の伸展最大トルクにおける被検者間の差は動作速度が速くなるにつれて減少した。
- 3) 肘の伸展最大トルクはすべての動作速度において砲丸投げと槍投げの被検者が円盤投げの被検者を上回っていた。

参考文献

- 1) Alderic, G. J., D. K. Kuck: Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers. *J. Ortho. Sports Phys. Therapy* 7: 163-172, 1986
- 2) 有賀誠司ら：女子バスケットボール選手の筋出力について 第42回日本体育学会大会号、643、1991
- 3) Bruce H.: Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength between the plane of scapula and the frontal plane, *American Journal of Sports Medicine*, 18 (2), 124-128, 1990
- 4) Cock, E. E., V. L. Gray, E. Savinar-Nogue, J. Medeiros: Sholder antagonistic strength ratios: A comparison between college-level baseball pitchers and nonpitchers. *J. Ortho. Sports Phys. Therapy* 8: 451-461, 1987
- 5) 藤澤和美ら：女子バスケットボール選手における筋力特性 第42回日本体育学会大会号、353、1991
- 6) 平野裕一、橋村勝：投能力に影響を及ぼす等速性筋出力の検討 第7回日本バイオメカニクス学

- 会大会論集、名古屋大学出版会、213-128、1984
- 7) 平野裕一：投能力を評価するための等速性筋出力測定 第7回バイオメカニクス学会口演集、67-68、1984
 - 8) 金久博昭、宮下充正：アイソキネティック・トレーニング・トレーニング速度とトレーニング効果 J. J. Sports Sci.、1-2、147-151、1982
 - 9) 栗山節郎ら：ARIEL Computer System による一流陸上競技選手の膝関節の筋力特性 整形外科スポーツ医学会誌、7、75-79、1988
 - 10) 栗山節郎ら：ARIEL Computer System によるアルペンスキー全日本代表選手の筋力特性 臨床スポーツ医学、5 (4)、1988
 - 11) 永田俊勝ら：バレーボール選手の筋出力について 第41回日本体育学会大会号、654、1990
 - 12) 田島東海男ら：剣道選手の筋出力について 第42回日本体育学会大会号、737、1991
 - 13) 山本利春ら：十種競技選手の等速性筋力 千葉体育学研究、11、47-52、1988
 - 14) 山本利春ら：Isokinetic machine の角速度条件と負荷強度の関係—アスレチック・リハビリテーションへの応用— 千葉体育学研究、13、1-6、1990
 - 15) 山本利春ら：十種競技選手における脚筋力と競技成績の関係 トレーニング科学、3 (2)、7-12、1991

大学運動部新入部員に対する 運動負荷テスト(VI)

—1992年度報告と1987年度からの男子学生の心電図について—

三田 信孝 (体育学部社会体育学科) 三神 美和 (医学部内科学教室)

寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理科学教室) 荒川 正一 (医学部内科学教室)

中野 昭一 (医学部生体構造機能系生理科学教室、保健管理センター)

Exercise test for freshmen of athletic clubs in a University (VI)

—A report of 1992 and ECG for first year University students of male since 1987—

Nobutaka MITA, Kazuyosi MIKAMI,
Tamotu TERAOKA, Shoichi ARAKAWA
and Shoichi NAKANO

Abstract

The purpose of this study was to define characteristics and variants of freshmen of athletic club in one University of 1992 with regard to resting ECG; controlled, graded, exercise testing by bicycle ergometer. The subjects were 76 first year university students of male. In addition to we were analysed about ECG of male subjects since 1987. The subjects were 546 first year university students.

1. The obtained results for male subjects of 1992 are as follows;
 - 1) 5(6.6%) of the athletes didn't take an ECG before matriculation. And 4 out of 5 were abnormal ECG.
 - 2) All subjects were not experienced in exercise testing.
 - 3) Normal ECG were observed in 24(31.6%) cases of ECG tracings of all this sample.
 - 4) Ealy Repolarization was seen in 29(38.2%) of the athletes.
 - 5) Left Ventricular Hypertrophy (LVH) was seen in 6(7.9%) of the athletes.
 - 6) Sinus Bradycardia was seen in 5(6.5%) of the athletes.
 - 7) Ventricular Premature Contraction (VPC) was seen in 5(6.5%) of the athletes.
 - 8) Sinus Arrhythmia was seen in 4(5.3%) of the athletes.
 - 9) Supraventricular Premature Contraction (SVPC) was seen in 3(3.9%) of the athletes.
 - 10) 3 cases of VPC were observed during exercise and recovery.
 - 11) 2 cases of SVPC were observed during exercise and recovery.
2. The obtained results for male subjects since 1987 are as follows;
 - 1) 275(50.4%) of ECG tracings were within normal limits.
 - 2) Ealy Repolarization was seen in 49(17.2%) of the athletes.

- 3) Sinus Arrhythmia was seen in 40(7.3%) of the athletes.
- 4) Sinus Bradycardia was seen in 31(5.7%) of the athletes.
- 5) LVH was seen in 27(4.9%) of the athletes.
- 6) Incomplete Right Bundle Branch Block was seen in 22(3.7%) of athletes.
- 7) VPC was seen in 20(3.7%) of the athletes.
- 8) SVPC was seen in 11(2.0%) of the athletes.
- 9) Counter Clockwise Rotation was seen in 11(2.0%) of the athletes.

I. はじめに

運動を行う上でその安全性の確保として、近年、運動前のメディカルチェックに関しては、安静時の他に運動時の呼吸循環器機能の変化をチェックし、潜在性の疾患を発見する運動負荷試験が実施されている。特に中高年者にとっては必要な項目として実施される傾向にある。

本学では、体育学部生と運動部学生について、新学期早々に安静時心電図撮影を実施しているが、前述の潜在性の疾患の有無までは十分に把握できない状態である。これらの学生は小・中・高校と発育期に長年に渡って、激しいトレーニングを行ってきており、このことにより心筋へ何らかの影響が与えられていることが考えられる。そこで我々は、1986年度より大学付属病院の協力を得て、幾つかの運動クラブに関して、新入生の安静時及び運動負荷時の心電図撮影を行い、特に必要があると認められる異常所見者については、付属病院にて更に詳細な検査を実施して、運動時の安全性の確保に努めてきている。また、異常所見者の中で継続的な観察が必要な者については、年1回の運動負荷心電図撮影を実施し、その後の経過を見ている。既に1987年度から1991年度までの男子学生について、運動負荷心電図と形態的な特徴等について報告^{6,7,8,9,10)}している。また、女子学生についても1986年度から1990年度の報告⁷⁾をしている。

本研究は、引き続き実施した1992年度の男子新入生に対する運動負荷心電図撮影結果及びそれらを含めた、1987年度からの全体的な結果についてみたものである。

II. 方 法

1. 対象者

対象者は、前報と同様に東海大学運動クラブ健康管理研究会に所属している運動部の1992年度男子新入生76名である。各クラブの受信状況を表1に示した。本年度はバスケットボール部、ラグビー部が抜けている。1991年度から加わったボート部は引き続き実施している。

2. 運動負荷

運動負荷は、モナーク社製自転車エルゴメーター(818E)、竹井社製自転車エルゴメーター(アクティブ10)を使用し、被験者に毎分50回転のペダリングを行わせ、負荷強度を3分毎に心拍数に対応させて増加させる漸増負荷である。第3段階まではYMCA法、第4段階から目標心拍数に達するまでは、3分毎に150kgm/分ずつ増加させて運動を行わせた。目標心拍数は、今回の被験者において予測最大心拍数の(220-年齢)の約85%(約

表1 各クラブ別にみた被験者の内訳(男性)

Table 1 Number of subjects by each sports club (male)

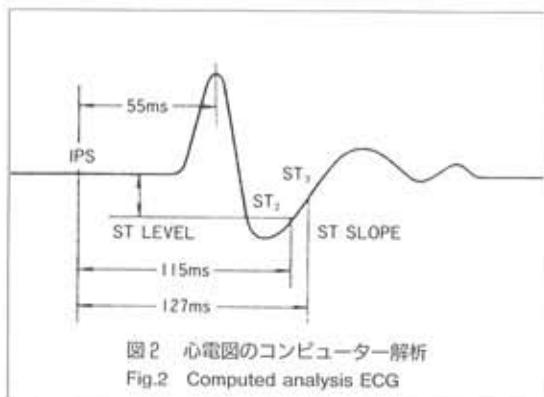
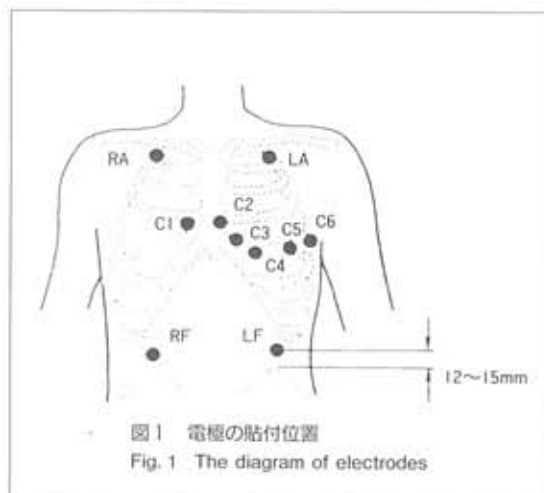
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Soccer	27	23	19	23	30	17
Badminton	4	3	6	5	4	3
Basketball	21	15	12	16	9	—
Rugby	28	19	—	—	28	—
Volleyball	17	15	8	9	10	14
Handball	11	2	3	7	4	5
Judo	8	7	28	22	27	29
Boat	—	—	—	—	9	8
Total	116	84	76	82	121	76

*1987年度サッカー(5名)とバスケットボール(1名)は怪我などにより負荷心電図実施しないものを含む。

170拍/分)とした。目標心拍数に達した後は、約30秒から1分間の心拍数の状況を観察し、完全に目標心拍数に達していることを確認してから運動を中止させ、座位にて10分間の回復過程の観察をした。尚、運動後に不整脈などが出現した場合は、時間を延長して観察した。

3. 心電図撮影

心電図は図1に示すような部位から誘導した標準12誘導であり、安静時、運動時、回復過程の記録を1分毎に行い、特定誘導として、II、aVF、V₅誘導を常時記録し、その変化を観察した。被験者は約30分間仰臥位にて安静にした後、安静時撮影を行った。運動中、回復時は座位で記録した。心電図変化はプログラム心電計 ECG-6206 (日本光電工業株式会社製) にて、心拍数、ST レベル、



ST スロープの解析をした。解析方法³⁾は、図2に示した。心電図の判読は、安静時、運動中、回復時に分けて行った。加えて、各被験者の大学入学以前の心電図撮影の実施状況を調査した。

4. 形態測定

各被験者の利き腕側の上腕背部、肩甲骨下部、大腿部前面、腹部(臍横部)の皮下脂肪厚を栄研式皮脂厚計(キャリパー型)を用いて、それぞれ3回の測定を行い平均値を求めた。上腕背部、肩甲骨下部の合計値から体密度法⁴⁾により、脂肪貯蔵率(%fat)を推定した。体重はデジタル体重計(A&D社製)により、着衣を考慮して50g単位まで測定した。

5. 最大酸素摂取量の推定、安静時血圧

各被験者の各段階における運動負荷強度と、その強度における3分目の心拍数からオストランド法⁵⁾を用いて体重1kg当たりの最大酸素摂取量を推定した。

安静時血圧は、被験者の安静状態の確認のためにデジタル自動血圧計 HEM-90P (オムロン社製)を用いて安静時に3回測定し平均値を求めた。

III. 結果及び考察

1. 身体的特徴

今回の被験者76名について、各クラブ別の身体的特徴を表2に示した。表は1987年度からの者も年次順に合わせて示した。今回の被験者中体育学部以外の者は16名(21.2%)であった。

年齢は新入生を対象としているため、全体の平均値及び標準偏差は、 18.2 ± 0.5 歳であった。

身長は、全体の平均で 176.3 ± 7.0 cmであり、今までで最も高い値を示した。被験者の多いサッカー、柔道、バレーボールが、前年度に比較して、それぞれ平均値で+1.7、+4.1、+5.1cmと増加傾向を示したことから、被験者数が少ないボートやハンドボールでも、前年度より平均値で共に+1.9cm増加していることによると思われる。クラブ別

表2 各クラブ別にみた被験者の身体的特徴

Table 2 Physical characteristics of subjects by each sports club

	N						Age					
	'87	'88	'89	'90	'91	'92	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Soccer	22	23	19	23	30	17	18.1±0.3	18.1±0.3	18.1±0.2	18.0±0.2	18.0±0.0	18.1±0.5
Badminton	4	3	6	5	4	3	18.3±0.4	18.1±0.0	18.2±0.4	18.0±0.0	18.0±0.0	18.7±0.6
Basketball	20	15	12	16	9	—	18.4±0.8	18.1±0.3	18.1±0.3	18.2±0.5	18.7±0.8	—
Rugby	28	19	—	—	28	—	18.4±0.5	18.2±0.0	—	—	18.3±0.5	—
Volleyball	17	15	8	9	10	14	18.4±0.5	18.0±0.0	18.1±0.4	18.2±0.4	18.0±0.0	18.1±0.5
Handball	11	2	3	7	4	5	18.1±0.3	18.0±0.0	18.0±0.0	18.3±0.5	18.0±0.0	18.6±0.5
Judo	8	7	28	22	27	29	18.5±0.5	18.1±0.3	18.2±0.5	18.1±0.4	18.1±0.3	18.2±0.4
Boat	—	—	—	—	9	8	—	—	—	—	18.2±0.4	18.1±0.1
Total	110	84	76	82	121	76	18.3±0.5	18.1±0.2	18.2±0.4	18.1±0.4	18.2±0.4	18.2±0.5

	N						Height (cm)					
	'87	'88	'89	'90	'91	'92	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Soccer	22	23	19	23	30	17	172.5±5.6	171.5±5.4	173.8±5.9	174.0±5.8	171.3±6.0	173.0±6.4
Badminton	4	3	6	5	4	3	169.8±6.4	166.7±4.7	171.5±3.3	173.8±4.4	172.5±5.6	169.0±2.6
Basketball	20	15	12	16	9	—	179.6±9.4	181.5±6.6	182.7±7.2	178.0±8.5	179.9±6.0	—
Rugby	28	19	—	—	28	—	173.5±6.7	173.3±4.4	—	—	173.8±5.9	—
Volleyball	17	15	8	9	10	14	179.4±8.6	184.2±6.4	185.4±7.9	179.7±6.5	177.0±8.4	182.1±9.3
Handball	11	2	3	7	4	5	174.0±4.8	176.0±4.0	177.3±8.0	179.4±5.5	177.5±4.6	179.4±1.5
Judo	8	7	28	22	27	29	176.5±5.8	174.1±6.7	172.8±6.2	173.7±5.7	170.8±4.9	174.9±5.4
Boat	—	—	—	—	9	8	—	—	—	—	177.4±2.5	179.3±2.1
Total	110	84	76	82	121	76	175.5±7.8	175.3±5.5	176.0±7.9	175.6±6.6	173.6±6.4	176.3±7.0

	N						Weight (kg)					
	'87	'88	'89	'90	'91	'92	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Soccer	22	23	19	23	30	17	65.6± 5.3	64.7± 5.9	66.2± 4.7	69.4± 7.4	65.1± 6.1	66.0± 5.7
Badminton	4	3	6	5	4	3	63.7± 5.3	62.1± 6.1	64.4± 3.4	60.6± 6.2	63.4± 7.3	58.9± 2.8
Basketball	20	15	12	16	9	—	72.1±10.7	72.5± 7.5	73.2± 7.0	69.1± 7.6	66.8± 6.0	—
Rugby	28	19	—	—	28	—	72.6±11.4	74.1±10.3	—	—	74.9±10.9	—
Volleyball	17	15	8	9	10	14	70.3± 8.2	74.8± 6.2	73.6± 8.4	72.9± 6.5	71.3± 9.1	77.0± 9.2
Handball	11	2	3	7	4	5	67.4± 4.4	66.2± 3.9	68.3± 8.1	68.4± 6.8	70.3± 4.0	80.8±11.9
Judo	8	7	28	22	27	29	87.9±12.2	94.6±22.1	84.0±19.2	84.7±22.5	85.1±18.1	87.0±19.6
Boat	—	—	—	—	9	8	—	—	—	—	70.9± 4.2	75.6± 6.3
Total	110	84	76	82	121	76	71.0±10.6	72.7± 8.9	74.8±14.8	73.2±15.0	73.0±13.2	77.8±16.0

	N						% fat					
	'87	'88	'89	'90	'91	'92	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Soccer	22	23	19	23	30	17	12.3±1.6	11.5±1.3	11.5±1.5	12.8±2.6	12.7±2.0	13.5±3.1
Badminton	4	3	6	5	4	3	10.8±1.7	12.0±0.5	11.6±1.3	10.9±2.0	11.6±1.5	9.8±0.5
Basketball	20	15	12	16	9	—	13.5±1.9	10.8±2.4	12.5±2.4	13.6±2.3	13.0±0.9	—
Rugby	28	19	—	—	28	—	12.1±2.3	12.9±2.3	—	—	15.2±6.0	—
Volleyball	17	15	8	9	10	14	11.6±0.7	12.1±1.0	13.7±2.2	11.9±2.5	14.2±7.1	13.3±2.2
Handball	11	2	3	7	4	5	11.9±1.8	10.4±0.0	11.8±1.8	12.2±2.9	11.8±0.3	16.6±5.9
Judo	8	7	28	22	27	29	13.5±2.6	13.8±2.3	17.4±8.6	15.4±4.9	17.3±9.4	17.9±8.1
Boat	—	—	—	—	9	8	—	—	—	—	13.2±2.5	15.1±1.9
Total	110	84	76	82	121	76	12.3±2.0	11.9±1.4	14.1±5.9	13.4±3.5	14.3±5.9	15.4±5.9

表2 つづき

Table 2 continuation

	N						$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)					
	'87	'88	'89	'90	'91	'92	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Soccer	22	23	19	23	30	17	62.1±8.0	68.2±12.0	59.7±9.5	64.5±7.9	58.5±7.1	62.7±8.4
Badminton	4	3	6	5	4	3	73.8±3.6	59.7±3.2	67.4±3.5	70.6±10.3	71.1±9.0	64.1±12.2
Basketball	20	15	12	16	9	—	57.1±10.0	67.0±8.9	61.9±7.1	61.5±7.6	54.5±8.3	—
Rugby	28	19	—	—	28	—	59.3±9.1	57.5±9.9	—	—	58.5±9.0	—
Volleyball	17	15	8	9	10	14	61.7±6.7	59.2±8.9	59.0±7.9	54.0±6.8	58.9±7.0	63.9±9.8
Handball	11	2	3	7	4	5	64.0±11.2	57.9±0.0	47.9±4.6	57.1±7.1	50.4±4.3	54.2±12.8
Judo	8	7	28	22	27	29	52.4±7.0	49.7±9.9	55.5±9.0	56.0±8.8	53.8±11.0	55.5±8.4
Boat	—	—	—	—	9	8	—	—	—	—	61.7±3.5	60.7±4.8
Total	110	84	76	82	121	76	60.3±9.4	60.2±7.5	58.4±9.0	60.2±9.2	57.5±9.1	59.5±9.4

	N						rest H.R. (B/min)					
	'87	'88	'89	'90	'91	'92	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Soccer	22	23	19	23	30	17	64.8±8.4	62.7±8.6	58.2±6.3	65.8±8.2	70.2±8.4	64.1±11.8
Badminton	4	3	6	5	4	3	58.8±6.3	74.3±8.2	52.7±3.8	54.2±8.7	56.7±4.7	66.0±14.2
Basketball	20	15	12	16	9	—	59.9±7.8	64.3±7.3	53.7±5.7	67.0±8.3	75.7±5.6	—
Rugby	28	19	—	—	28	—	69.0±9.5	66.4±8.6	—	—	66.7±9.0	—
Volleyball	17	15	8	9	10	14	62.0±9.1	75.4±9.7	58.1±5.2	74.1±8.3	65.1±5.0	64.9±11.9
Handball	11	2	3	7	4	14	63.3±7.8	69.0±0.0	63.0±12.2	67.1±7.7	73.3±8.3	67.4±11.1
Judo	8	7	28	22	27	29	59.4±4.2	64.8±7.7	57.1±7.0	57.4±8.0	66.7±7.7	65.7±5.8
Boat	—	—	—	—	9	8	—	—	—	—	69.0±5.2	68.3±12.2
Total	110	84	76	82	121	76	63.8±9.0	68.0±7.2	56.8±6.7	64.1±9.5	68.0±8.5	65.6±9.7

	N	Blood Pressure (mmHg)	
		Systolic	Diastolic
Soccer	17	113.4±9.5	65.6±5.2
Badminton	3	114.3±6.7	53.7±11.2
Basketball	—	—	—
Rugby	—	—	—
Volleyball	14	127.9±12.5	57.8±12.1
Handball	5	130.8±15.5	79.8±11.4
Judo	29	125.7±16.3	69.4±14.1
Boat	8	113.0±16.8	65.1±7.8
Total	76	121.8±13.3	66.2±12.5

では、サッカー、柔道、バドミントンが、平均値でそれぞれ173.0±6.4、174.9±5.4、169.0±2.6 cmであり、これらに比較して、バレーボール、ボート、ハンドボールが平均値でそれぞれ182.1±9.3、179.3±2.1、179.4±1.5cmと有意(0.1から5%の危険率で)に高い傾向にあった。特にバレーボールにおいては、190cmを超える者が4名含まれ、最高は201cmであった。

体重は、全体の平均で77.8±16.0kgと今までで

最も重い値を示した。クラブ別では、柔道が平均87.0±19.6kgで最も重く、次いでハンドボールが80.8±11.9kg、バレーボールが77.0±9.2kg、ボートが75.6±6.3kgで、サッカー、バドミントンと比較して有意な差(0.1から5%の危険率で)が認められた。サッカーは平均が66.0±5.7kg、バドミントンは平均58.9±2.8kgであった。特に重い柔道においては、体重制限のない95kg超級の者が29名中9名含まれ、その内6名が100kgを超えていた。

体重に占める脂肪の割合である体脂肪率(以下%fatとする)は、上腕背部と肩甲骨下部の皮下脂肪厚の合計値から体密度法²⁾により求めた。全体の平均値は15.4±5.9%であり、今までで最も重い値を示した。クラブ別では柔道が最も多く平均17.9±8.1%であった。次いでハンドボールが16.6±5.9%、ボートが15.1±1.9%であった。

前報告と同様に%fatに関して、柔道の95kg超級とそれ以下の階級の者についてみると、95kg超級は平均26.3±9.7%、95kg以下級は14.2±3.0%

であり、両者間には0.1%の危険率で有意な差が認められた。95kg以下と他の種目間では、バドミントンと5%の危険率で有意の差が認められた。それ以外の種目とは差が認められなかった。

形態的特徴についてみると、全体的に平均値で身長が増加したクラブにおいて、体重が今までよりも重い傾向が認められている。特にハンドボールでは、身長が1990年度の平均値と同じではあるが、体重においては+12.4kgの増加であった。体重に占める脂肪の割合についてみると、1990年度の%fatは平均12.2±2.9%であったが、1992年度は平均16.6±5.9%であり、かなり体脂肪量が多い新入生が入ってきたことが推察される。一般に男子では%fatが20%を超えると肥満であるが、今回の対象者76名中8名が20%以上であった。このうち5名が柔道の95kg超級の者であった。多くの新入生が4月の大学入学前において一時的に活動をしていない時期があり、口頭による調査ではあるが、この時期に多くの学生において体重の増加が認められたと言うことから、この時期の過ごし方に注意する必要があると思われる。

安静時心拍数は、全体の平均が65.6±9.7拍/分であった。各クラブ間に有意な差は認められなかった。個人的にみていくと、安静心拍数が60拍/分以下の者が24名(31.6%)認められた。

安静時血圧については、全体の平均が収縮期血圧は121.8±13.3mmHg、拡張期血圧は66.2±12.5mmHgであった。クラブ別にみると、収縮期血圧ではハンドボールが平均130.8±16.8mmHg、バレーボールが平均127.9±12.5mmHg、柔道が平均125.7±10.3mmHgと他の種目に比べて高い傾向が認められた。サッカーとバレーボールは1%、サッカーと柔道は0.1%、柔道とボート、バレーボールとボートは5%の危険率で有意な差が認められた。拡張期血圧では、全体の平均値と比較してハンドボールが平均79.8±11.4mmHg、柔道が平均69.4±14.1mmHgとやや高い傾向にあり、バドミントンが平均53.7±11.2mmHg、バレーボールが平均57.8±12.1mmHgとやや低い傾向にあった。サッカーとバレーボール、ハンドボール

とバドミントン、バレーボールと柔道において5%の危険率で有意の差が認められた。

形態的な特徴との関連で%fatの多い柔道についてみると、95kg超級の者では収縮期血圧の平均が132.0±8.8mmHg、95kg以下の者では平均が122.8±9.8mmHgであり、両者間には5%の危険率で有意の差が認められた。拡張期血圧では95kg超級が平均77.9±14.6mmHg、95kg以下が平均66.1±12.0mmHgであり、両者間には5%の危険率で有意の差が認められた。

最大酸素摂取量については、全体の平均が59.5±9.4ml/kg/minであった。クラブ別では、ハンドボールが平均54.2±12.8ml/kg/min、柔道が平均55.5±8.4ml/kg/minであり、他の種目に比べて低い傾向が認められた。サッカー、バレーボールと柔道は、1%の危険率で有意の差が認められた。柔道について95kg超級とそれ以下の者についてみると、95kg超級が平均45.0±3.1ml/kg/min、95kg以下が平均60.3±4.8ml/kg/minであり、両者間には0.1%の危険率で有意の差が認められた。

2. 心電図

1987年度からの結果に加えて、今回の結果を表3に示した。更に、1987年度から1992年度までの全体の結果を表4に示した。

1) 1992年度結果

前報と同様に今回の対象者の大学入学以前の心電図撮影実施状況を見ると、高校までに心電図撮影を経験している者は、76名中71名(93.4%)であった。これらの者は全て安静時のみの者であり、運動負荷テストまで経験した者はいなかった。全く心電図撮影をしないで入学してきた者は、5名(6.6%)で、そのうち1名は体育学部以外の学部の学生であった。今回の結果、正常範囲以下の何らかの診断名がついた者は、5名中4名認められた。その内訳は早期再分極が3名、心室性期外収縮、左心室肥大、1度房室ブロックが各1名であった。2名は複数診断名であった。

心電図は、安静時、運動負荷中、回復過程につ

表3 標準12誘導における心電図結果(男性)

Table 3 ECG variations on standard 12 lead(male)

ECG variations	1987 (n=118)	1988 (n=84)	1989 (n=75)	1990 (n=82)	1991 (n=111)	1992 (n=76)
Within Normal Limited	85(73.3%)	49(58.3%)	35(46.7%)	23(28.0%)	59(53.2%)	24(31.6%)
Early Repolarization	—	11(13.1)	11(14.7)	31(37.8)	12(10.8)	29(38.2)
Ventricular Premature Contraction	7(6.0)	2(2.4)	1(1.3)	4(4.9)	1(0.9)	5(6.6)
Supraventricular Premature Contraction	—	—	—	4(4.9)	4(3.6)	3(3.9)
Left Ventricular Hypertrophy	2(1.7)	4(4.8)	7(9.3)	6(7.3)	2(1.8)	6(7.9)
Coronary Sinus Rhythm	3(2.6)	—	3(4.0)	—	1(0.9)	—
Sinus Bradycardia	3(2.6)	6(7.1)	9(12.0)	5(6.1)	3(2.7)	5(6.6)
Sinus Arrhythmia	4(3.4)	2(2.4)	3(4.0)	21(26.6)	6(5.4)	5(6.6)
Incomplete Right Bundle Branch Block	4(3.4)	5(6.0)	6(8.0)	2(2.4)	4(3.6)	1(1.3)
Complete Right Bundle Branch Block	1(0.9)	—	1(1.3)	—	—	—
I°AV Block	—	—	—	3(3.6)	—	1(1.3)
II°AV Block	2(1.7)	—	—	1(1.2)	1(0.9)	—
W.P.W. syndrome	—	—	—	—	1(0.9)	—
Ectopic Pacemaker	2(1.7)	—	—	—	—	—
Counter Clock Wise Rotation	—	2(2.4)	5(6.7)	3(3.6)	—	1(1.3)
Clock Wise Rotation	—	1(1.2)	—	—	1(0.9)	—
High Voltage T Wave	—	—	—	4(4.9)	—	1(1.3)
Poor R Wave progression	6(5.1)	3(3.6)	—	—	—	—
Others (U wave, etc.)	3(2.6)	6(7.1)	10(13.3)	7(8.5)	21(18.9)	14(18.4)

* 正常範囲内以外は複数診断名('87:2例、'88:5例、'89:14例、'90:21例、'91:5例、'92:16例)を含む。

いてみた。その結果、いずれにおいても正常範囲内の変化であった者を正常範囲(Within Normal Limited)とし、いずれかにおいて何らかの診断名がついた者はその診断名を示した。

今回の被験者中、正常範囲内にあった者は76名中24名(31.6%)であり、正常範囲以外の者には複数診断名者が16例含まれている。

心電図結果で最も多く認められた所見は、前報⁹⁾と同様に心電図波形上のST接合部上昇の早期再分極で、29名(38.2%)に認められた。次いで、左心室肥大が6名(7.9%)、洞性徐脈、心室性期外収縮が各5名(6.6%)、洞性不整脈が4名(5.3%)、上室性期外収縮が3名(3.9%)、不完全右脚ブロック、I度房室ブロック、反時計回り回転、高T波が各1名(1.3%)の順であった。なお、今回その他の所見に含めて示した中には、II、III、aVF誘導における平低T波が8名(10.5

%)、右軸偏位が3名(3.9%)いた。

安静時には認められなかったが、運動によって出現した所見は、運動中においては、心室性期外収縮が認めた者が3名、上室性期外収縮を認めた者が1名であった。運動後においては、上室性期外収縮を認めた者が1名、陰性T波が2名であった。運動を負荷することによって、潜在性の所見を認めた者が7名(9.2%)あった事は、やはり事前のメディカルチェックとして、運動負荷テストの必要性を示唆するものである。

運動負荷テストの結果から、さらに精密なホルター心電図、心エコーなどの検査が必要とされた者は、6名(7.9%)であった。

2) 1987年度からの結果

1987年度から1992年度までに心電図撮影を行った新入生は総計549名である。そのクラブ別内訳はサッカーが134名、バドミントンは25名、バスケッ

表4 標準12誘導における心電図結果(男性:1987~1992)
Table 4 ECG variations on standard 12 lead (male: 1987~1992)

ECG variations	1987~1992 (n=546)
Within Normal Limited	275(50.4%)
Early Repolarization	94(17.2%)
Ventricular Premature Contraction	20(3.7%)
Supraventricular Premature Contraction	11(2.0%)
Left Ventricular Hypertrophy	27(4.9%)
Coronary Sinus Rhythm	7(1.3%)
Sinus Bradycardia	31(5.7%)
Sinus Arrhythmia	40(7.3%)
Incomplete Right Bundle Branch Block	22(4.0%)
Complete Right Bundle Branch Block	2(0.4%)
I°AV Block	4(0.7%)
II°AV Block	4(0.7%)
W.P.W. syndrome	1(0.2%)
Ectopic Pacemaker	2(1.7%)
Counter Clock Wise Rotation	11(2.0%)
Clock Wise Rotation	2(0.4%)
High Voltage T Wave	5(0.9%)
Poor R Wave progression	9(1.6%)
Others(U wave, etc.)	61(11.2%)

*正常範囲内以外は複数診断名('87:2例、'88:5例、'89:14例、'90:21例、'91:5例、'92:16例)を含む。

トボールは72名、ラグビーは75名、バレーボールは73名、ハンドボールは32名、柔道は121名、ボートは17名である。このうち怪我のため運動負荷ができず安静時のみの者もあり、実際に運動負荷試験を行った新入生は、合計で546名であった。安静時、運動中及び回復過程の心電図波形変化が正常範囲であった者は、275名(50.4%)であった。

最も多く認められた所見は、早期再分極であり、94名(17.2%)いた。次いで洞性不整脈が40名(7.3%)、洞性徐脈が31名(5.7%)、左心室肥大が27名(4.9%)、不完全右脚ブロックが22名(4.0%)、心室性期外収縮が20名(3.7%)、上室性期外収縮と反時計回転がそれぞれ11名(2.0%)の順であった。

一般的に、スポーツ選手に多く認められる不整脈の所見としては洞性徐脈であり、前報⁹⁾でも述

べたが、一般健常人では23.7%、スポーツ選手では50~85%、一流アイスホッケー選手において90.7%に認められたという報告¹¹⁾等がある。本研究においては、洞性徐脈所見者が5.7%であり、この報告よりも少ない傾向にあった。このことは本研究においては、安静時心電図撮影時、被験者が心電図を撮られているという緊張があり、やや心拍数が高く認められる傾向があり、心電図上では少なかったものと考えられる。実際に心電図撮影前に実施した安静時血圧の測定において、血圧と同時に記録された心拍数では60拍/分以下を示した例が182名(33.3%)認められている。徐脈の程度は運動の強度継続時間と関係が深く、持久性を要求されるスポーツ種目ほど、安静時心拍数が減少すると言われている。種目別にみるとサッカーは47名(35.1%)、バドミントンは17名(68.0%)、バスケットボールは23名(31.9%)、バレーボールは22名(30.1%)、柔道は54名(44.6%)、ラグビーは10名(13.3%)、ボートは2名(11.7%)、ハンドボールは7名(21.9%)の者が、安静時心拍数60拍/分以下であった。

洞性不整脈もスポーツ選手に多く認められる所見である。一般健常人では2.4~20%、スポーツマンでは13.5~69%認められたという報告¹²⁾があるが、本研究では7.3%とやや低い割合であった。

次に期外収縮についてみると、本研究では、心室性期外収縮(VPC)が3.7%、上室性期外収縮(SVPC)は2.0%であった。前報⁹⁾でも取り上げているが、1984年のロサンゼルスオリンピックに参加した日本選手では、自転車エルゴメーター負荷心電図により、20名(8.9%)の上室性期外収縮あるいは心室性期外収縮を認めている¹³⁾。また、安静時所見ではあるが、高校スポーツ選手⁹⁾では上室性期外収縮が0.71%、心室性期外収縮が0.38%、競輪選手⁹⁾においては、上室性期外収縮が0.4%、心室性期外収縮が0.6%認められたという報告がある。

スポーツマンに認められる心電図波形の変化としては、一般的にQRSの高電位による、左心室肥大(LVH)の所見を示す者が多く、 $SV_1 + RV_6 \geq$

35mmの判定基準を用いた例では、持久性ランナーにおいて14～85%に認められた報告¹¹⁾がある。本研究においては、4.9%認められ、これらよりは低い傾向にあるが、対象となっている被験者のスポーツ種目の特性による違いと考えられる。

また、サッカーやバドミントン、ボートなどの特に持久性が必要とされるような種目においては、入学後のトレーニングにより更に左心室肥大所見者や前述の洞性不整脈、洞性徐脈等のスポーツ心臓を示唆する所見が増加することが考えられる。

波形上の変化として最も多く認められた、S-T部が下に凸型の上昇を示す早期再分極 (early repolarization) 所見は、500名のスポーツマンにおいて、10%に認められたという報告や、一般健康人の2.4%に認められた報告¹²⁾があり、スポーツマンに多く認められる所見である。本研究においては17.2%であり、これらより高率であった。

伝導障害としては、第I度房室ブロック、第II度房室ブロック、不完全右脚ブロック等が、一般健康人より多く認められる所見である。第I度房室ブロックは、一般健康人では0.65%、スポーツ選手では6～33%、第II度房室ブロックは、一般健康人では0.003%、スポーツマンでは0.125～10%とスポーツマンに高率で認められたという報告¹³⁾がある。不完全右脚ブロックについては、13.4%に認められた報告¹⁴⁾がある。本研究においては、第I度房室ブロック、第II度房室ブロックがともに0.7%、不完全右脚ブロックが4.0%認められた。

以上、1987年度から1992年度までの総計において、心電図結果の特徴をみてきたが、スポーツ活動を続行する上で障害となる心電図所見は、一般的には不整脈であり、上室性頻拍、心房細動、心房粗動、上室性期外収縮、心室性期外収縮の多発、Sick Sinus 症候群、II度、III度房室ブロックが上げられる¹⁵⁾。スポーツ中の突然死は、その発生状況がいわゆる瞬間死であることが多く、その機序としては心室細動による不整脈死というものが最も考えやすい。成人では、その背景に潜在性の虚血性心疾患があり、スポーツ中の強い心筋の虚血によって、心室細動を生じ、死に至ったと考えるの

が最も多い機序であると思われる。心室細動は致死性があるので、一過性のものを除き手遅れとなることが多いことから、スポーツ中の危険な心電図という意味では、心室細動に移行しやすい心電図の方が重要であると言われる¹⁶⁾。それらの心電図としては、心室頻拍、心室性期外収縮があげられる。心室性期外収縮は本研究においても認められており、危険な心室性期外収縮としてあげられる R on T 型の所見者は認められなかったが、連発型の者は認められている。これらの者はその背景として虚血性心疾患、心筋炎、肥大及び拡張型心筋症のことが多いと言われている¹⁷⁾。更に、直ちに死に結びつかなくても、スポーツ中に発生することにより、それが心臓からの心拍出力の減少につながり、スポーツ活動の障害となる不整脈としては、上室頻拍、心房細動、心房粗動、上室性期外収縮又は心室性期外収縮の多発などがある。本研究において1例ではあるが、WPW 症候群所見者が認められている。WPW 症候群は上室頻拍、心房細動を生じやすく、さらには心室細動につながるものとして注意すべき所見である。また不整脈ではないが、それらが発生すると前述の不整脈を発生しやすくなるものとして、ST 部の上昇・下降などの虚血性変化があり、スポーツを続行することで、心室頻拍に陥ることが少なくないと言われる¹⁸⁾。尚、虚血性変化に関しては、スポーツ選手に貧血傾向の者が多いことから、血液検査による結果などからの検討も必要であると考えられる。

IV. ま と め

1992年度の男子大学運動部新入生76名に対して、安静時及び運動負荷心電図撮影を行った結果、以下のような成績を得た。加えて、大学入学以前の心電図撮影状況を調査した。更に、1987年度から1992年度の546名の結果について検討した。

1. 1992年度報告 (男子)

1) 運動選手の5名(6.6%)は、大学入学までに心電図撮影をしていなかった。そして、5名中

- 4名が心電図上に異常を認めた。
- 2) 心電図撮影経験者中、運動負荷試験を経験した者はいなかった。
 - 3) 心電図上で24名(31.6%)は、正常範囲であった。
 - 4) 早期再分極の所見は、運動選手の29名(38.2%)にみられた。
 - 5) 左心室肥大の所見は、運動選手の6名(7.9%)にみられた。
 - 6) 洞性徐脈の所見は、運動選手の5名(6.5%)にみられた。
 - 7) 心室性期外収縮の所見は、運動選手の5名(6.5%)にみられた。
 - 8) 洞性不整脈の所見は、運動選手の4名(5.3%)にみられた。
 - 9) 上室性期外収縮の所見は、運動選手の3名(3.9%)にみられた。
 - 10) 運動負荷によって、心室性期外収縮の所見が運動選手の3名にみられた。
 - 11) 運動負荷によって、上室性期外収縮の所見が運動選手の2名にみられた。

2. 1987年から1992年度までの結果(男子)

- 1) 心電図上で275名(50.4%)は、正常範囲であった。
- 2) 早期再分極の所見は、運動選手の94名(17.2%)にみられた。
- 3) 洞性不整脈の所見は、運動選手の40名(7.3%)にみられた。
- 4) 洞性徐脈の所見は、運動選手の31名(5.7%)にみられた。
- 5) 左心室肥大の所見は、運動選手の27名(4.9%)にみられた。
- 6) 不完全右脚ブロックの所見は、運動選手の22名(4.0%)にみられた。
- 7) 心室性期外収縮の所見は、運動選手の20名(3.7%)にみられた。
- 8) 上室性期外収縮の所見は、運動選手の11名(2.0%)にみられた。
- 9) 反時計回りの所見は、運動選手の11名(2.0%)

にみられた。

以上のようなことが認められた。1987年度からの546名の結果については、今回は心電図所見のみの検討となったが、前述したようにスポーツ選手に貧血傾向の者が多いことから、血液検査との関係や運動種目と形態の関連など、さらに、本研究では新入生を対象としているが、卒業時の運動負荷心電図撮影も実施し、大学におけるスポーツ活動が、心機能に与える影響を検討することも必要であると考えられる。

なお、本研究は東海大学運動クラブ健康管理研究会に所属するクラブの監督、宇野勝、白瀬英春、平岡秀雄、山並義孝、成田明彦、堀江繁氏等、及び医学部付属病院の協力によるものである。

参考文献

- 1) 稲垣義明、宇佐美暢久：エルゴメトリー—エルゴメーター負荷試験による心臓病診断、新興医学出版社、1980
- 2) 小宮秀一、佐藤方彦、安河内朗：体組成の科学、朝倉書店、1988
- 3) 中野昭一、三田信孝、森山安弘：運動中における心機能監視の一方法—ST segment level, ST slope の継時的測定、東海大学紀要体育学部、第8輯、127-133、1978
- 4) 松本越生、松本秀俊、佐藤宏：スポーツ選手の心電図変化について、体力科学、第25巻、第1号、16-27、1976
- 5) 南谷和利：スポーツと健康—競輪選手の特長性、からだの科学、89号、62、1979
- 6) 三田信孝、今川正浩、成田明彦、堀江繁、三神美和、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(V)—1991年度報告、東海大学スポーツ医科学雑誌、第5号、50-57、1993
- 7) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(IV)—1990年度報告と1986年度からの女子新入生の身体的特徴と心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第4号、52-59、1992
- 8) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(III)—1989

- 年度報告と柔道選手の身体的特徴と心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第3号、36-43、1991
- 9) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(II)－1988年度報告と心室性期外収縮者の身体的特徴、東海大学スポーツ医科学雑誌、第2号、41-47、1990
- 10) 三田信孝、長谷川聖修、積山和明、今村修、寺尾保、加藤達郎、本間隆夫、荒川正一、小村渡岐鷹、齋藤勝、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(I)－身体的特徴と安静時及び運動中の心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、12号、39-45、1989
- 11) 村山正博、小堀悦孝、坂本静男、川原貴：スポーツのためのメディカルチェック、文光堂、1987
- 12) 村山正博：スポーツが危険な心電図－成人の場合、別冊日経スポーツメディスン、日経BP社、14-25、1988

陸上競技男子投擲選手における
心理的適性についての一考察（そのⅠ）

—TSMIとY-G 検査について—

小村渡岐麿 (体育学部体育学科) 石田 義久 (体育学部体育学科)

河野 優一 (体育学研究科修士)

A Study on the Psychological Aptitudes of male Throwing Athletes
(Part I)

—By TSMI & Y-G Test—

Tokimaro OMURA, Yoshihisa ISHIDA,
and Yuichi KAWANO

Abstract

1. Purpose: This paper represents the Psychological aptitudes of male throwing athletes and contributes to the improvement of athletic ability from now on.
2. Procedure:
 - 1) Tests: (1) Taikyo Sport Motivation Inventory (TSMI)
(2) Yatabe-Guilford Personality Inventory (Y-G Test)
 - 2) Subjects: (1) N-University Group: 20 athletes
(2) C-University Group: 15 athletes
(3) T-University Group: 25 athletes
(4) General Persons Group: 20 athletes
 - 3) Testing Term: From the middle of June to the middle of July in 1992
3. Results:
 - 1) TSMI: The general persons group performs in the same rank or one rank higher than the other students' groups in most of all item scales, except in TS10 item scale, it performs one rank lower than the other students' groups.
 - 2) Y-G Test: The general persons' group was categorized in D' Type, and students' groups was in A Type. Groups categorized in D Type seemed to be more athletic motivation.
4. Conclusion: From the point of view: the general persons vs. students, athletic performance level, athletic career, categorized type of personality, athletic motivation and personality seem to be the important Psychological aptitudes for male throwing athletes.

I. はじめに

現代のスポーツはスポーツ科学の進歩にともない、トレーニング法をはじめとして科学的手法が顕著に導入され、スポーツ・パフォーマンスも飛躍的に向上した。

スポーツ・パフォーマンスの向上のための要因としては種々なものがあげられようが、主として、身体的要因、技術的要因、心理的要因の三つがあげられよう。

今日のスポーツ界ではメンタル・トレーニング、精神適性、メンタル・コンディショニングなど心理学的側面にスポットをあて、成果をあげてきている。

本研究は近年、東海大学陸上競技部のなかでも投擲ブロックの活躍は顕著なものがみられる。そこで、競技に対する意欲や競技者のパーソナリティがパフォーマンスの向上に大きく影響するものと考え、それらの心理的要因をさぐることによって、今後の競技力向上の一助としたい。

II. 方 法

1. 調査対象者

本調査では、陸上競技男子投擲選手を対象とし、

学生群として、N大学20名、C大学15名、T大学25名、及び社会人20名の合計80名である。このうち、回収できたものは、N大学15件、C大学7件、T大学23件、社会人15件の計60件で回収率は75%であった。

1) 競技レベルの分類

TSMIフェイスシートの過去に出場した最高レベルの大会の回答より、①外国で行われた国際大会と②国内で行われた国際大会の出場者をHigh performance level group、③全国大会と④地域大会の出場者をAverage performance level groupとした。

2) 経験年数の分類

競技経験年数7年以上の競技者をLong experience group、7年未満の競技者をShort experience groupとした。

2. 調査時期及び方法

1992年6月中旬から7月中旬にかけて郵送により解答を求めた。

3. 調査内容

本調査ではTSMI (Taikyo Sport Motivation Inventory) : 競技意欲 (達成動機) テストと矢田部・ギルフォード性格検査 (Yatabe-Guilford Personality Inventory) を実施した。

表1 被験者の内訳

Table 1 Composition of subjects.

(%)

Item	T-Univ. students	N-Univ. students	C-Univ. students	The general persons	Total
SP	5 (8.3)	4 (6.6)	3 (5.0)	3 (5.0)	15 (25.0)
DT	6 (10.0)	3 (5.0)	1 (1.6)	4 (6.6)	14 (23.3)
HT	8 (13.3)	4 (6.6)	0 (0.0)	2 (3.3)	14 (23.3)
JT	4 (6.6)	4 (6.6)	3 (5.0)	6 (10.0)	17 (28.3)
Total	23 (38.3)	15 (25.0)	7 (11.6)	15 (25.0)	60 (100.0)

SP : Shot-putters, DT : Discus throwers, HT : Hammer throwers, JT : Javelin throwers.

4. 統計処理法

社会人と学生、High performance level group と Average performance level group、Long experience group と Short experience group における比較には t 検定 (nonpaired t-test) を用いた。

また、種目別 (SP、DT、HT、JT)、性格類型別 (A type, B type, C type, D type) の比較には分散分析 (one-way analysis of variance; one-way ANOVA) を用いた。

なお、統計的有意水準は $P < 0.05$ とした。

III. 結果と考察

1. 社会人と学生群の比較

1) 競技意欲について

社会人 (SP: N=3, DT: N=4, HT: N=2, JT: N=6) と学生群 (SP: N=12, DT: N=10, HT: N=12, JT: N=11) の競技意欲を比較した結果が表 2 である。

また、これらの平均得点を標準化されたスタナイン得点に修正し、プロフィールとして示したものが図 1 である。

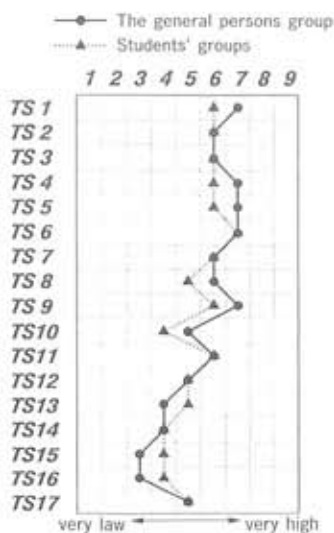


図 1 TSMI の平均プロフィール
Fig. 1 Mean profiles of TSMI.

プロフィールのスタナイン得点からみると、社会人においては、TS1: 目標への挑戦、TS4: 練習意欲、TS5: 情緒安定性、TS6: 精神的強靭さ、TS9: 計画性の尺度では第 7 段階のやや高い傾向を示し、TS15: 失敗不安、TS16: 緊張性不安の尺度では第 3 段階のやや低い傾向を示した。また学生群では、TS6: 精神的強靭さが第 7 段階を示すほかはおよそ平均的である。両者を比較すると、

表 2 TSMI における社会人と学生群の比較

Table 2 Comparison between the general persons group and students' groups in TSMI.

TSMI scale	The general persons group N=15	Students' groups N=45
TS 1	25.8 ±4.6	24.0 ±3.7
TS 2	26.1 ±4.4	25.6 ±3.5
TS 3	25.1 ±4.8	24.6 ±4.2
TS 4	21.8 ±5.3	19.9 ±3.8
TS 5	21.8 ±5.0	20.9 ±3.7
TS 6	23.0 ±4.5	22.6 ±3.4
TS 7	27.4 ±3.4	26.8 ±3.7
TS 8	24.5 ±5.9	22.3 ±4.9
TS 9	22.9 ±4.4	22.0 ±3.8
TS10	25.0 ±3.8	24.4 ±3.5
TS11	27.3 ±4.1	25.4 ±4.2
TS12	21.6 ±5.2	21.0 ±4.9
TS13	20.1 ±5.5	21.6 ±4.5
TS14	16.3 ±6.4	16.2 ±4.3
TS15	15.5 ±4.5	18.0+ ±5.1
TS16	14.9 ±4.1	17.2+ ±4.4
TS17	18.7 ±5.1	19.3 ±3.8

Values are Mean ±SE. Comparison between the general persons group and students' groups are no significance.
+ : .10 < p < .05

社会人は学生群より、ほとんどの尺度で同段階が1段階上を示しているが、TS10：努力への因果帰属の尺度においてのみ1段階低い傾向を示した。

2) パーソナリティについて

社会人と学生群の性格特性を比較した結果が表3であり、各性格特性の平均をプロフィールとして示したものが図2である。

Y-G テスト平均プロフィールからみると、社会人はD'型、学生群はA型を示した。

性格特別にみると、有意差のみられた尺度は、D：抑鬱性(p=0.0179, df=58)、C：回帰性傾向(p=0.0003, df=58)、I：劣等感(p=0.0027, df=58)、N：神経質(p=0.0056, df=58)、O：客観性がないこと(p=0.0186, df=58)、Co：協調性がないこと(p=0.0113, df=58)、T：思考的外向(p=0.0001, df=58)であった。

つまり学生群より社会人のほうが、抑鬱性、気分の変化、劣等感は少なく、神経質ではないなどの情緒の安定性や客観的・協調的であり、思考は外向であるといえる。

これらの点から考察するに、社会人のほうが、丹羽²¹⁾のいうところの運動選手に共通する性格特性、すなわち、気質領域では、抑鬱性は少なく、神経質ではなく、明朗であり、意志的・知的領域では、深く思索する傾向や劣等感は少なく、独断的などがみられる。態度あるいは行動の領域では、常識的な行動をとり、社会的には外向を示

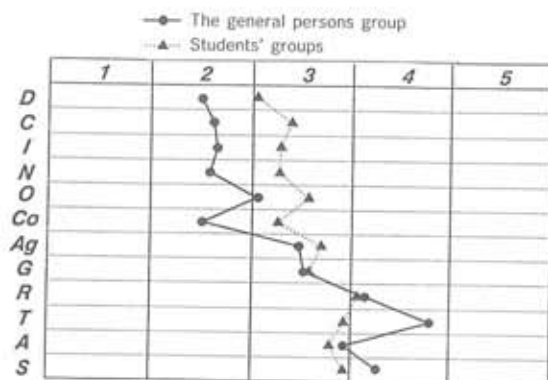


図2 Y-G テストの平均プロフィール
Fig. 2 Mean profiles of Y-G Test.

し、活動的で攻撃的で支配的傾向があり、男性的であることとおよそ一致しているように思われる。

2. 競技レベルの比較

1) 競技意欲について

TSMI フェイスシートの過去に参加した最高レベルの大会により、High performance level group と Average performance level group にわけた。その結果を表3に示した。また、これらの

表3 TSMI における競技レベルの比較

Table 3 Comparison between high and Average performance level group in TSMI.

TSMI scale	High N=23	Average N=37
TS 1	25.3 ±4.4	23.8 ±3.7
TS 2	25.9 ±4.3	25.7 ±3.3
TS 3	24.6 ±4.5	24.8 ±4.2
TS 4	20.7 ±5.0	20.2 ±3.8
TS 5	21.7 ±4.5	20.8 ±3.7
TS 6	23.2 ±3.9	22.4 ±3.6
TS 7	27.5 ±4.1	26.6 ±3.3
TS 8	23.3 ±5.5	22.5 ±5.0
TS 9	22.6 ±4.1	22.0 ±3.8
TS10	25.1 ±3.7	24.3 ±3.5
TS11	26.9 ±3.9	25.3 ±4.4
TS12	20.5 ±5.5	21.6 ±4.6
TS13	20.1 ±5.6	21.9 ±4.1
TS14	16.5 ±6.0	16.1 ±4.1
TS15	15.8 ±4.7	18.4+ ±5.0
TS16	14.8 ±4.1	17.8* ±4.3
TS17	18.9 ±4.3	19.4 ±4.0

Values are Mean ±SE. High: High performance level group. Average: Average performance level group.
*: p<.05, +: .10<p<.05

平均得点を標準化されたスタナイン得点に修正し、プロフィールとして示したものが図3である。

プロフィールのスタナイン得点からみると、High performance level groupは、目標への挑戦、情緒安定性、精神的強靱さの尺度において第7段階のやや高い傾向を示したものの、失敗不安、緊張性不安の尺度では第3段階のやや低い傾向を示した。また、Average performance level groupは、全尺度においておよそ平均的である。両者を比較すると、High groupはAverage groupより、ほとんどの尺度で同段階か、1段階上であるが、コーチ受容、失敗不安、緊張性不安は1段階低い傾向を示した。

競技レベルの高い競技者ほどいわゆる「やる気」の高い者と予測されたが、競技意欲においてネガティブな方向を示すTS16：緊張性不安 ($p=0.0116$, $df=58$)の尺度においてのみ、High groupが有意に低いという結果を示した。

西田ら¹⁰⁾は高校全国大会出場選手(名古屋インターハイ)とTSMIの基準集団とを比較している。有意に差がみられた尺度は、目標への挑戦、緊張性不安、冷静な判断、精神的強靱さ、コーチ受容、知的興味、不節制、計画性であり、緊張性

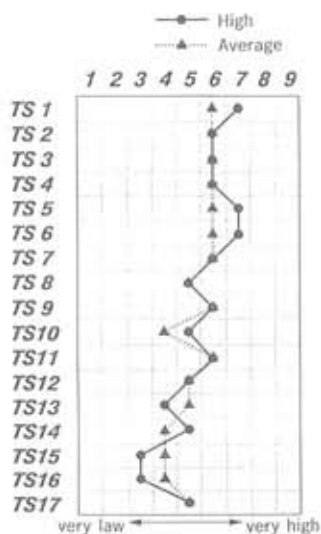


図3 TSMIの平均プロフィール
Fig. 3 Mean profiles of TSMI. High: High performance level group, Average: Average performance level group.

不安においては本研究と同じく弁別性を示している。

以上のことから、High groupはリラクゼーションなどの自己コントロール技術、または情動的な緊張を抑える傾向が優れていることを示している。そのほかの尺度に関して有意差がみられなかったのは、被検者のほとんどが全国大会以上の出場経験者であることや、競技レベルが接近していたことや、各種目の特性が関与していたために「やる気」における弁別性はあまり見出せなかったと考えられよう。

2) パーソナリティについて

High groupとAverage groupの性格特性の結果が表4であり、各性格特性の平均をプロフィールとして示したものが図4である。

表4 Y-Gテストの性格特性における競技レベルの比較
Table 4 Comparison between high and average performance level group in the personality traits of Y-G test.

Personality traits	High N=23	Average N=37
Depression	5.6 ±5.7	8.8* ±5.1
Cyclic Tendency	6.8 ±5.4	9.8* ±4.1
Inferiority Feelings	4.7 ±4.2	7.7* ±4.7
Nervousness	5.6 ±4.8	8.8* ±4.8
Lack of Objectivity	6.4 ±3.9	8.4* ±3.4
Lack of Cooperativeness	5.3 ±3.9	7.7* ±3.9
Lack of Agreeableness	12.3 ±3.9	11.4 ±3.6
General Activity	11.0 ±4.4	12.0 ±4.2
Rhathymia	13.1 ±3.8	12.8 ±3.7
Thinking Extraversion	13.3 ±4.6	10.1** ±3.7
Ascendance	11.8 ±4.3	9.9+ ±3.7
Social Extraversion	14.8 ±4.6	13.5 ±3.7

Values are Mean ±SE. High: High performance level group, Average: Average performance level group.
*: $p<.05$, +: $.10<p<.05$

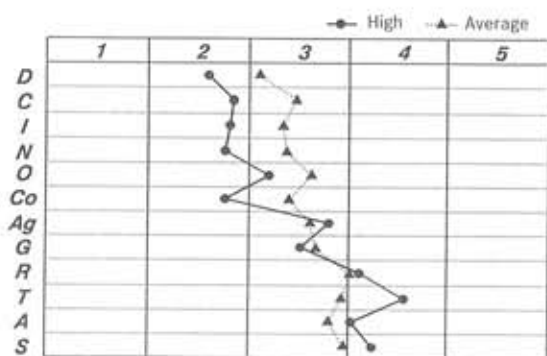


図4 Y-Gテストの平均プロフィール

Fig. 4 Mean profiles of Y-G test. High: High performance level group, Average: Average performance level group.

Y-G 平均プロフィールでは High group は D 型を示し、Average group は A 型を示している。

性格特異性にみると、有意差のみられた尺度は、抑鬱性 (D)、回帰性傾向 (C)、劣等感 (I)、神経質 (N)、客観性がないこと (O)、協調性がないこと (Co)、思考的外向 (T) であった。

High group は Average group より抑鬱性、気分の変化、劣等感は少なく、神経質ではないなどの情緒の安定性や客観的・協調的であり、思考は外向的であるといえよう。これらのことは、丹羽²¹⁾の運動選手に共通する性格特性とほぼ一致しているといえよう。

IV. まとめ

本研究は陸上競技男子投擲選手の心理的適性を明らかにするために競技意欲やパーソナリティを手がかりとして、①社会人と学生群の比較、②競技レベル別比較、③競技経験年数別比較、④競技種目別比較、⑤性格類型別比較を試みたが、③、④、⑤については(そのII)で報告することとし、今回の(そのI)では①と②の観点から以下のような結果が得られた。

1. 社会人と学生群の比較では、競技意欲について、全ての尺度において有意差はみられず、種

目の特性が関与しているためか「やる気」の弁別性はみられなかった。

パーソナリティについては、社会人の平均プロフィールは D' 型、学生群は A 型を示し、社会人のほうが学生群よりも、抑鬱性、気分の変化、劣等感は少なく、神経質でないなどの情緒の安定性や客観的・協調的であり、思考は外向的であるといえる。

2. 競技レベルからみると、競技意欲については High performance level group のほうが、リラクゼーションなどの自己コントロール技術、または情動的な緊張を抑える傾向が優れていた。

パーソナリティについては High performance level group は D 型、Average performance level group は A 型を示した。性格特性は High performance level group は Average performance level group より、抑鬱性、気分の変化、劣等感は少なく、神経質でないなどの情緒の安定性や客観的・協調的であり、思考は外向的であった。

引用・参考文献

- 1) 阿部正臣、梶原洋子、木村一郎(1987): TSMI からみた第10回ソウル・アジア大会日本代表陸上競技選手の心理的適性について—女子選手を中心として—: 文教大学教育学部紀要21、117-125
- 2) Charles A. Garfield, and Hal Zina Benett (1984): Peak performance: Jeremy P. Tarcher
- 3) 藤善尚憲(1985): Q58 心理的にすぐれた適性を持つ人はどのような人か: スポーツ心理学Q&A、127
- 4) 花田敬一、藤善尚憲、河瀬雅夫(1966): 身体運動によって影響される性格特性の追跡的研究: 体育学研究第9巻第4、5号、83-90
- 5) 花田敬一、藤善尚憲、河瀬雅夫(1966): スポーツマンの性格について: 体育学研究第11巻第1号、9-16
- 6) 花田敬一、竹村昭、藤善尚憲(1974): スポーツマンの性格: 不味堂出版
- 7) 堀本宏、岡沢祥訓、吉沢洋二、猪俣公宏、新井春生(1986): バスケットボール選手の心理的適性—

- 実業団バスケットボール選手の競技レベルと性差からみた TSMI と MPI に関する考察—：中京女子大学紀要第20号、69-75
- 8) 堀本宏、吉沢洋二、岡沢祥訓、猪俣公宏(1987)：ポジション別にみたバスケットボール選手の心理的適性に関する研究：スポーツ心理学研究第14巻第1号、104-109
- 9) 北川昌美、豊田一成、西田保、青井洋、長野正(1983)：サッカーに関する心理学的研究—TSMI と Y-G の関連性—：日本体育学会第34回大会、668
- 10) 久保玄次(1982)：女子スポーツ選手の競技に対する意欲・態度について—競技レベルによる差とシーズン—オフシーズンの変動—：日本体育協会スポーツ科学研究報告：140-142
- 11) 久保玄次、加賀秀夫(1987)：愛媛県代表国体出場選手における競技種目類型及び競技成績と TSMI の得点との関係：スポーツ心理学研究第14巻第1号、100-103
- 12) 松田岩男、猪俣公宏、落合優、加賀秀夫、下山剛、杉原隆、藤田厚(1980)：スポーツ選手の心理的適性に関する研究—第1報、第2報—：日本体育協会スポーツ科学研究報告、1-63
- 13) 松田岩男、猪俣公宏、落合優、加賀秀夫、山下剛、杉原隆、藤田厚(1981)：スポーツ選手の心理的適性に関する研究—第3報—：日本体育協会スポーツ科学研究報告、1-39
- 14) 松田岩男、猪俣公宏、落合優、加賀秀夫、山下剛、杉原隆、藤田厚(1982)：スポーツ選手の心理的適性に関する研究—第4報—：日本体育協会スポーツ科学研究報告、1-73
- 15) 西田保、松井秀治(1983)：TSMI からみた高校全国大会(名古屋インターハイ)出場陸上競技選手の心理的適性について、競技種目別競技力向上に関する研究—第7報—：日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、424-436
- 16) 岡沢祥訓(1985)：Q39 スポーツ適性としてパーソナリティを考える場合、どのようなパーソナリティ理論が有効か：スポーツ心理学 Q&A、90-91
- 17) 岡沢祥訓(1985)：卓球選手の心理的適性に関する研究—TSMI、上がり、精神力、MPI、の競技力の予測性について—：中京大学紀要第19号、73-77
- 18) 小村渡岐磨、宮川千秋、今村義正(1980)：陸上競技における短距離選手と長距離選手の精神的特徴について：スポーツマンの性格、杏林書院、131-143
- 19) 杉原隆(1974)：スポーツとパーソナリティ：新体育 Vol. 44、18-21
- 20) 杉原隆(1982)：女子スポーツ選手の経験年数からみた競技動機の特徴：日本体育協会スポーツ科学報告：12-21
- 21) 丹羽功昭(1965)：スポーツと人間形成：スポーツ科学講座・6・スポーツの心理、大修館、66-107
- 23) 辻岡美延(1980)：新性格検査法—Y-G 性格検査実施・応用・研究手引き—：日本・心理テスト研究所
- 24) 上田雅夫(1985)：Q57 スポーツ適性とはどのようなことか：スポーツ心理学 Q&A、126-127
- 25) 上田雅夫(1986)：スポーツ適性：講座・現代スポーツ科学 8、スポーツと競技の心理、大修館、13-50
- 26) 吉井泉(1992)：TSMI と MPI からみた長距離選手の心理的適性—実業団男子駅伝選手を対象として—：中京大学体育学論叢、33(2)、99-110
- 27) 吉沢洋二、堀本宏、新井春生、猪俣公宏、岡沢祥訓(1984)：バスケットボール選手の心理的適性—高校バスケットボール選手の TSMI の特徴について—：総合保健体育科学 Vol. 7、No. 1、99-110
- 28) 吉沢洋二、堀本宏、新井春生、岡沢祥訓、猪俣公宏(1986)：大学バスケットボール選手の TSMI の特徴について：名古屋経済大学人文科学論集第38号、109-125

骨格筋の強縮に伴う水のダイナミクス

栗田 太作 (医学部神経内科)

灰田 宗孝 (医学部神経内科)

篠原幸人 (医学部神経内科)

古橋栄介 (理学部物理学科)

新屋敷直木 (理学部物理学科)

三浦信廣 (理学部物理学科)

真下悟 (理学部物理学科)

Dynamics of Water under Tetanus in Skeletal Muscle

Daisaku KURITA, Munetaka HAIDA,
Yukito SHINOHARA, Eisuke FURUHASHI,
Naoki SHINYASHIKI, Nobuhiro MIURA,
and Satoru MASHIMO

Abstract

Dielectric relaxation measurements by the use of a time domain reflectometry method were performed on Gastrocnemius Muscle of *Rana catesbeiana* to examine the roll of water in the muscle cell. The muscle in vivo is measured at rest, on tetanus by electric impulse and after tetanus. At the same time, the blood flow, number density of red blood cells and temperature are also measured by the laser flow meter and thermocouple, respectively. Four dielectric relaxation processes could be found around 1.6KHz, 40KHz, 100 MHz and 13GHz, respectively, which are assigned electrode polarization, migration of counterion on biomaterial, orientation of bound water and orientation of free water, respectively. On tetanous, the free water increases by 3.3% compared with that at rest, and at 30 and 55 minutes after tetanus it increases by 7.9% and 9.4%, respectively. On the other hand, the blood flow and number density of red blood cells decreases at 55 minutes after tetanus. These results indicate that the increase of free water is not caused by the blood flow and number density of red blood cells, but by the generation of water by aerobic glycolysis, and also by the ooze of water from a blood vessel to muscle cell by concentration gradient brought from generating lactic acid by anaerobic glycolysis. Amount of bound water on tetanus increases by 59%. However, after tetanus it returns to the value at rest. The relaxation time on tetanus increases too. These results suggests that the conformational change of the protein in Myofibrils has a relation to the bound water in muscle cell.

I. はじめに

筋は、形態的機能的に3つに分類される。すなわち、骨格筋、心筋、および平滑筋である。骨格筋は、体性筋肉系の大部分を構成している。手足の運動などは、骨格と関節および靭帯とそれらに付着した筋群、すなわち骨格筋の収縮により行われる。骨格筋にある細長い筋繊維（骨格筋細胞）は、たくさんの細胞が融合してできた大きな1個の多核細胞である。骨格筋細胞は、全長にわたり数 μm の長い円筒状の筋原繊維により構成され、細胞質の大部分（乾燥重量の約3分の2）を占めている。筋原繊維は、更に太いフィラメントと細いフィラメントに分けられそれぞれ異なった収縮性の蛋白質により構成されている¹⁾。

一方、誘電緩和の測定により観測できる現象は、ポリグルタミン酸水溶液²⁾、ポリビニルピロリドン水溶液³⁾、球状蛋白質水溶液⁴⁾、コラーゲン⁵⁾、DNA⁶⁾などの合成および生体高分子—水系において高分子のオーバーオールローテーション、高分子鎖のミクロブラウン運動、カウンターイオンの挙動、さらに結合水、自由水の配向などの緩和過程として観測される。骨格筋は、収縮性の蛋白質などの生体高分子、アデノシン三リン酸(ATP)などの有機小分子、および無機イオン等と水との相互作用により構成された複雑な系であり、どのような緩和過程が観測されるのか興味がある。時間領域反射法(Time Domain Reflectometry method; TDR法)は、100Hz~20GHzにおよぶ広帯域、高周波数領域の誘電緩和スペクトルを測定することが可能であり、複合誘電体である骨格筋に応用することにより、いくつかの緩和過程を観測できる可能性がある。

そこで本研究は、骨格筋の静止時、電気刺激による強縮時、および強縮後において誘電緩和の測定を行い、得られた誘電緩和スペクトルから、骨格筋における水を観測し、その役割について考察した。

II. 実験方法

1. 対象

対象は、ウシガエル (bull-frog: *Rana catesbeiana*) ♂、480gとした。測定部位は、右下肢の腓腹筋とした。エーテル麻酔下で右下肢の皮膚を除去し腓腹筋の筋膜を剝離した。そして、室温24°Cにおいて *in vivo* の状態で腓腹筋の静止時、電気刺激による強縮時、および強縮後における誘電緩和の測定を行い、同時に腓腹筋の血流量と赤血球量の相対的变化および温度の測定を行った。

2. 腓腹筋の強縮

電気刺激に用いた pulse を Fig. 1 に示す。腓腹筋の腱と腱との間に印加電圧2.1V、pulse 幅31 μsec 、pulse 間隔50msec (20Hz) により腓腹筋の強縮を得た。

3. Laser flow meter による腓腹筋の血流量と赤血球量の相対的变化⁸⁾

TDR 法による誘電緩和の測定と同時に Laser flow meter により腓腹筋の血流量 (Flow) と赤血球量の相対的变化 (Mass) を測定した。Fig. 2 で示すように腓腹筋の筋膜を剝離し TDR 測定用電極、Laser flow meter 用 Probe、および熱電対を生理的組織接着剤 (ヘキストジャパン社製ペリプラスト P: Fibrin Glue) で固定した。

Laser flow meter は、Advance 社製 ALF2100 である。腓腹筋に照射させた He-Ne Laser 光は、波長が632.8nmで出力2mWである。この Laser 光は、光ファイバーにより導かれた Probe 先端より腓腹筋に入射した。入射光は、腓腹筋を透過、散乱あるいは吸収する。筋繊維の毛細血管内を流れる赤血球による散乱光は、赤血球の流速に比例して変調を受ける。変調を受けた散乱光は、光ファイバーにより受光され分析し、Real time で腓腹筋100gにおける1分当りの血流量 (Flow) と赤血球量の相対的变化 (Mass) が演算される。

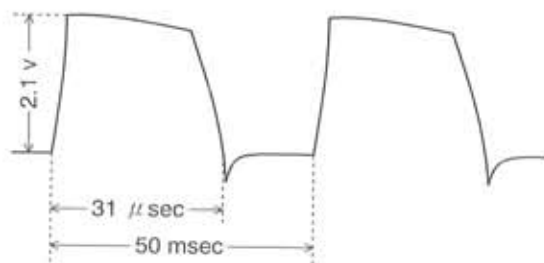


図1 電気刺激に用いた pulse。腓腹筋の腱と腱との間に印加電圧2.1V、pulse幅31μsec、pulse間隔50msec(20Hz)により腓腹筋の強縮を得た。

Fig. 1 Electric impulse. Tetanus was generated by the electric impulse, whose voltage is 2.1v, pulse widths is 31μsec, and pulse interval is 50msec (20Hz) respectively. The impulse was applied to tendon at both ends of Gastrocnemius Muscle.

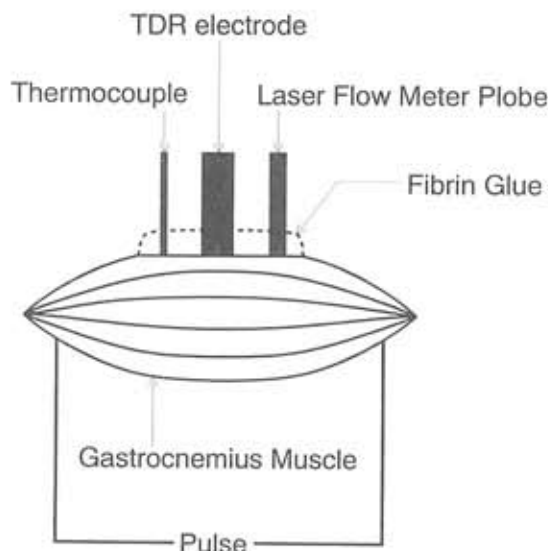


図2 測定部位。腓腹筋の筋膜を剥離し TDR 測定用電極、Laser flow meter 用 Probe、および熱電対を生理的組織接着剤で固定した。

Fig. 2 Measuring spot. The TDR electrode, the Laser Flow Meter Probe, and the Thermocouple were fixed by Fibrin Glue at Gastrocnemius Muscle which was removed muscle membrane.

4. TDR 測定法

TDR 法は、100Hz~20GHzにおよぶ広帯域、高周波数領域の複素誘電率を測定することが可能である。TDR 法の原理については、すでにいろいろな論文で報告されている^{9,10,11,12}。今回用いた TDR 測定装置は、ヒューレット・パッカード社製のデジタルタイミング・オシロスコープ (HP54120B) で、内蔵されているステップ・ジェネレーターにより発生した立ち上がり時間35psecのステップパルス電極から腓腹筋に入射し、その反射波をパーソナルコンピュータでフーリエ交換して、誘電緩和スペクトルを得た。

TDR 測定に用いた電極は、幾何学的長さd、電気長γdで未知試料の複素誘電率ε*と校正試料の複素誘電率εs*から以下の式が与えられる¹³。

$$\epsilon^* = \epsilon_s^* \frac{1 + \{(cf_s) / [(j\omega(\gamma d)\epsilon_s^*] \} \rho f_s}{1 + \{[j\omega(\gamma d)\epsilon_s^*] / (cf_s) \} \rho f_s} \quad (2-1)$$

$$\rho = \frac{\int_0^d [R_s(t) - R_x(t)] \exp(-j\omega t) dt}{\int_0^d [(d/dt)R_s(t)] \exp(-j\omega t) dt - \int_0^d [R_s(t) - R_x(t)] \exp(-j\omega t) dt} \quad (2-2)$$

$$f = Z \cot Z \quad (2-3)$$

$$Z = (\omega d/c) \epsilon^{1/2} \quad (2-4)$$

R_s(t)は校正試料からの反射波、R_x(t)は未知試料からの反射波でjは虚数単位、ωは角周波数、そしてcは光速である。

今回の測定に用いた電極は、d(幾何学的長さ)=0.01mm、γd(電気長)=0.36mmで、校正試料として水を用いた。

III. 結果および考察

Fig. 3は、TDR 法により室温24°Cで測定した in vivo 腓腹筋の静止時における誘電緩和スペクトルである。このように複素誘電率の周波数依存性は、黒丸で示されるように10³から10⁸Hzオーダにおよぶ広い周波数帯域で観測された。上段は、複素誘電率の実部ε'を表した誘電分散曲線、下段は複素誘電率の虚部ε''を表した誘電吸収曲線を示す。この誘電緩和スペクトルは、いくつかの緩和

過程を含み重ね合わせるにより表わせる¹⁴⁾。

$$\epsilon^* = \epsilon_\infty + \sum_n \frac{\Delta\epsilon_n}{[1 + (j\omega\tau_n)^{2\alpha_n}]^{\beta_n}} \quad (3-1)$$

(3-1)式に示す Havriliak-Negami の式を重ね合わせる式を用い、腓腹筋の誘電緩和スペクトルから誘電緩和パラメーターを最小二乗法を用いフィッティング処理して決定した。ここで、 n は緩和過程の数、 ω は角周波数、 τ_n はそれぞれの緩和時間、 $\Delta\epsilon_n$ はその緩和強度、 ϵ_∞ は光学的誘電率、 j は虚数単位、 α_n 、 β_n は緩和時間分布を表すパラメーターである。その結果、Fig. 3の誘電緩和スペクトルは、点線で示されるように4つの緩和過程を重ね合わせるにより最も良く表現できた。これら4つの緩和過程は、1.6kHz、40kHz、100MHz、および13GHz付近に緩和ピークが存在しそれぞれ電極分極¹⁵⁾、生体高分子と相互作用しているイオンの移動すなわちカウンターイオン¹⁶⁾、結合水の配向、および自由水の配向^{6,7)}と解釈した。以下、強縮時および強縮後の測定も同様に行い解析した。

自由水の配向による緩和過程は、13GHz付近に緩和ピークがあり、緩和強度 $\Delta\epsilon_i$ に自由水量が反映される。腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における $\Delta\epsilon_i$ の変化を Fig. 4に示す。強縮に伴い $\Delta\epsilon_i$ は、静止時に比べ3.3%増加し、強縮30分後、55分後もそれぞれ7.9%、9.4%増加した。Laser Flow Meter による腓腹筋の血流量(Flow)と相対的赤血球量(Mass)を Fig. 5と Fig. 6にそれぞれ示す。強縮に伴いFlowは、静止時に比べ32.5%増加し、Massは43.3%増加した。強縮30分後のFlowは、強縮時と同様で変化しないがMassは更に88.9%まで増加した。強縮55分後Flowは静止時に戻ったが、Massは静止時に比べ低値となり44.4%減少した。このことから $\Delta\epsilon_i$ は、腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後いずれも増加傾向を示したが、FlowやMassは、強縮30分後から55分後にかけて減少傾向を示した。従って $\Delta\epsilon_i$ の変化は、直接FlowやMassを反映するのではなく筋繊維の自由水量の変化を反映すると考えられた。

筋収縮の直接のエネルギーは、筋繊維内の高エネルギー磷酸化合物から供給される。その代表的なものとしてアデノシン三磷酸(ATP)がある。ATPが加水分解されADP(アデノシン二磷酸)、さらにAMP(アデノシン一磷酸)に分解されるとき大量のエネルギーが放出され、筋肉の収縮、物質の能動輸送、種々の化合物の合成などに

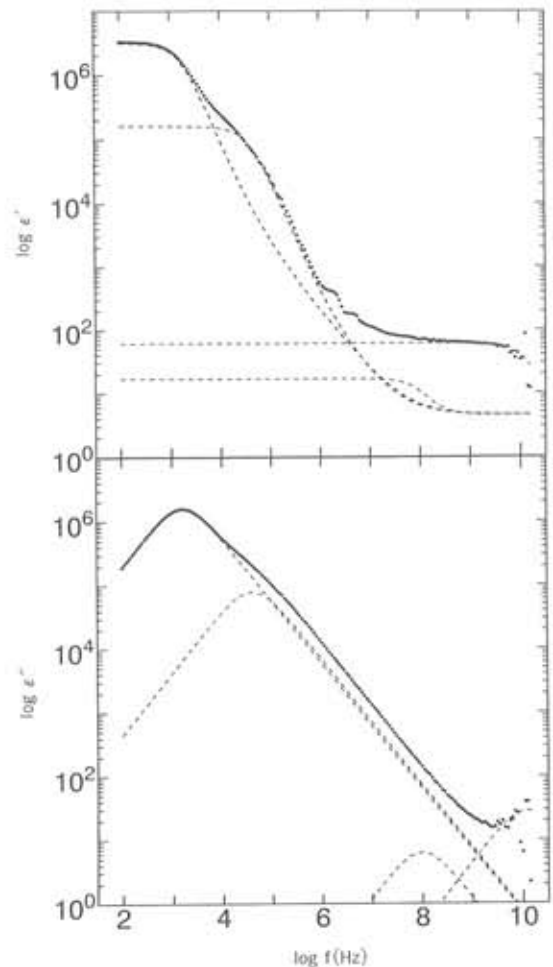


図3 室温24°Cで測定した in vivo 腓腹筋の静止時における誘電緩和スペクトル。上段は、複素誘電率の実部 ϵ' を表した誘電分散曲線、下段は複素誘電率の虚部 ϵ'' を表した誘電吸収曲線を示し、いくつかの緩和過程を含む。

Fig. 3 Dielectric dispersion (ϵ') and absorption (ϵ'') curves for Gastrocnemius Muscle in vivo at rest at 24°C. Broken curve shows each relaxation process separated from total relaxation process.

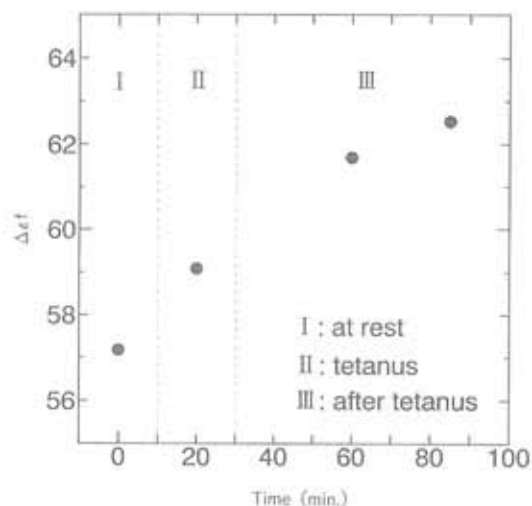


図4 腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における $\Delta \epsilon_f$ (自由水量)の変化。

Fig. 4 Change of $\Delta \epsilon_f$ for Gastrocnemius Muscle during at rest, on tetanus, at 30 and 55 minutes after tetanus respectively.

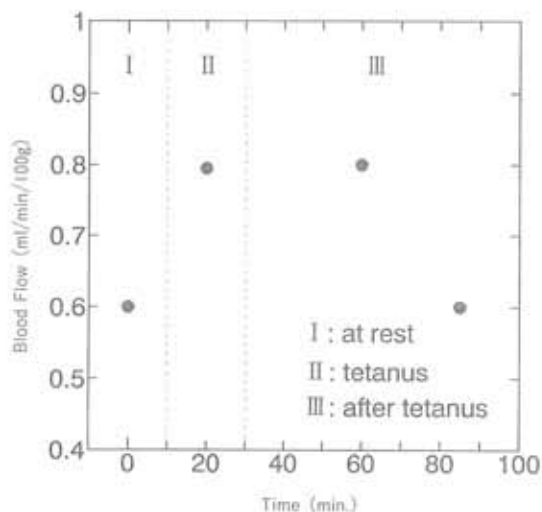


図5 Laser Flow Meterによる腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における腓腹筋の血流量(Flow)の変化。

Fig. 5 Change of the blood flow measured by the Laser Flow Meter for Gastrocnemius Muscle during at rest, on tetanus, at 30 and 55 minutes after tetanus respectively.

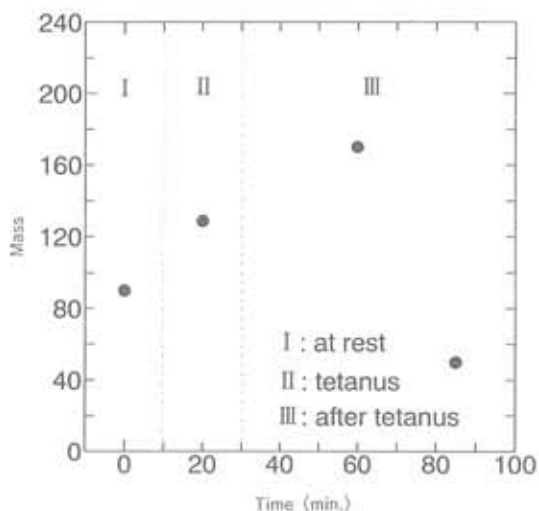


図6 Laser Flow Meterによる腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における腓腹筋の相対的赤血球量(Mass)の変化。

Fig. 6 Change of number density of red blood cells measured by the Laser Flow Meter for Gastrocnemius Muscle during at rest, on tetanus, at 30 and 55 minutes after tetanus respectively.

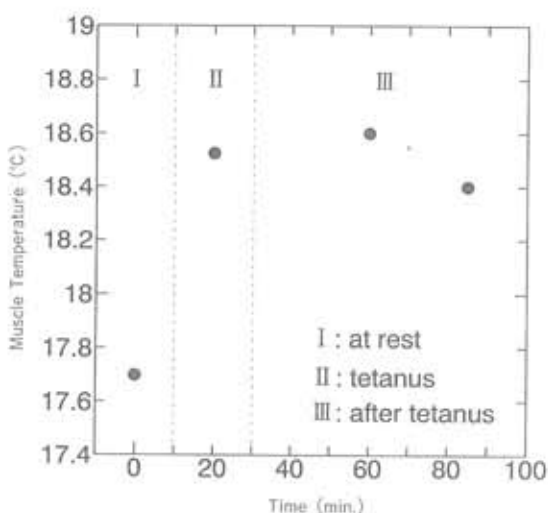


図7 腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における腓腹筋の温度変化。

Fig. 7 Change of temperature for Gastrocnemius Muscle during at rest, on tetanus, at 30 and 55 minutes after tetanus respectively.

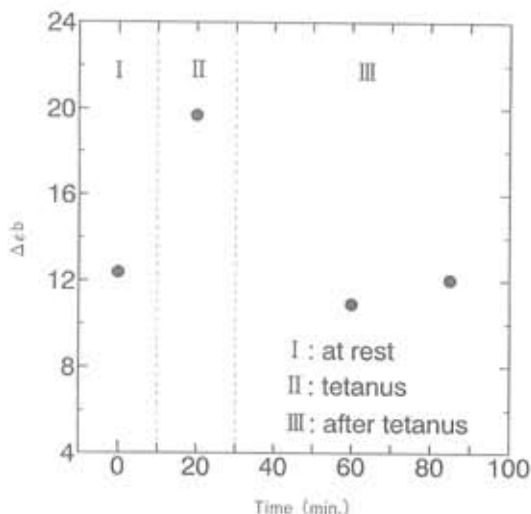


図8 腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における $\Delta\epsilon_b$ (結合水量)の変化。

Fig. 8 Change of $\Delta\epsilon_b$ for Gastrocnemius Muscle during at rest, on tetanus, at 30 and 55 minutes after tetanus respectively.

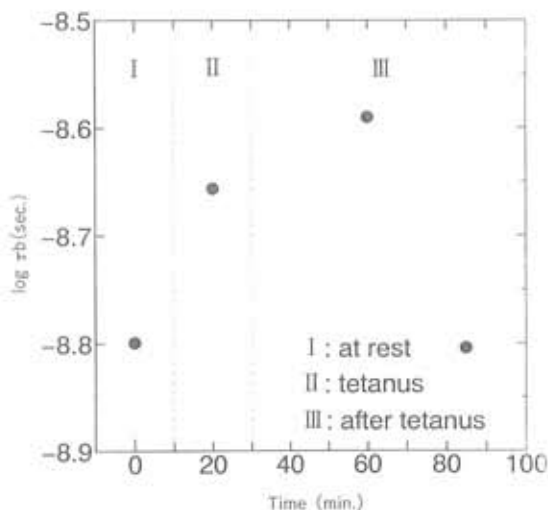


図9 腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における $\log r_b$ (結合水の配向する速度)の変化。

Fig. 9 Change of $\log r_b$ for Gastrocnemius Muscle during at rest, on tetanus, at 30 and 55 minutes after tetanus respectively.

消費される。ATP再合成のためのエネルギーの多くは、グルコースが CO_2 と H_2O に分解されるときに得られる。血流中のグルコースは、筋繊維内に入り、一連の化学反応を経てピルビン酸に分解される。筋繊維内に O_2 が適当量あるとピルビン酸は、クエン酸回路(TCA回路)に入り、この回路と呼吸酵素経路(電子伝達系)を経て CO_2 と H_2O に分解される。この一連の化学変化を有酸素性解糖の過程と言う。また、 O_2 の供給が不十分であるとグルコースより産生されたピルビン酸は、クエン酸回路に入れず乳酸に還元される。このことを無酸素性解糖の過程と言う。今回行った筋収縮は強縮であり、強縮時間が20分におよぶため有酸素性解糖の過程だけではATPを供給しきれず無酸素性解糖の過程も働いたと考えられる。その結果、有酸素性解糖の過程では代謝産物として CO_2 と H_2O が、無酸素性解糖の過程では乳酸が産生されることになる。無酸素性解糖の過程により、筋繊維内で乳酸が産生され増加すると筋繊維外に拡散するが、このとき乳酸の濃度勾配による浸透圧により血管から H_2O の流入が起こる。従って、強縮に伴う自由水量の増加は、この有酸素性解糖の過程により産生された H_2O と無酸素性解糖の過程により産生された乳酸が血管から筋繊維内あるいは外に流入された H_2O であることを示唆している。このときにFlowとMassが増加したのは、筋繊維にグルコースや O_2 を供給して、有酸素性解糖の過程と無酸素性解糖の過程を働かせるためと考えられた。強縮30分後、自由水量はさらに増加したが、これは筋繊維内あるいは外に無酸素性解糖の過程で産生された乳酸が残存し、血管からさらに H_2O を流入させたためと考えられる。このとき、FlowやMassが強縮時よりも更に増加したのは、筋繊維に残存している乳酸を血管に洗い出すためと考えられた。強縮55分後、自由水量は30分後よりも更に増加したが、FlowやMassはほぼ静止時に戻った。このことは、筋繊維の乳酸は血管に洗い出されたが、筋繊維内あるいは外の浸透圧が高く血管から H_2O を流入させる無機イオンや代謝産物による濃度勾配があると考

えられた。

Fig. 7に静止時、強縮時、および強縮30分後、55分後における腓腹筋の温度変化を示す。この様に強縮に伴う初期熱は、静止熱より 0.83°C 上昇し、強縮25、55分後の回復熱は、それぞれ静止熱よりも 0.9°C 、 0.7°C 高値であった。これらの回復熱は、静止時の状態に戻す代謝過程によって産生されるので、供給されるATPが静止時よりも多いことを意味する。このことが強縮55分後FlowとMassはほぼ静止時に戻ったが、自由水量は増加した原因と考えられた。すなわち、筋繊維内あるいは外は、無機イオンや代謝産物の濃度勾配がありATPを供給することにより、静止時の勾配に戻そうとしていることを示している^{17,18,19}。

結合水の配向による緩和過程は、100MHz付近に緩和ピークがあり、緩和強度 $\Delta\epsilon_0$ に結合水量が反映される。腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における $\Delta\epsilon_0$ の変化をFig. 8に示す。強縮に伴い $\Delta\epsilon_0$ は、静止時に比べ59%増加し、強縮30分、55分後はほぼ静止時に戻った。また、腓腹筋の静止時、強縮時および強縮30分後、55分後における $\log \tau_0$ の変化をFig. 9に示す。 $\log \tau_0$ は、結合水の配向する速度を表わし、結合水の束縛力を反映することから強縮時、更に強縮30分後に静止時よりも束縛力は増加し、そして静止時に戻ることが示された。この結合水量と配向する速度の変化は、収縮性タンパク質の立体構造の変化を反映し、強縮による物理的力と結合水量あるいは配向する速度とに相関があることを示している。また、前述の自由水量、Flow およびMass の変化から無酸素性解糖の過程による乳酸の産生により、筋繊維内pH低下に伴う筋繊維構成高分子の構造変化を反映している可能性がある²⁰。

参考文献

- 1) Bruce Alberts, Dennis Bray, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and James D. Watson: Molecular biology of the cell. Garland Publishing Inc. 613-629, 1989.
- 2) S. Mashimo, T. Ohta, N. Shinyashiki, S. Tana-

ka, and S. Yagihara: Dielectric study on chain dynamics of Poly (glutamic acid) in Aqueous solution using the frequency range 10^7 - 10^{10} Hz. *Macromolecules*. 22: 1285-1288, 1989.

- 3) S. Mashimo, N. Miura, N. Shinyashiki, and T. Ota: Dielectric study on molecular motions of Poly (glutamic acid) in aqueous solution over a frequency range of 10^5 - 10^{10} Hz. *Macromolecules*. (in press).
- 4) N. Miura, N. Shinyashiki, and S. Mashimo: Dielectric relaxation of the Kohlrausch-type in aqueous polymer solution. *J. Chem. Phys.* 97: 8722-8726, 1992.
- 5) N. Miura, N. Asaka, N. Shinyashiki, and S. Mashimo: Microwave dielectric study on bound water of globule proteins in aqueous solution. *Biopolymers*. (accepted).
- 6) N. Shinyashiki, N. Asaka, S. Mashimo, S. Yagihara, and N. Sasaki: Microwave dielectric study on hydration of moist collagen. *Biopolymers*. 29: 1185-1191, 1990.
- 7) T. Umehara, S. Kuwabara, S. Mashimo, and S. Yagihara: Dielectric study on hydration of B-, A-, and Z-DNA. *Biopolymers*. 30: 649-656, 1990.
- 8) R. F. Bonner, T. R. Chem, P. D. Bowen, and R. L. Bowman: Laser-Doppler continuous Real-Time monitor of pulsatile and mean blood flow in tissue microcirculation. *Scattering techniques applied to supra-molecular and nonequilibrium systems*. 73: 685-702. 1981.
- 9) R. H. Cole: Evaluation of dielectric behavior by time domain spectroscopy. I. dielectric response by real time analysis. *J. Phys. Chem.* 79: 1495-1469, 1975.
- 10) R. H. Cole: Evaluation of dielectric behavior by time domain spectroscopy. II. dielectric response by real time analysis. *J. Phys. Chem.* 79: 1469-1474, 1975.
- 11) R. H. Cole, S. Mashimo, and P. Winsor IV: Evaluation of dielectric behavior by time domain spectroscopy. 3. Precision difference methods. *J. Phys. Chem.* 84: 786-793, 1980.
- 12) S. Mashimo, T. Umehara, T. Ota, S. Kuwaba-

- ra, N. Shinyashiki, and S. Yagihara: Evaluation of complex permittivity of aqueous solution by time domain reflectometry. *Journal of Molecular Liquids*. 36: 135-151, 1987.
- 13) K. Imamatsu, R. Nozaki, S. Yagihara, S. Mashimo, and M. Hashimoto: Evaluation of dielectric relaxation spectrum of phospholipids in solution by time domain reflectometry. *J. Chem. Phys.* 84: 6511-6517, 1986.
- 14) S. Havriliak, and S. Negami: A complex plane representation of dielectric and mechanical Relaxation processes in some polymers. *Polymer*. 8: 161-210, 1967.
- 15) Nora E. Hill, Worth E. Vaughan, A. H. Price, and Mansel Davies: Dielectric properties and Molecular behaviour. Van Nostrand Reinhold company Ltd. 285-287, 1969.
- 16) M. Mandel: Dielectric Properties of charged linear macromolecules with particular reference to DNA. *Ann. NY Acad. Sci.* 303: 74-87, 1977.
- 17) Sjogaard, Gisela, and Bengt Saltin: Extra- and intracellular water spaces in muscles of man at rest and with dynamic exercise. *Am. J. Physiol.* 243: 271-280, 1982.
- 18) James L. Fleckenstein, Robert C. Canby, Robert W Parkey, and Ronald M. Peshock: Acute effects of skeletal exercise on MR imaging of skeletal muscle in normals volunteers. *AJR.* 151: 231-237, 1988.
- 19) Fisher MJ, Meyer RA, Adams GR, and Foley JM, Potchen EJ: Direct relationship between proton T2 and exercise intensity in skeletal muscle MR images. *Invest Radiol.* 25: 480-485, 1990.
- 20) W. F. Harrington: On the origin of the contractile force in skeletal muscle. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 76: 5066-5070, 1979.

ヨモギ葉部に含まれるフラボノイドの 分離および化学構造

本間隆夫 (工学部工業化学科)

Studies on the Flavonoids from the Fresh Leaves Mugwort
(*Artemisia vulgaris* L.)

Takao HONMA

Abstract

In this reserch, we found eight flavonoids in the extracts from fresh leaves Mugwort (*Artemisia vulgaris* L.).

Two flavonoids were isolated by absoption colum chromatography of polyvinyl polypyrrolidone and cellulose powder. One of them was tentatively identified as kaempferol-7-O-glucoside (3, 5, 4'-trihydroxyflavon-7-O- β -D-glucoside) on the basis of chemical and spectroscopical evidenes.

1. はじめに

フラボノイドは植物界に広く分布し、図1に示すように1分子中にベンゼン環2個を含み、ベンゼン環の中間に炭素原子が3個並んだC₆-C₃-C₆の2-フェニルクロモンを基本骨格とする黄色ないし橙黄色の植物色素の総称で、現在約600種以上が単離同定されている。

ヨモギは、原野路傍にはえる多年草で地下茎はよく分枝し、葉は互生しキクに似て羽状に深裂し、下面は綿毛が密生して灰白色を呈している。

キク科には珍しく風媒花で、地下茎は節から地中深く伸びて増殖する。別名モナグサは春に若苗を採って草餅の材料とするためである。葉裏の毛からモグサを作り、葉を乾燥したものをガイヨウ

「艾葉」といい、シオネール、ツヨン、セスキテルペン、セスキテルペンアルコール等からなる精油、コリン、アデニン等を成分とし収斂性止血・鎮痛薬(局方外生薬)として知られている¹⁾。カラヨモギの花穂に含有する成分でクマリン誘導体(esculletin 6, 7-dimethyl ether)が胆汁分泌促進作用、抗炎症作用がある²⁾。

植物細胞内に蓄積する二次代謝産物であるフラボノイド類の植物生理学的意義は明らかにされていないが、その含有量の多い植物は昔から染料、食用色素として利用され、薬草としての歴史も古い。

フラボノイド類の数種について血行促進、抗炎症作用、抗アレルギー、血圧降下、骨粗鬆症治療、白内障予防および酸化防止効果など多くの報告があり、近年注目されているのが酸化防止に関する

研究である³⁻¹⁰⁾。

筆者等は、新鮮な植物材料から効率良くフラボノイド類を分離する方法について検討し、ポリビニルポリピロリドン (以下 PVP と略す) を吸着剤とするカラムクロマトグラフィーが有効であることを明らかにした^{11,12)}。

本稿では、1991年5月に採取した新鮮なヨモギから PVP 吸着カラムクロマトグラフィーにより分離したフラボノイド配糖体の化学構造について報告する。

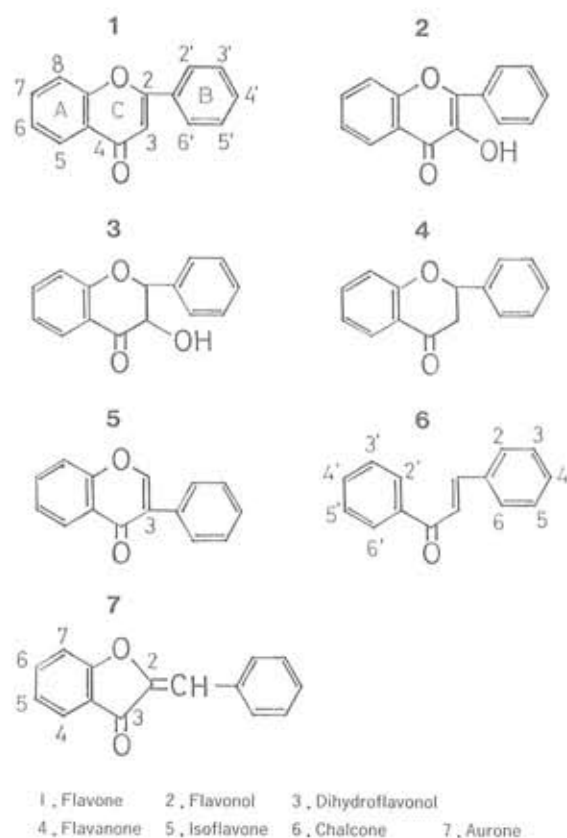


図1 フラボノイドの構造
Fig. 1 Skeletons and numbering schemes for the classes of flavonoids

2. 実験方法

2-1 実験材料、使用した化学薬品および分析機器

- 1) ヨモギ：1991年5月2日神奈川県松田町の酒匂川土手に自生するヨモギを約10kg採取し、ただちに試薬1級メタノール45kgに浸漬し、室温で23日間保存した。
- 2) 化学薬品：PVP (ナカライテスク株式会社)、薄層クロマトグラフィー (TLC) (アビセル SF、フナコシ薬品株式会社)、カラムクロマト用アビセルセルロース (旭化成工業株式会社)、Methyl sulfoxid-d₆ (100% Atom % D, Aldrich Chemical 社)、セライトNo.535、液体クロマト用アセトニトリル、水 (和光純薬工業)、β-D-glucosidase (Sigma Chmical 社、EC 3.2.1.21)、溶媒の1-ブタノール、メタノールおよびヘキサンは試薬1級品を蒸留し、その他の薬品は特級品を用いた。
- 3) PVP の調整：PVP を約4倍量の洗浄液 (NaCl 9.0g, K₃[Fe(CN)₆] 0.25g, Na₂CO₃ 20.0gを蒸留水1ℓに溶解) に加え、フェリシアン化カリウム溶液の黄色が消えるまで約1週間攪拌した後洗浄液を吸引濾過し、10%Na₂CO₃ 溶液、10%HCl溶液で順次洗い、ついで蒸留水で洗浄後アセトンで脱水し、60°Cで通気乾燥したものをを用いた。
- 4) 分析機器：赤外分光光度計 (KBr ディスク法、島津製作所IR-435)、可視・紫外分光光度計 (220~500nm、島津製作所UV-150-02)、紫外線ランプ (UVP Inc., Model UVGL-15 366 nm)、高速液体クロマトグラフィー (島津製作所、LC-9A, RID-6A, Shim-pack CLC-NH₂ 6.0φmm×15.0cm) FT-NMR (400MHz, Bruker 社)

2-2 フラボノイドの抽出、分離

採取した新鮮なヨモギの葉10kgを45kgのメタノールに23日間浸漬した後、メタノール抽出液をセライト濾過し、濾液の全量を約5ℓまで減圧濃縮

し、ヘキサン抽出洗浄を3回行った。ヘキサン洗浄後再び減圧濃縮し全量を約2ℓとし、フラボノイド類を1-ブタノールで抽出した。1-ブタノール抽出は3回行い、1-ブタノール抽出層を約300mlまで濃縮した。

調整済みのPVPを脱イオン蒸留水で膨潤し、ガラスカラム(6.5φ×100cm)に充填し、濃縮した1-ブタノール抽出層約200mlを静かに流し込み、PVPに吸着させた後脱イオン蒸留水で展開した。

遊離酸、遊離糖などの夾雑物(PVPに吸着しない)が溶出したことを確認した後、展開溶媒を70%メタノール(v/v)に変え、TCLでフラボノイド類を追跡しながら展開し3つの分画(溶出液の総体積は32ℓ)に分離した。

2-3 フラボノイドの単離、精製

粗抽出物のPVP吸着カラムクロマトグラフィーにより、70%メタノール(v/v)で溶出した3つの分画を17ℓまでを分画-1、23ℓまでを分画-2およびそれ以後の溶出分を分画-3とした。

分画-3溶出液を濃縮後、2次元TLC〔展開溶媒：1次元 1-ブタノール/酢酸/水(4+1+2, v/v)、2次元 15%酢酸(v/v)〕で、2つのスポットが確認され種々の定性反応によりフラボノイド配糖体であることを明らかにした。2つのクロマトグラムを単離する目的で、アビセルセルロースカラム(2.5φ×60cm)、展開溶媒15%酢酸(v/v)を用いて分離し、フラボノイド配糖体(仮称AF-08)の淡黄色粉末216mgを得た。70%メタノール(v/v)で再結晶を繰り返し、淡黄色微針状晶79mgを得たので構造解析を行った。

2-4 フラボノイド配糖体(AF-08)の加水分解

- 1) 2N-HClによる加水分解：AF-08 18mgに2N-HCl 10mlを加え120分間加熱還流し、冷却後沈殿物を分離し水洗後メタノールから再結晶を行い、8mgの黄色の結晶を得た。
- 2) β-D-glucosidaseによる加水分解：2N-HClによる加水分解の結果から、結合糖の検討を行いTLC上の定性分析および高速液体クロマト

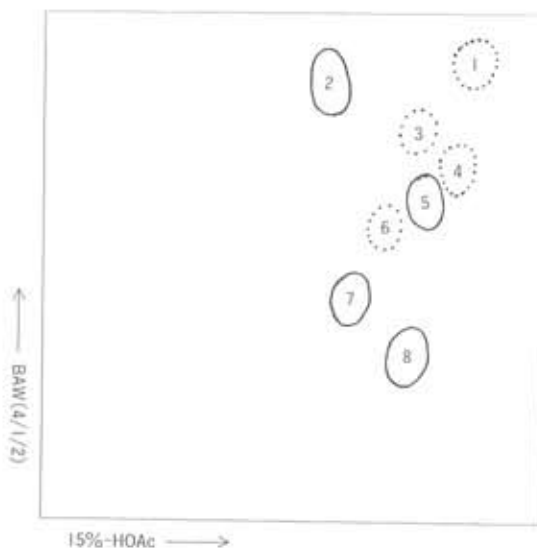
グラフィーの分析結果、グルコースと推定したので酵素分解を行った。

100mM-リン酸緩衝液(pH 5.0) 10mlに、AF-08 9.0mg、β-D-glucosidase 200mgを加え37°Cで21時間反応を行った。

3. 結果と考察

実験2-2で得られた1-ブタノール抽出層に含有するフラボノイド類の2次元TLCは、図2に示したように8個のクロマトグラムスポットが確認された。各スポットのR_f値および色調を表1に示した。

実験2-3で得られた配糖体のIR吸収スペクト



BAW(4/1/2): 1-butanol/Acetic acid/Water(4+1+2, v/v)
15%-HOAc: Acetic acid/Water(15+85, v/v)

図2 1-ブタノール抽出液の二次元薄層クロマトグラム
Fig. 2 Two-dimensional thin-layer chromatogram prepared by using crude 1-butanol extracts of mugwort leaves

ルは、フラボノイド配糖体を示唆している。 $(\lambda_{\max}$ cm^{-1} 3350, 2900, 1650, 1590, 1550, 1500, 1420, 1350, 1310, 1260, 1200, 1180, 1070, 980, 880, 830 (KBr))

配糖体および実験2-4の1)で得られたアグリコンのUV吸収と各シフト剤による吸収極大値を表2に示した。メタノール溶液中の吸収極大値は、配糖体で267, 370nm、アグリコンでは266, 367nmであり、いずれも450nm以上に吸収をもたない。こ

表1 二次元薄層クロマトグラフィーのRf値および色調
Table 1 Rf-value and colours detected on two-dimensional thin-layer chromatogram

Number of chromatogram spot	Rf value		Colour	
	BAW (4/1/2)	15% HOAc	UV	UV/NH ₃
1	0.90	0.87	FPY	FPY
2	0.87	0.57	Dull-P	Y
3	0.76	0.75	FY	FY
4	0.69	0.84	FLB	FY
5	0.63	0.77	FLB	Y
6	0.57	0.69	Deep-P	FY
7	0.43	0.62	Dull-P	Y
8	0.29	0.73	Deep-P	Y

BAW(4/1/2) : 1-butanol/Acetic acid/Water (4+1+2, v/v)

15% -HOAc : Acetic acid/Water (15+85, v/v)

UV : Ultraviolet light (366nm)

Deep-P : deep purple

Dull-P : dull purple

FLB : flourecent light blue

FPY : flourecent pale yellow

FY : flourecent yellow

Y : yellow

れは一般のフラボン骨格を有するB環を含むシナノモイル系を主体とするBand I (280~400nm)と、A環のベンゾイル系に由来するBand II (240~280nm)に二つの吸収極大をもつことに一致する。シフト剤添加時の吸収極大値の移動は、AlCl₃を添加したときBand IIには変化が見られなかったが、Band Iに51nmの長波長シフトが見られることから、フラボン骨格の3位または5位に水酸基の存在が推定される。さらにHClを添加してもBand Iに変化が見られないことからB環上には隣接する水酸基が存在しないと推定した。

NaOMeを添加するとBand Iに56nmの長波長シフトが見られることからB環上の4'位に水酸基の存在が予想される。

アグリコンについても同様な考察ができフラボン骨格の3, 5, 7および4'位に水酸基の存在を推定した。

以上の結果および¹H-NMRから考察してAF-8の母核は、フラボン類の1種であるケンペロール (3, 5, 7, 4'-Tetrahydroxyflavone)と推定した¹³⁾。

結合糖の同定は、実験2-4, 2)の β -D-glucosidaseとの反応結果からグルコースであることを確認した。グルコースの結合位置は、配糖体およびアグリコンの¹H-NMR測定結果からA環の7位であると推定し、その帰属結果を表3に示した。

新鮮なヨモギ葉部から抽出されるフラボノイド

表2 AF-8およびアグリコンのUV吸収スペクトル
Table 2 UV spectral data of AF-8 and AF-8 Aglycone

Absorptionpeak	λ_{\max} (nm)					
	MeOH	NaOMe	NaOAc	NaOAc + H ₃ BO ₃	AlCl ₃	AlCl ₃ + HCl
AF-8						
Band II	267	267	265	265	264	264
Band I	370	426	413	410	421	419
AF-8 Aglycon						
Band II	266	270	274	266	270	270
Band I	367	413	388	365	425	420

MeOH : Methanol

NaOMe : Sodium methoxide

NaOAc : Sodium acetate

表3 AF-8およびアグリコンの¹H-NMRスペクトルの帰属
Table 3 ¹H-NMR spectral data of AF-8 and AF-8 Aglycone

proton	δ(ppm)	
	HF-8	HF-8 Aglycone
3-OH	9.58(1H,s)	9.40(1H,s)
5-OH	12.53(1H,s)	12.50(1H,s)
6-H	6.43(1H,d)	6.21(1H,d)
7-OH	—	10.80(1H,s)
8-H	6.81(1H,d)	6.45(1H,d)
2'-H	8.10(2H,d)	8.07(2H,d)
3'-H	6.96(2H,d)	6.95(2H,d)
4'-OH	10.17(1H,s)	10.10(1H,s)
5'-H	6.96(2H,d)	6.95(2H,d)
6'-H	8.10(2H,d)	8.07(2H,d)
Glucose	5.41~3.62	—

s: singlet

d: doublet

類は8種確認され、単離した1種類の配糖体は、Kaempferol-7-β-D-glucosideであると推定した。

残りの7種類については現在単離精製を継続中である。さらに本研究で明らかにしたKaempferol-7-β-D-glucosideおよび数種のフラボノイドを用い、本学医学部病理学教室と抗酸化作用についての共同研究を行っているが、従来の報告に多く見られるQuercetinより低濃度での抗酸化作用効果が大きい新知見を得ている。

謝辞: 本学工学部工業化学科卒業研究生として、本実験遂行に全面的に協力を得た、田籾邦彦('90)、山下修一('91)、大社幸司、谷知則('92)諸氏に深く感謝する。

参考文献

- 宮崎利夫編、「天然物医薬品学」、朝倉書店、1987、pp.119.
- 柴田承二編、「新編生物活性天然物」、医歯薬出版株式会社、1988、pp.368.
- Larson R. A., The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry*, **27**, 969-978, 1988.
- Ratty A. K., and Das N. P., Effects of flavonoids on nonenzymatic lipid peroxidation: structure-activity relationship. *Biochem Med.*, **39**, 69-79, 1988.
- Takahama U., Inhibition of lipoxygenase-dependent lipid peroxidation by quercetin: mechanism of antioxidative function. *Phytochemistry*, **24**, 1443-1446, 1985.
- Iio M., Moriyama A., Matsumoto Y., Takaki N. and Fukumoto M., Inhibition of xanthine oxidase by flavonoids, *Agric Biol Chem*, **49**, 2173-2176, 1985.
- Bindoli A., Valente M. and Cavallini L., Inhibitory action of quercetin on xanthine oxidase and xanthine dehydrogenase activity. *Pharmacol Res Commun*, **17**, 831-839, 1985.
- Torel J., Cillard J. and Cillard P., Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxyl radical. *Phytochemistry*, **25**, 383-385, 1986.
- Ochiai M., Nagao M., Wakabayashi K. and Sugimura T., Superoxide dismutase acts as an enhancing factor for quercetin mutagenesis in rat-liver cytosol by preventing its decomposition, *Mutat Res*, **129**, 19-24, 1984.
- Hodnick W. F., Kung F. S., Ruettinger W. J., Bohmont C. W. and Pardini R. S., Inhibition of mitochondrial respiration and production of toxic oxygen radicals by flavonoids. *Biochem Pharmacol*, **35**, 2345-2357, 1986.
- Honma, T., Naruse A. and Matuhisa Y., Studies on the flavonoids from the fresh seedling of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), *Journal of Advanced Science*, **2**, No.2, 77-80, 1990.
- Honma T., Naruse A. and Tumura N., Studies on the flavonoids from the fresh Horsetails (*Equisetum Arvense* L.), *Proceedings of the faculty of engineering of Tokai Univ.*, **32**, No.1, 143-149, 1992.
- Mabry T. J., Markham K. R. and Thomas M. B., "The systematic identification of flavonoids" Springer-Verlag, Berlin, 1970.

MR を用いたマウス筋肉の 緩和時間測定による筋線維組成の分類

松前光紀 (医学部脳神経外科)

栗田大作 (医学部神経内科)

厚見秀樹 (医学部脳神経外科)

津金隆一 (医学部付属大磯病院脳神経外科)

佐藤修 (医学部脳神経外科)

Dynamic state of water molecules
in different mouse muscle compositions
Assessed by MR relaxation time

Mitsunori MATSUMAE, Daisaku KURITA,
Hideki ATSUMI, Ryuichi TSUGANE,
and Osamu SATO

Abstract

The nuclear magnetic resonance method was used to investigate the dynamic state of water molecules in mouse muscle. The muscle was removed under light anesthesia of intraperitoneal injection of sodium pentobarbital. The muscle tissue from soleus (slow-twitch muscle: ST) and gastrocnemius (fast-twitch muscle: FT) were punched out with a sharp edged Pyrex glass tube. The transverse relaxation time (T_2) of water protons was obtained by Hahn's spin echo and CPMG methods (Carr-Purcell pulse sequence modified by Meiboom and Grill). And also, longitudinal relaxation time (T_1) of water protons was obtained by inversion recovery method. The free induction decay of the echo signal was Fourier transformed to obtain water peak. The transverse magnetization decay curve of water signals from rat brain was measured in-vitro at 25°C with 100mHz Fourier-transform, NMR equipment (Nihon Denshi PS 100 and FT 100 system). The T_1 value is no difference between FT and ST. The transverse magnetization decay curve from ST was biexponential, which could be interpreted in terms of two compartment transverse relaxation times. The transverse magnetization decay curve from FT was biexponential using CPMG method. But, the transverse magnetization decay curve from FT was monoexponential using SE method. The present study shows that dynamic state of water molecules is different when compared FT and ST.

It was concluded that this technique is a powerful tool for better understanding of dynamic state of water molecules in different muscle compositions.

I. 緒 言

一般に筋線維は、収縮速度が早く収縮力も大きい速筋 (fast-twitch muscle: FT) と、収縮速度は遅いが持久性では優れた機能を発揮する遅筋 (slow-twitch muscle: ST) とに分類される。スポーツ医学の分野において、筋肉の質的および量的な特徴をそれぞれの個人や選手において明らかにすることは、個人のスポーツに対する適性の判断、トレーニング方法の検討やトレーニング効果の判定に極めて重要な意味を持つ。たとえば陸上競技のスプリンター選手では外側広筋における FT の割合が75%以上であるのに対し、筋肉の持久力が要求されるマラソンランナーでは ST の割合が70%以上を占めるとされる⁹⁾。筋線維組成を評価する方法として、筋生検による筋線維組成の解析が従来から行われてきた。しかし、筋生検はスポーツ愛好家や選手に対し多少なりとも苦痛を伴う検査法であり、今後より侵襲の少ない筋線維組成の解析法の開発が望まれる。MR (Magnetic Resonance) は、非侵襲的に生体に存在する水分子プロトンを観測することが可能であり、現在広く MRI (Magnetic Resonance Imaging) と

して臨床応用されている。また MR より得られる緩和時間は水分子プロトンの動態を鋭敏に把握することが可能である。1988年久野らによりこの緩和時間と筋線維組成との間に高い相関が得られることが報告された⁹⁾。今回我々は、マウス FT、ST における緩和時間測定をin-vitro にて行ない、筋線維組成評価における有用性を検討したので報告する。

II. 方 法

生後20週 ICR マウス 2 匹、24週 of ICR マウス 5 匹のヒラメ筋 (ST) と腓腹筋 (FT) を測定試料として用いた。組織の採取は、ネンブータル腹腔内投与後、速やかに筋肉を摘出し直径 2 mm の試料管にてヒラメ筋及び腓腹筋を採取し測定した。測定は日本電子製 FT-NMR を使用、それぞれの筋肉における横緩和時間 (T₂) を Hahn の SE (Hahn spin echo) 法と CPMG (Carr-Purcell pulse sequence modified by Meiboom and Grill) 法にて測定、縦緩和時間 (T₁) は IR (inversion recovery) 法にて測定した。Table 1 には T₁、T₂ 測定における MR 観測条件を示した。データの解析は Personal Computer NEC 9801 F2 を用い行

表1 T₁、T₂測定におけるMR観測条件

T ₁ inversion recovery 法
TR 8 sec inversion time 50 msec-1.8 sec
積算回数 2回
data point 11 points
T ₂ Hahn spin echo 法
TR 8 sec TE 10-340 msec
積算回数 6回
data point 19 points
T ₂ CPMG 法
(Carr-Purcell pulse sequence modified by Meiboom and Grill)
90度 pulse 15.7 μsec 180度 pulse 31.4 μsec
pulse interval 250 μsec
TR 8 sec
loop 20-680回
data point 19 points 積算回数 6回
共鳴周波数 90 MHz

なった。横緩和時間測定において、測定された緩和時間が比較的短い緩和時間を持つ成分と長い緩和時間を持つ二成分に分離可能な試料では、得られたデータポイントを最小二乗法を用いて緩和時間直線を fitting することにより、各々の緩和時間を求めた。

III. 結 果

Table 2 に、それぞれの緩和時間測定結果をまとめた。

T1 (IR 法)

FT および ST における緩和時間は、1.005-1.038sec で FT と ST 間における差は得られなかった。

T2 (SE 法)

ST では二成分の緩和時間が得られたが、FT では単一成分の緩和時間が得られた。短い緩和時間成分は、20週 of ST で 27msec と 24週 of 31msec に比べ早い緩和時間を示した。また 20週における長い緩和時間成分は、24週と比べ遅い緩和時間を示した。一方 FT では 20週における緩和時間が、24週と比べ短い値を示した。

T2 (CPMG 法)

短い緩和時間は ST が FT に比べ早い緩和時間を示し、また ST、FT において 20週における緩和時間が 24週に比べ短い値を示した。

一方長い緩和時間は、ST が FT に比べ遅い緩和時間を示し、また ST、FT において 20週における緩和時間が 24週に比べ短い値を示した。

IV. 考 察

筋線維の分類に、筋肉の生検による組織化学的観察がスポーツ医学の分野に果たした功績は大きい。通常、三角筋、広背筋、大腿四頭筋、外側広筋や腓腹筋などから生検が行なわれ、筋線維組成は %FT で評価される事が多い⁹⁾。筋線維組成の分類には種々の分類法が提唱されているが、仮に ST、FT と分類した場合、前者の収縮速度は遅いが、長時間にわたる持続的運動に適し、しかも疲労しにくいという特性をもつ。後者はその収縮速度が迅速であり、短時間の激しい運動に適するが、疲労しやすいといったあい反する面を持ち合わせている⁹⁾。この両者の筋線維組成は遺伝的に決定されているとされ⁹⁾、その後のトレーニングにおいては収縮特性という面では変化しないと最近まで理解されてきた⁹⁾。ゆえに選手のスポーツに対

表 2 緩和時間測定結果

Summary of T1 and T2 in fast twitch and slow twitch muscle

Muscle type	T1 (sec) (IR)	T2 mono (msec) (SE)	T2 fast (msec) (SE)	T2 slow (msec) (SE)	T2 fast (msec) (CPMG)	T2 slow (msec) (CPMG)
Fast twitch muscle						
20 weeks	1.038	35			32	95
24 weeks	1.035	38			38	102
Slow twitch muscle						
20 weeks	1.005		27	74	28	131
24 weeks	1.032		31	54	36	139

T1 : proton MR longitudinal relaxation time

IR : inversion recovery method SE : Hahn's spin echo method

T2 : proton MR transverse relaxation time

CPMG : Carr-Purcell pulse sequence modified by Meiboom and Grill

する適性を評価する場合、筋線維組成が重視されることとなる。さらに最大酸素摂取量と%STとの間に強い相関があるとされ、各種スポーツ種目とこれらの関係が報告⁹⁾されたのも、スポーツ医学の領域において筋線維組成を重視する一つの根拠となっている。しかしこれら筋線維組成の評価は、現在にいたるも筋生検といった侵襲的方法によるところが多い。

MRにより観測される緩和時間は、生体を構成する水分子プロトンの動態を非侵襲的に測定することが可能である。われわれは今回この緩和時間に注目し、その値から筋線維組成が推測可能か in-vitro の実験をマウスを用い行なった。その結果、T1値からはST、FTの両者を区別することは不可能であったが、T2値からは両者を明確に区別することが可能であった。SE法では、FTにおいてT2が単一の成分として測定され、またSTでは二成分として観察された。CPMG法ではST、FT共に二成分として観察されたが、STで短い緩和時間の成分はFTにくらべ早い緩和時間を示しさらに長い緩和時間は遅い緩和時間となった。つまりCPMG法では、STにおいて短い緩和時間と長い緩和時間の二成分間における差がFTに比べ著しい結果となった。STにおいてはSE法における結果からも明らかなごとく、その緩和時間は二成分として観察され、水分子プロトンの動態に何らかの制限を加える構造があると推測された。一方FTではSE法において単一成分として測定され、またCPMG法では短い緩和時間と長い緩和時間の二成分間における差がSTに比べ小さく、水分子プロトンの動態に何らかの制限を加える構造があるものの、その構造は比較的緩やかな物であると推察された。言い換えれば、筋肉内水分子プロトンを取り巻く周囲組織の構成にFT、ST間で差が存在すると推察された。Hazlewoodらは²⁾、カエルの筋肉におけるT2を測定したところ、筋肉内の水は次の三つの状態で存在しているとした。

- 1) タンパク質に束縛される水 (20%)
- 2) 筋原線維や筋小胞体の水 (65%)
- 3) 細胞外液 (15%)

今回我々のCPMG法により得られた長い緩和時間を有する成分の割合は、7.5-25%でありおそらくこの長い成分は細胞外液の緩和時間を表していると考えられた。しかし、タンパク質に束縛される水の緩和時間は μsec オーダーの緩和時間を呈すると考えられ⁷⁾、我々のMR装置では測定不能である。ゆえに短い緩和時間の起源は、筋原線維等により周囲を取り囲まれた水の緩和時間を表していると考えられた。だがこれら緩和時間の起源についての考察は、今回の実験結果のみでは推測の域を脱しない。今後電子顕微鏡などの手法を用いた、形態学的裏付けが必要と思われた。

今回の実験では、20週齢と24週齢のマウスより得られた試料で、緩和時間の差がSE、CPMG法により認められた。これは筋線維の加齢による変化として興味深く今後の研究課題としたい。

V. まとめ

以上MRより得られた緩和時間の測定から、筋線維の構成を推察することが可能であった。本研究は動物を用いた in-vitro の観察にとどまらず、将来あらゆるスポーツ愛好家や競技選手の筋線維組成を非侵襲的に評価するための、基礎実験と我々は位置づけている。今回は極めて preliminary な報告にとどまったが、今後MRによる緩和時間測定を in-vivo における測定に発展させるべく、以下の研究課題に取り組む方針である。

1. 筋線維の加齢に伴う緩和時間の変化を観察する。
2. 組織学的所見と緩和時間の相関を観察し、それぞれの緩和時間成分の起源を明らかとする。
3. CPMG法を用いたMRI装置の開発を推進する。

以上、1993年度スポーツ医科学研究所における我々の研究成果を報告した。

参考文献

- 1) Bergh U, Thorstensson A, Sjodin B, Hulten B, Piehl K, Karlsson J: Maximal oxygen uptake

- and muscle fiber types in trained and untrained humans. *Med Sci Sports Exerc* 10: 151-154, 1978
- 2) Hazlewood CF, Chang DC, Nichols BL, Woessner DE: Nuclear magnetic resonance transverse relaxation times of water protons in skeletal muscle. *Biophysical Journal* 14: 583-606, 1974
 - 3) 勝田茂、田中守：トレーニングによる筋の組織化学的变化。 *J J Sports Sci* 2: 2-11, 1983
 - 4) 北浦孝：筋線維分類とスポーツ。 *臨床スポーツ医学* 1: 619-623, 1984
 - 5) 久野譜也、井上多門、勝田茂、阿武泉、秋貞雅祥、松本邦彦：MRIによる緩和時間と筋線維組成との関係に及ぼす筋力トレーニングの影響。 *日誌医誌* 2: 73-79, 1988
 - 6) 久野譜也、勝田茂：スポーツ医学とNMR、筋肉を中心に。 *Pharma Medica* 10: 27-31, 1992
 - 7) 上平恒、逢坂昭：生体系の水。講談社サイエンティフィク、東京、1989年、pp. 133-140

スポーツ施設環境の評価に関する 心理学的研究 3

——屋内スポーツ施設環境評定尺度開発のための基礎的研究——

吉川政夫 (体育学部社会体育学科)

菊地真也 (体育学研究科研究生)

里見悦郎 (体育学部非常勤講師)

松本秀夫 (海洋学部保健体育系)

今村義正 (体育学部社会体育学科)

竹之内 保 (体育学部体育学科)

成田明彦 (体育学部体育学科)

積山和明 (体育学部体育学科)

Psychological Study of an Evaluation of the Environment of Sports Facilities (the 3rd Report)

——A Basic Examination to Develop a Rating Scale for Indoor Sports Facilities——

Masao KIKKAWA, Shinya KIKUCHI,
Etsuro SATOMI, Hideo MATSUMOTO,
Yoshimasa IMAMURA, Tamotsu, TAKENOUCHI,
Akihiko NARITA, and Kazuaki TSUMIYAMA

Abstract

In this study we examined two subjects. First, we examined basketball team members and volleyball team members in the gymnasium of a university and looked for differences in rating responses of the same physical environment. Furthermore, we analyzed the factors which contributed to overall evaluation of indoor sports facilities.

32 basketball team members and 83 volleyball team members were asked to rate the gymnasium's environment by means of a seven point rating scale. Responses were analyzed by t-test, factor analysis and multiple regression analysis.

The main findings were as follows: (1) There were almost no significant differences between the group means in the item ratings and the group means in the factor scores. The only significant difference between the two groups was found in the factor 'arrangement of facility's space' and the factor 'game floor'. (2) The following items: 'room temperature', 'training room', 'locker room', and the following factors: 'impression formation to sports facility' and 'backup functions for facility user' greatly contributed to the overall evaluation of indoor sports facilities. These findings confirm that the applied rating scale makes an accurate evaluation of indoor sports facilities.

I. 目 的

われわれは、安全かつ快適であり、しかも利用者にとって使いやすく、利用者に満足感をもたらすスポーツ施設の設置のために活用し得るスポーツ施設環境評価尺度の開発をめざしている。スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究¹⁾では、スポーツ施設利用者による評価差の問題をとりあげた。その結果、専門種目のエキスパートである評価者とそうでない評価者では基本的に同じ評価傾向をもつが、スポーツ施設環境の厳密な評価を得ようとする際には、専門種目のエキスパートである評価者による評価が必要であることが判明した。また、スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究²⁾では、利用者の立場に立つスポーツ施設環境、特に屋内スポーツ施設環境の評定尺度の項目構成について文献と資料に基づいた検討を行い、その内容を明らかにした。

以上の検討結果を踏まえ、本研究では、屋内スポーツ施設環境評定尺度開発のための基礎的研究として、大まかな評定尺度を暫定的に作成し、それを用いて、1) 同一屋内スポーツ施設を利用している専門種目の異なる利用者間の評価差に関する分析検討、2) 屋内スポーツ施設全体の評価(総合評価)を規定する要因(施設の構成要素)の分析検討を行った。

II. 方 法

1. 調査(評価)対象施設

本学湘南キャンパスの総合体育館(施設の詳細についてはスポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究¹⁾を参照)。

2. 調査(評価)対象者

本学体育会バスケットボール部員32名(男子11名、女子21名)、バレーボール部員83名(男子47名、女子36名)の計115名。

3. 調査内容および調査手続

今回の調査票では屋内スポーツ施設(体育館)の大まかなチェックポイントを設定した。総合体育館の評価を目的とする調査票の項目構成は表1の通りである。25の各項目は、使いやすさ、快適性、安全性を考え合わせて、その良し悪しを7段階(1非常に悪い、2悪い、3やや悪い、4どちらでもない、5やや良い、6良い、7非常に良い)で評定された。さらに、25の各項目について長所と短所(改善すべき点)を自由記述により具体的に指摘してもらった。

調査は集合調査法により自記式で行われた。調査実施時期は1993年11月。

III. 結果と考察

1. 専門種目の異なる利用者間の評価差に関する分析検討

1) 評定平均値に基づく比較

図1は評価対象である総合体育館に関する回答者全体の評価結果である。それによれば、「総合評価」は「悪い」と「やや悪い」の間(評定平均値2.7)である。施設を構成する要素に着目すると、評価がもっとも低い項目(「非常に悪い」と「悪い」の間にある項目)は、「シャワー室」(1.3)、「更衣室」(1.8)、「水場(水飲み場・洗面所)」(1.8)、「トレーニング室(ウエイト・トレーニング場)」(1.8)である。それらに次いで評価が低い項目(「悪い」と「やや悪い」の間にある項目)は、「休憩室」(2.1)、「室温」(2.5)、「換気」(2.6)、「競技用具庫」(2.6)、「ウォーミングアップ・スペース」(2.7)、「トイレ」(2.9)である。「出入口」、「通路(廊下および階段)」、「競技会場の種目別区割り利用の仕方」、「競技用具」、「観客席」、「照明」、「音響」、「清潔さ」、「色彩」、「外観」の評価は、いずれも3点台(「やや悪い」と「どちらでもない」の間)である。評価が良くない項目が大半を占める中で、比較的評価が良かった項目(評定値4.0以上の項目)は、「施設の規模」(5.0)、「施設の周辺スペース」(4.5)、「競技スペース」

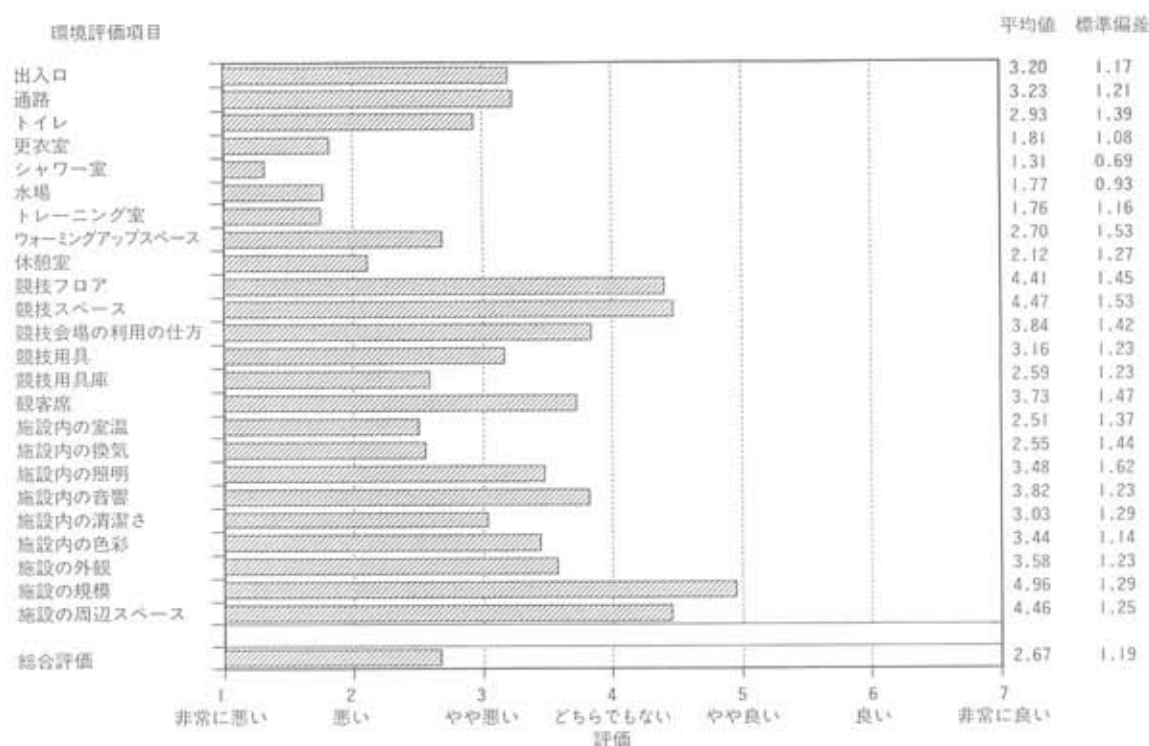


図1 スポーツ施設環境(総合体育館)の評定平均(全体)

Fig. 1 Means and SDs in the item ratings (all members)

(4.5)、「競技フロア」(4.4)の4項目である。

以上の結果から、全体的にみて、総合体育館の評価は低い方であって、その中でも特に施設利用者をバックアップする機能面に関して深刻な問題を抱えている点が指摘できる。これらの評価結果は総合体育館の改善を図る際の参考になると考えられる。

次に、競技種目の異なる施設利用者間の評価差の問題について分析検討する。図2はバスケットボール部員による評価結果である。同様に、図3はバレーボール部員による評価結果を示している。両者の評価結果を検討したところ、評定平均値に有意差の見られた項目は「競技フロア」、「清潔さ」、「施設の規模」、「施設の周辺スペース」の4項目であった。4項目いずれの評価においても、バスケットボール部員(バスケ)はバレーボール部員(バレー)に比べて低い評価をしている(「競技フロア」バスケの評定平均値3.5、バレー4.8($t=$

4.6, $df=113$, $p<0.001$)、「清潔さ」バスケ2.6、バレー3.2($t=2.2$, $df=113$, $p<0.05$)、「施設の規模」バスケ4.5、バレー5.1($t=2.4$, $df=113$, $p<0.05$)、「施設の周辺スペース」バスケ4.0、バレー4.6($t=2.4$, $df=113$, $p<0.05$)。4項目の中では「競技フロア」において評価差が顕著である。自由記述回答結果は、総合体育館のフロアの滑りの度合いが、バスケットボール部員のストップ・アンド・ランにとって具合が悪くかつ危険であり、他方、バレーボール部員にとって逆にフロアが適度に滑るほうがプレーしやすいことを示している。こうした両種目のプレー上の動きの違いが両群間に顕著な評価差をもたらしたといえる。総合評価を含む他の21項目には両者に明らかな評価差はみられなかった。総合評価の評定平均値は、バスケットボール部員2.5、バレーボール部員2.7である。

以上の結果をまとめると、競技種目の異なる施

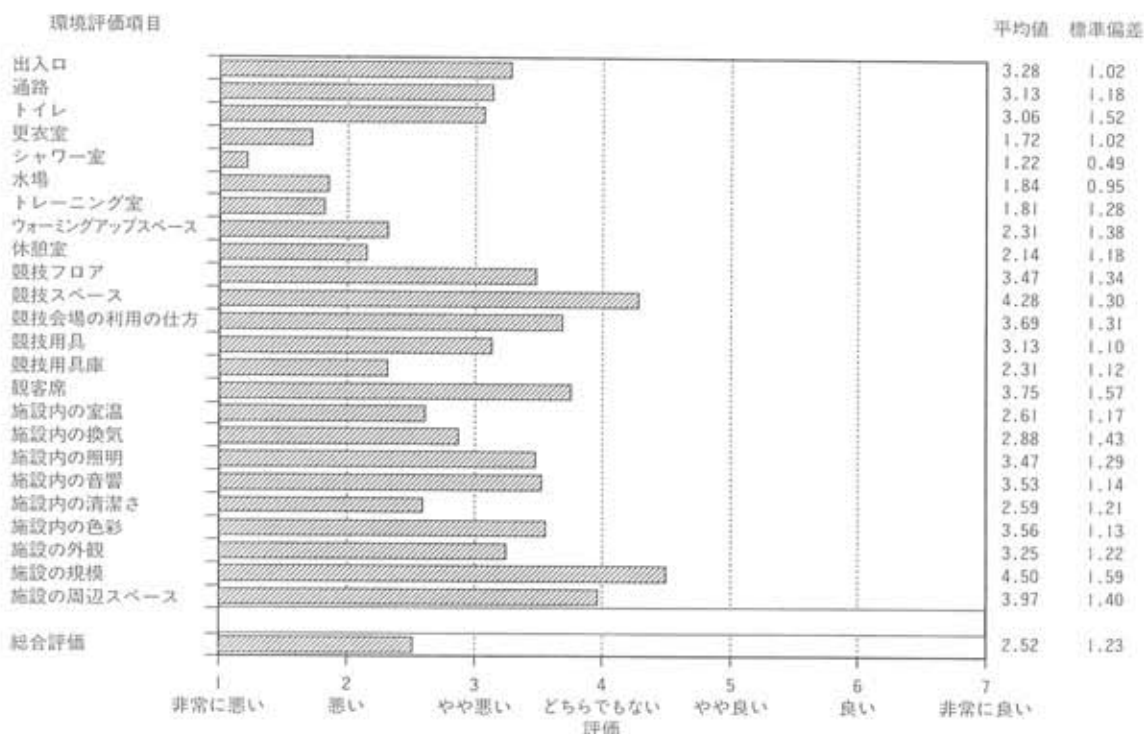


図2 スポーツ施設環境(総合体育館)の評定平均(バスケットボール部)
Fig. 2 Means and SDs in the item ratings (basketball team members)

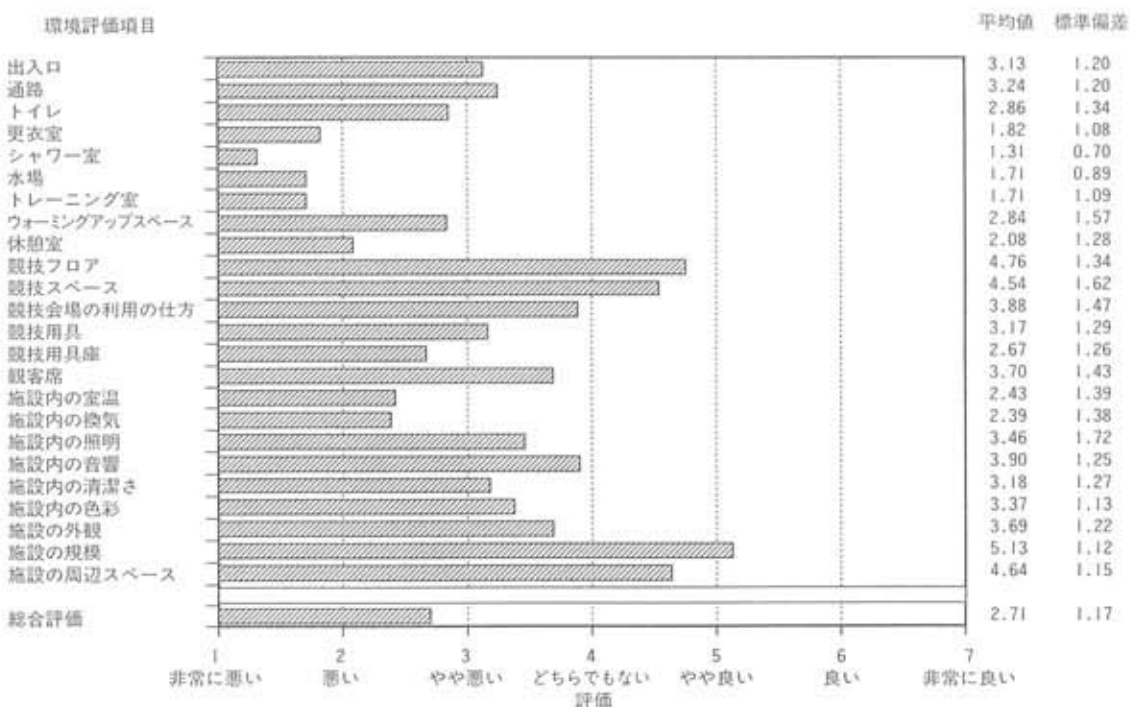


図3 スポーツ施設環境(総合体育館)の評定平均(バレーボール部)
Fig. 3 Means and SDs in the item ratings (volleyball team members)

設利用者間において、総合評価を含む大半の評定項目（21項目）に明らかな評価差は見られず、有意な評価差が見られたのは「競技フロア」、「清潔さ」、「施設の規模」、「施設の周辺スペース」の4項目のみにおいてであった。

2) 因子得点に基づく比較

表1は総合評価項目を除く24項目の評定結果に基づいて因子分析(主因子法、バリマックス回転)を行った結果である。固有値1.0以上の条件で因子を抽出したところ、6因子が抽出された。6因子の累積寄与率は項目全体(全分散)の58.3%である。因子負荷量が.400以上の項目を手掛かりに各因子の解釈と命名を行った。その結果、第1因子を「施設利用者のバックアップ因子」、第2因子を「施設の印象形成因子」、第3因子を「施設空間の

アレンジメント因子」、第4因子を「空調・照明因子」、第5因子を「競技用具・競技用具収納因子」および第6因子を「競技フロア因子」と命名した。以上のように、評定尺度の24項目は6つの因子にまとめることができる。

競技種目の異なる施設利用者間の評価差を比較検討するために、抽出された6つの因子それぞれについて、バスケットボール部員とバレーボール部員の因子得点の平均値を求めた。図4はその結果をあらわしたものである。因子得点は、平均の0を中心に、-1に近いほど評価の程度が悪く、逆に、1に近いほど評価の程度が良いことをあらわしている。両運動部員グループの因子得点の平均値の差に関して統計的に検討したところ、第3因子の「施設空間のアレンジメント」と第6因子の

表1 スポーツ施設環境評価の因子分析

Table 1 Result of factor analysis of ratings of the environment of sports facility

質問項目	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3	FACTOR4	FACTOR5	FACTOR6	h ²
休憩室	0.728	0.152	0.043	0.236	0.138	0.088	0.638
更衣室	0.681	0.213	0.048	0.060	0.164	-0.028	0.543
シャワー室	0.664	0.100	0.018	0.015	-0.027	0.022	0.452
トレーニング室	0.633	0.265	0.017	0.215	0.092	0.044	0.528
水場	0.628	0.162	-0.044	0.092	0.097	-0.011	0.440
ウォーミングアップスペース	0.407	0.193	0.129	0.202	0.252	0.217	0.372
通路	0.326	0.733	0.038	0.105	0.137	0.080	0.681
トイレ	0.306	0.692	0.192	0.140	0.139	-0.027	0.648
出入口	0.292	0.582	0.069	0.131	0.209	0.041	0.495
施設内の清潔さ	0.188	0.526	0.230	0.310	0.171	0.253	0.554
観客席	0.103	0.473	0.238	0.313	0.135	-0.036	0.409
施設の外観	0.170	0.444	0.303	0.165	0.121	0.199	0.399
施設内の色彩	0.250	0.358	0.295	0.356	0.295	0.089	0.499
施設の周辺スペース	0.040	0.151	0.789	0.043	0.029	-0.001	0.649
施設の規模	-0.088	0.169	0.786	0.122	0.074	0.158	0.700
競技スペース	0.002	-0.002	0.637	0.284	0.062	0.277	0.567
競技会場の利用者の仕方	0.190	0.144	0.534	0.105	0.359	0.024	0.483
施設内の音響	0.073	0.252	0.498	0.450	-0.020	0.056	0.523
施設内の換気	0.166	0.229	0.181	0.753	0.198	0.168	0.746
施設内の照明	0.228	0.111	0.269	0.616	0.106	0.074	0.533
施設内の室温	0.313	0.413	0.103	0.614	0.172	0.130	0.703
競技用具	0.074	0.258	0.148	0.097	0.877	0.111	0.885
競技用具庫	0.298	0.167	0.059	0.251	0.592	0.102	0.544
競技フロア	0.080	0.114	0.321	0.209	0.182	0.892	0.995
固有値	3.146	2.870	2.783	2.301	1.731	1.155	
寄与率(%)	13.1	12.0	11.6	9.6	7.2	4.8	
累積寄与率(%)	13.1	25.1	36.7	46.3	53.5	58.3	

FACTOR1 施設利用者のバックアップ

FACTOR2 施設の印象形成

FACTOR3 施設空間のアレンジメント

FACTOR4 空調・照明

FACTOR5 競技用具・競技用具収納

FACTOR6 競技フロア

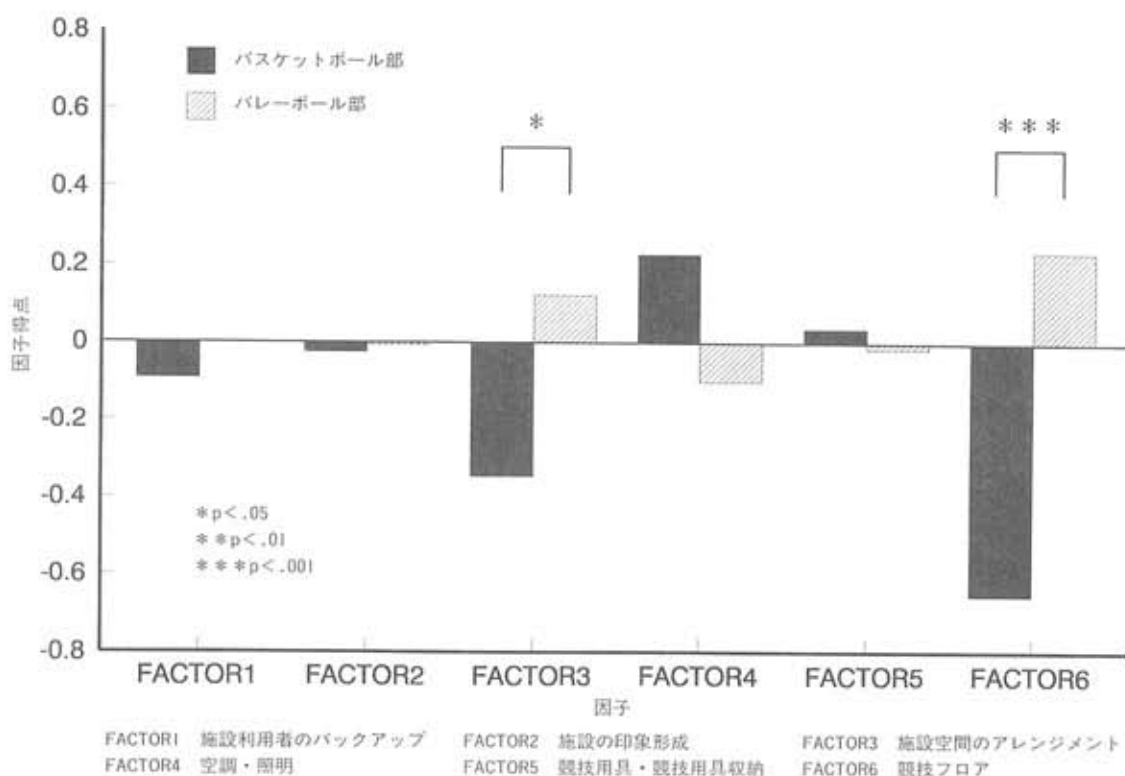


図4 因子得点のグループ別比較

Fig. 4 Differences between the group means in the factor scores

「競技フロア」に関して有意差が検出され、それら以外の因子においては有意差は検出されなかった。すなわち、バスケットボール部員はバレーボール部員に比べて、「施設空間のアレンジメント」の領域に関して明らかに低い評価をしており（前者の因子得点の平均値 -0.35 、後者 0.12 、 $t = 2.03$ 、 $df = 113$ 、 $p < .05$ ）、さらに「競技フロア」領域においても明らかに低い評価をしている（前者 -0.66 、後者 0.24 、 $t = 4.32$ 、 $df = 113$ 、 $p < .001$ ）。この分析結果は先に検討した項目ごとの評価差の検討結果とよく符合している。すなわち、バスケットボール部員がバレーボール部員に比べて有意に低い評価を示している「施設の規模」、「施設の周辺スペース」の評定項目は、因子負荷量の大きさからして、第3因子の「施設空間のアレンジメント」領域を構成する代表的な評定項目の位置を占めている。また、「競技フロア」領域を構成している評定項目は両者間に顕著な評価

差が検出された「競技フロア」ただ1つである。こうした点から、因子得点に基づく比較においても、「施設空間のアレンジメント」領域ならびに「競技フロア」領域の評価結果に両者間で明らかな違いが見られたのであろう。

2. 総合評価を規定する施設要因（施設の構成要素）の分析検討

評価対象である総合体育館の総合評価（スポーツ施設環境の全体的な良し悪しの評価）に寄与する大きさが、施設を構成する要因（施設の構成要素）によってそれぞれどの程度であるか、言い換えれば、総合評価が施設の各構成要素の良し悪しによってどの程度規定されているかを探るために重回帰分析を行った。基準変数は総合評価であり、総合評価を説明するための変数（説明変数）として、1) 総合評価を除いた評定尺度を構成する24項目を採用した場合と、2) 因子分析によって抽

出された6因子を採用した場合の2つのケースについて分析した。

評定尺度を構成する24項目を説明変数として、基準変数である総合評価の予測を行った結果を示したものが表2である。表中の標準偏回帰係数は、総合評価に寄与する各項目の大きさを示す数値であり、1に近いほど寄与度が大きいことを表わしている。標準偏回帰係数の大きさから、総合評価にもっとも寄与する項目は「施設内の室温」であり、それに次いで寄与している項目が「トレーニング室」、「更衣室」である。以下、「水場」、「トイレ」、「施設内の照明」、「競技スペース」、「競技用具」と続いている。また、重相関係数(r)が0.88、すなわち、総合評価の予測値と実測値の相関が0.88であることから、評定尺度を構成する24項目を用いることによって総合評価をかなり正確に予測できるといえる。さらに、決定係数(r^2)0.77は、総合評価すなわち総合体育館の良し悪しを評

定尺度を構成する24項目の説明変数によって77%説明できることを示している。

以上の分析結果から、24の評定項目によって総合評価をかなり正確に予測できること、そして、総合評価を規定する強さは、「施設内の室温」、「トレーニング室」、「更衣室」、「水場」、「トイレ」、「施設内の照明」、「競技スペース」、「競技用具」の順で大きいことが判明した。

次に、因子分析によって抽出された6因子を説明変数に採用した場合の結果を示したものが表3である。説明変数の数を減らしたこのケースの場合も、重相関係数0.83、決定係数0.69と予測力、説明力ともに高く、1)のケースの場合と比べ多少落ちるがほとんど遜色ない。総合評価に対する寄与度は、「施設の印象形成」と「施設利用者のバックアップ」の因子で大きく、「空調・照明」、「競技用具・競技用具収納」の因子がそれらに次いでいる。それらの因子に比べると「施設空間のアレンジメント」と「競技フロア」の因子の寄与度は極めて小さい。これら2つの因子を代表する各評定項目は、1)の分析結果においてもそれらの寄与度が比較的小さく、また各評定項目と総合評価との単相関においてもその他の評定項目に比べ低いこと(これら2つの因子を代表する評定項目の単相関係数0.3~0.4に対してその他の評定項目の単相関係数0.5~0.7)からも、「施設空間のアレンジメント」と「競技フロア」の因子の寄与度の小ささは納得できる。さらに、このことは、専門種目の異なる利用者間の評価差に関する分析検討の結果からも裏付けられている。すなわち、「競技フ

表2 評定項目による重回帰分析の結果

Table 2 Result of multiple regression analysis by 24 items

説明変数(項目)	標準偏回帰係数
施設内の室温	0.24
トレーニング室	0.17
更衣室	0.16
水場	0.13
トイレ	0.13
施設内の照明	0.13
競技スペース	0.11
競技用具	0.09
シャワー室	-0.08
施設の外観	0.08
競技用具庫	0.07
施設の規模	0.07
施設内の音響	-0.06
出入口	0.05
通路	0.05
施設内の換気	-0.05
ウォーミングアップ・スペース	0.03
競技フロア	0.04
観客席	0.03
施設内の色彩	0.03
施設内の清潔さ	-0.03
競技会場の種目別区割り利用の仕方	0.01
休憩室	-0.01
施設の周辺スペース	-0.01
重相関係数	0.88

表3 抽出因子による重回帰分析の結果

Table 3 Result of multiple regression analysis by 6 factors

説明変数(抽出因子)	標準偏回帰係数
第2因子(施設の印象形成)	0.32
第1因子(施設利用者のバックアップ)	0.29
第4因子(空調・照明)	0.20
第5因子(競技用具・競技用具収納)	0.20
第3因子(施設空間のアレンジメント)	0.05
第6因子(競技フロア)	0.03
重相関係数	0.83

「フロア」、「清潔さ」、「施設の規模」、「施設の周辺スペース」の4項目に限って2つの部員グループ間で平均評定値に有意差が認められたが、総合評価には評価差が認められなかった。つまり、これらの4項目は総合評価に明らかな差をもたらすほどの影響力を持っていなかったのである。しかも、「競技フロア」、「清潔さ」、「施設の規模」、「施設の周辺スペース」の4項目の内、「清潔さ」を除く他の3項目は、総合評価に対して寄与度の小さい「施設空間のアレンジメント」と「競技フロア」の因子を代表する項目である。

したがって、第1に、「施設の印象形成」、「施設利用者のバックアップ」の因子が、そして第2に、「空調・照明」、「競技用具・競技用具収納」の因子が、「総合体育館の総合評価の良し悪し」に大きな影響を及ぼしているといえよう。

3. 今後のスポーツ施設環境評定尺度作成に向けて

本研究において評価対象となったスポーツ施設は本学の総合体育館に限られていたため、断定はできないが、本研究の2つの分析検討の結果から、利用者に満足をもたらす体育館の改善・整備のために活用し得る評定尺度の作成にあたっては、「施設の印象形成」、「施設利用者のバックアップ」、「空調・照明」、「競技用具・競技用具収納」の因子を構成する評定項目（施設の構成要素）を重視すべきであることが明らかになった。したがって、それらの構成要素は体育館の環境をチェックする際の重要なポイントであって、それらの領域に関して特別に下位項目を設け、念入りにチェックあるいは評価する必要があるといえよう。

IV. ま と め

屋内スポーツ施設環境評価を行うための大まかな評定尺度を作成し、それを用いて、1) 同一屋内スポーツ施設（体育館）を利用している専門種目の異なる利用者間の評価差ならびに2) 屋内スポーツ施設全体の評価（総合評価）を規定する要

因（施設の構成要素）の2点について分析検討し、以下の知見を得た。

1) バスケットボール部員とバレーボール部員という競技種目の異なる施設利用者間において、「競技フロア」、「清潔さ」、「施設の規模」、「施設の周辺スペース」の4項目において明らかな評価差が見られたが、総合評価を含む大半の評定項目（25項目中の21項目）には評価差は見られなかった。

2) 総合評価項目を除く24項目の評定結果に基づく因子分析から、本研究で実施された屋内スポーツ施設環境の評価内容は、「施設利用者のバックアップ」、「施設の印象形成」、「施設空間のアレンジメント」、「空調・照明」、「競技用具・競技用具収納」および「競技フロア」の6領域にまとめられることが明らかになった。

3) 両運動部員グループの因子得点に基づく比較から、「施設空間のアレンジメント」領域ならびに「競技フロア」領域の評価に両者間で明らかな違いが見られ、その他の4領域には評価差が見られなかった。

4) 24の評定項目を説明変数とする重回帰分析の結果から、総合評価にもっとも大きく寄与する評定項目は「室温」であり、それに次いで「トレーニング室」、「更衣室」、以下、「水場」、「トイレ」、「施設内の照明」、「競技スペース」、「競技用具」の順であることが判明した。

5) 因子分析によって抽出された6因子を説明変数とする重回帰分析の結果から、総合評価に対する寄与度は、「施設の印象形成」と「施設利用者のバックアップ」の因子で大きく、「空調・照明」、「競技用具・競技用具収納」の因子がそれらに次ぎ、「施設空間のアレンジメント」と「競技フロア」の因子の寄与度は極めて小さいといえる。

6) 以上の2つのケースによる重回帰分析の結果から、今回作成した評定尺度の24の評定項目によって、屋内スポーツ施設環境全体の良し悪しを表わす総合評価をかなり正確に予測できることがわかった。

以上から、競技種目間において総合評価を含む大半の項目に評価の違いが認められず、また評価

差の認められた項目についても総合評価に対する寄与度が小さいことから、屋内スポーツ施設環境評定尺度の開発と実施にあたって、利用する競技種目別によって分けなくてもよいと考えられる。また、評定尺度の内容構成の点では、総合評価に対する寄与度の大きい「施設の印象形成」、「施設利用者のバックアップ」、「空調・照明」、「競技用具・競技用具収納」を重視すべきであると考えられる。

参考文献

- 1) 鹿島昭一、室内環境デザインの新しい視点、鹿島出版会、1987、123-132
- 2) 吉川政夫・松本秀夫・里見悦郎・今村義正、スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究Ⅰ 大学の体育館環境に対するスポーツ競技者と一般学生の評価差を検討するためのパイロット・サーベイ、東海大学スポーツ医科学雑誌、第5号、30-36、1992
- 3) 吉川政夫・安岡高志・道下忠行・谷口且・川淵里美、大学の授業環境に関する研究Ⅰ 教室環境評価の試み、東海大学紀要教育研究所教育工学部門、第2号、19-30、1989
- 4) 吉川政夫・安岡高志・道下忠行・谷口且・川淵里美、大学の授業環境に関する研究Ⅱ 学生の授業満足度要因の分析、東海大学紀要教育研究所教育工学部門、第3号、53-55、1990
- 5) 里見悦郎・吉川政夫・松本秀夫・今村義正、スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究Ⅱ スポーツ施設環境調査項目の経営学、および心理学的検討、東海大学スポーツ医科学雑誌、第5号、37-43、1992
- 6) 豊田秀樹・前田忠彦・柳井晴夫、原因をさぐる統計学 共分散構造分析入門、講談社、1992
- 6) 通商産業省産業政策局企業行動課編、我が国のオフィス環境、大蔵省印刷局、1987
- 7) 柳井晴夫・岩坪秀一、複雑さに挑む科学 多変量解析入門、講談社、1976

報 告

- 第2回 ヨーロッパ「武道フォーラム」の報告

第2回 ヨーロッパ「武道フォーラム」の報告

中野昭一（スポーツ医科学研究所長）

橋本敏明（体育学部武道学科）

学術・スポーツの文化交流によって国際平和の道を拓くという松前重義前総長の理念に基き、東海大学主催、東海大学武道センター・ウィーン主管の下に「第3回松前国際柔道大会」および「第2回武道フォーラム」が、1993年11月9、10日武道館およびホテル「望星」ピカソの間で開催された。

出席者は、松前達郎東海大学総長（東海大学武道センター・ウィーン理事長）、尾郷良幸総務部長をはじめ、行事運営役員として佐藤宣哉教授（武道学科主任教授、スポーツ医科学研究所副所長）、橋本敏明助教授（学務部体育課長）および武道フォーラム出席者として中野昭一医学部教授（スポーツ医科学研究所長）、玉木哲朗医学部生理科学助手、中村豊医学部整形外科助手、成澤三雄国際武道大学教授が出席し、松前国際柔道大会には、役員コーチとして山下泰裕体育学部助教授、宮腰浩一国際武道大学講師の他、男女選手14名が参加した。なお、猪熊功東海建設社長、ヨーロッパ学

術センター所長平岡秀雄助教授夫妻の顔もみられていた。

さて、今回の「武道フォーラム」は、武道を医科学的な側面から捉えてみようという見地から主として医学的な研究報告を集め、オーストリア側の発表者も主に臨床家が選ばれていた。

武道フォーラムは11月10日午前10時から開催され、およそ50名の出席をえて、K・クチェラ松前武道センター・ウィーン副理事長の司会の下、松前達郎理事長の開会の辞、田辺隆一駐オーストリア日本代理大使のご挨拶の後、次ページの「第2回武道フォーラム」プログラム通り進行した。

すなわち、まず、中野が柔道の立技における腰部の立体的な動きと、上肢筋電図による生理機能としての筋力の微妙な調節との関連から合理的な投げの解析を行うとともに、その成果による技術指導についても言及した。

ついで、ウィーン大学のグットマン教授（心理学）が、負荷状態における実践能力発揮と題して、

第2回武道フォーラム

1993年11月10日 於ホテル望星 ビカソの間

- 10:00 開会・司会 K.クチェラ 東海大学・松前武道センター副理事長
開会の辞 松前達郎 東海大学総長・松前武道センター理事長
来賓ご挨拶 田辺隆一 駐オーストリア日本代理大使
- 10:30 「柔道立技の運動生理学的解析」
中野昭一(生理科学)Prof. Dr., 玉木哲朗(生理科学)Dr., 中村豊(整形外科)Dr., 山下泰裕(柔道研)Ass. Prof., 橋本敏明(柔道研)Ass. Prof., 佐藤官践(柔道研)Prof.
- 11:00 「負荷状態に於ける実践能力発揮」
ギーゼルヘア・グットマン(心理学)Prof. Dr.
- 11:30 「筋肉打撲の回復過程に対する運動の効果」
玉木哲朗(生理科学)Dr., 中野昭一(生理科学)Prof. Dr.
- 12:00 「持久カトレニングとエルゴメーター上の持久能力との関係」
バウル・ハーバー(内科学)Prof. Dr.
- 12:30 昼食 レストラン「バステル」
- 14:00 「武道に於けるスポーツ障害」
中村豊(整形外科)Dr., 中野昭一(生理科学)Prof. Dr.
- 14:30 「柔道を例にしたスポーツ医学的加療」
ハンス・クチェラ(柔道連盟/整形外科)OA Dr.
- 15:00 「MIDDLE AGEの心筋ミオシンアイソザム変化に及ぼす若年期での持久的運動の影響」
成澤三雄(国際武道大学)Prof. Dr.
- 15:30 「柔道に於けるスポーツ医学的機能診断」
ハンス・イワノフ(元ブルガリア柔道チームチーフドクター)Dr.
- 16:00 終了

心理的負荷の大きい状態を克服するためのトレーニングとして、大脳皮質 D-C・ポテンシャル分布のコンピューター解析によるバイオフィードバック法を用いた成績を報告した。本方法は、航空パイロットその他にも応用できるとしており、東海大学スポーツ医科学研究所とも提携して現在スポーツ心理部門での共同研究も行われており、その一部の成績も発表された。

次いで、玉木助手が筋肉を強打した時の組織学的変化と、その治療過程について、ラット骨格筋による組織学的検索から打撲後比較的早い時期からある程度の運動を行った方がより筋再生過程を助長することを報告し、受傷後の運動療法の重要性を示唆していた。

なお、内科学のハーバー教授は、各個人の持久的トレーニングを分析し、エルゴメーター上の持



「武道フォーラム」開会のあいさつ 東海大学総長 松前達郎
(於：ウィーン ホテル望星 ピカソの間)

久能力を $\dot{V}O_2\max$ との関連から心肺機能と競技力向上との関係について言及された。

昼食後、中村豊助手は、東海大学整形外科における治療および東海大学スポーツ医科学研究所として経過観察している、東海大学柔道部および剣道部の部員についての疫学的調査、診療過程などをまとめ、スポーツにおける受傷部位、医療処置、回復状態など、武道としての特殊性などについて報告した。

また、ウィーン柔道連盟のH・クチェラ整形外科医は、ことに柔道における整形外科的障害に対するスポーツ医学的考えに基づく加療としての運動療法について報告された。

成澤三雄国際武道大学教授は、若年期での持久的運動トレーニングが中高年の心筋に対してどのような影響を与えるかを、ラットの心筋ミオシン

アイソザイムから検討し、その効果について検討を加えていた。

最後に、元ブルガリア柔道チームチーフドクターであったイワノフ医師は、過去の経験からブルガリア柔道チームの体力測定、医学的機能診断について報告し、その運動能力判定の基準として $\dot{V}O_2\max$ ばかりではなく、換気閾値、血中乳酸閾値にまで言及し、当時のブルガリアにおいて最新の情報に基づく検査、研究の行われていたことを報告していた。

以上8題の演題についてはそのつど活発な討議が行われ、午後4:00武道フォーラムとして極めて有意義な学術講演会を終了した。

なお、武道フォーラムの研究者4名は、その後、イタリア・ミラノ市をまわり、アムステルダム経由で11月14日成田着の日本航空で無事帰国した。



「武道フォーラム」 於：ウィーン ホテル望星ピカソの間



左より、佐藤宣哉、橋本敏明、中野昭一 於：ホテル望星 レストラン パステル

Sports

Essay

スポーツエッセイ

中下俊夫

濱野啓造

石丸明弘



物理屋のスポーツ

工学部応用物理学科

中下 俊夫

私はスポーツが好きである。しかし、自分の専門とスポーツを関連づけて考えたことは無い。この度、それらを結びつけて何かを書くようにとのことであった。私が今手がけている専門は半導体である。分かりやすく言えば、私は物理屋の端くれである。半導体とスポーツはどう考えても接点が無い。この題目が与えられて、無理矢理自分のスポーツに対する取り組みを考えているうちに、自分の取り組みが周辺の人々の取り組みと違っていることに気が付いた。

私は見るスポーツも好きであるが、自分でやる方がもっと好きである。どれ一つものになっていないが、いろんなスポーツを機会あるごとにやっている。いろんな学生が毎年入れ替わり立ち代わり研究室にくるので、その機会には恵まれていると思う。

数年前に硬式テニスをやり始めた。普通、初心者はラケットの握り方、ボールのとりえ方に関心があり、まずそれから学ぼうとする。しかし、私は真っ先に本屋に行き、コートの大さきやネットの高さ等が書かれているテニスの入門書を手に入れた。そしてコートの大さき、サービスライン、自分がボールを捕らえる高さ等の関係を紙面に書いてみた。ボールを相手コートに直線的に返すと考えて、定規で直線を引くとほとんどコートからはみ出ること気が付いた。特にサーブを直線的に打つと、私の背の高さではネットの上10cm以内でなければならず、自分の技量では不可能と分かった。

多くの球技では、ボールに回転をかけて、コントロールする。その回転操作が自分にとっては実に興味深い。そして、つい物理的に考えてしまう。

例えば、斜め45度に走りながら、膝のばね、腰の回転、打つ瞬間の重心の移動、腕の振り、しかも回転をかけるためにボールをこすりぎみにラケットに当てたとする。実際にこれを実行するのは自分にとっては難しいのであるが、出来るかどうかは別にして、これを力のベクトルの合成だと一生懸命考えている。ボールの飛んでいった方向を見ながら、どちらのベクトルが強すぎて、どちら

が弱すぎたか、瞬間的に考えているのである。テニスの先輩諸氏が回転のかけ方を教えてくれるが、自分が走っている分のベクトルを教えてもらったことが無い。

先日、テレビでサッカーを見ていたら、ゴールの斜め横30メートルくらいのところからのフリーキックでカーブをかけながら見事に得点した。その時、気のせいかも知れないが、ゴールの手前で最も多くカーブしていた。勿論、その技量には大いに感心したのであるが、そのままで終わらないのが、物理屋の端くれの悲しさである。アナウンサーや観衆そしてわが家のサッカーファンの興奮をよそに、頭の中でまた力のベクトル論が巡っていたのである。“何故、ボールを打った瞬間（回転する力を与えた瞬間）からなだらかなカーブを描かないのだろうか。そう言えば、野球でピッチャーが投げたボールも、手を離れる瞬間に回転する力を加えているだけなのに、バッターの手元に来て大きく変化するな。そうか、回転力は推進力に比べてほとんど減衰しないのか”と。

バドミントンの羽根（シャトルコック）の動きも実に面白い。例えば、相手コートの後ろのラインに高く打ち上げた羽根は、頭上までは比較的スムーズに何の疑問も無く進むのであるが、その後ほとんど真下に落ちてくるのである。打った瞬間の速度は聞くところによると時速150km以上らしいが、相手が打つ頃には自然に落ちて来る速度であるから、初めの速度に比べたら止まっているに等しい。余りにも極端である。ドライブやスマッシュではほとんど直線的に進むが、ドロップではまたネットを越えると途端にほとんど真下に自由落下する（この言葉も物理の専門用語であり、自分にはこの方が分かりやすい）。こんな複雑な動きをする球（厳密には、羽根であるが）は他に無いのではなかろうか。

自分で気がつかないうちに、こんなことを考えながらスポーツを楽しんでいたなんて、ほんとに端くれは愚かだと思うが、また明日から知らないうちに考えながらボールや羽根を追っていることであろう。

最後に、自分に言い聞かせたい。“空気抵抗と地球の引力を考慮せよ”と。

スポーツと土方の吐息

工学部土木工学科

濱野 啓造

私は高校を卒業するまで、もっぱら“体育”に力を入れ、字が示す通り、骨を豊に育てる為にスポーツによる“からだ”の健康づくりに心がけた。理由は生後まもなく、大きな手術により虚弱な身体であったから、父母がスポーツに目を向けさせた結果であったと思っている。1950年代、戦後の復興も徐々に進み、社会も明るさを取りもどしつつあった。しかし、スポーツ用品・用具など満足ではなかった。グラウンドは野球部、サッカー部、陸上競技部……など共用割当性であったから、われわれは、砂浜でサッカーボールを素足で蹴り、走り、汗を流す練習を重ねていた。その頃、水泳1500mの自由形、古橋選手や橋爪選手の世界的快挙がラジオ、新聞紙上で報じられ、われわれは未来に希望を与えてくれるような“一筋の光”を見ていた。日米対抗の野球も当時を思い出す良き材料である。私は大いに聴覚・視覚によるスポーツに酔っていた思い出がある。

時が経ち、1960年代、日本は経済成長が著しく、国力を挙げて“東京オリンピック”の誘致と開催にアクションを起こしていた。折しも、東京都立大学が深沢に移転が決定され、その整備とあわせて駒沢周辺のオリンピック会場予定地の基礎調査の協力依頼を受けた。オリンピック開催の決定に伴い、施設の工事は超特急で施工された。昭和39年、めでたく東京オリンピックが開催され、成功裡に終わった。国は毎年、国民の体育向上を旗印に国民体育大会が都道府県もちまわりで開催されるにいたり、該当の地方自治体は会場、施設、道路の建設と整備とに拍車をかけた。その結果、立派な体育施設がほうほうに造られ、運動公園もほぼ全国的規模で整備されつつある。喜ばしいことであるが……。

2～3年前、本学が医学部学生および教職員用のグラウンド用地を病院裏に購入した。この付近は地盤が軟弱で、地下水が高く、水はけが非常に悪い場所であった。簡単に土盛り、整地しただけでは、とてもグラウンドにはならない。土砂の流動もあったから。しかし、現在、立派にグラウンドは造られ、当初の

目的をはたしている。

最近、体育界と医学界ではキネシオロジーの共同研究が進み“運動する身体にやさしい”人間工学的に安全性が高く、かつ、機能性の優れたスポーツ・グッズが開発されている。同様に、スポーツの各種施設の設備に対して新素材が提供されはじめた。陸上競技場などのトラック用ラバー材など良く目につく所である。更に全天候型体育施設が建設され、競技者はもちろん、観戦者も快適環境のなかで、スポーツに酔っているように思われる。

さて、スポーツを陰で支えているスポーツで健康になった土方とその軍団は大変苦勞をしている。即ち競技者には最高のコンディションで競技ができ、観戦者は最高の雰囲気の中で楽しく観戦されるよう、良い環境の施設を造る為に努力はしているが。スポーツ施設の用地が地盤はじめ条件の良い場所では造成・施工の建設工事はスムーズに進む。しかし、軟弱な地盤、悪条件の多いわが国では、水抜工、地盤改良工の基礎工事、ときに遭遇する化膿症を起こす嫌気性細菌の出現に対する滅菌作業などが必要であり、工事は中々スムーズに進まない。その上、グラウンドは用途に応じたスポーツの特性を勘案しつつ、適度な土の軟度、適切な土の保水性、かつ、排水性の良い施工も考慮する必要がある。更に新素材の導入により施工は複雑化し、素材の特性と基礎の地盤との諸条件を十分に考えて綿密な工法で施工するのである。施工工事は吐息の連続である。

わが愛する土方軍団は市民が体力向上を目的とし、また余暇にスポーツ・レジャーを満喫するスポーツ愛好家や選手が己を鍛練し、高度の技術を身につけ、良い成績が得られ、後続の若手選手が十分に育成涵養されるスポーツの場を一所懸命に建設し、スポーツ基盤の整備に余念がないのである。手前みそであるが、わが軍団は“公共社会の基盤整備”を担い、市民の全て、社会の全ての活動を円滑に行われるように公共事業に従事しているのである。グラウンドを使うとき、“土方の吐息”をちょっと感じて欲しい。

Essay

早く来い来いスキーシーズン

研究計画課湘南分室

石丸 明弘

何かを頼まれると自分の能力に係わらず、何でも引受けてしまうという悪い性分が災いして、これをお読みになる方々の迷惑を一切顧みずこの原稿を書くことを引受けてしまった。さらに悪いことに頼まれもしないのに自分の興味が向いたものはチャンスさえあれば何でも試したくなるというまったくもってどうしようもない性分でもある。

よって体を動かすことには何のためらいもなく、むしろ好きな方である。とりわけ水の中は最も得意な分野で中学から続けていた競泳に端を発し、それが高じて海洋学部へ進学し、卒業後海洋研究所西表分室の開設当初から西表島に常駐し、十年以上に渡って家族ともども海辺で暮らすことになった。そこで暮らぶりについてはここでは触れないが、人工的な四角い囲いの中で始めた水泳というスポーツがその後の私の人生にたいへん大きな影響を与えることになった。

西表島から清水校舎へ転勤してからも時々水泳を続けているが、30代半ば近くにして習い始めた少林寺拳法にはたいへん魅せられた。しかし現在何といっても最も魅せられているもの、それはスキーである。自分で言うのも恥しいとは思いますが、40歳のオッサンにしてはのめり込みが半端じゃない。一年間全てはスキーシーズンのためにあるようなものである。車の屋根に自転車を積んで各地を放浪していた夏休みも終わりに近づく頃になると、年末のスキー宿の心配から我家のスキーシーズンは始まる。それとともにスキーに向けてのトレーニングが開始される。マシントレーニングを中心に、主に私と家内の中年族だけが行ない、中学生の長男と小学生の長女は特別なトレーニングは行なわない。立冬も近づく11月上旬になると各地の雪の便りが届き始め、さらに気持ちの落ち着きを失くしていく。成長の早い子供達の道具合わせも昨シーズンの旧モデルが出回っている夏から秋にかけてチェックしておかねばならない。もっともこれは単に経済的な理由によるものであることに他ならない。

昨年シーズン石垣島出身で大学を九東大の農学部を卒業したての若者と八方へ出かける機会があった。彼にとって雪は無縁であり、もちろんスキーは初めての経験であり満足のいく滑りができない横を小4の長女が彼から見れば真に弾丸のごときスピードで滑り下りて行ったのにはたいへんくやしい思いをしていた様子だったが、しかしリフトで頂上に着いた時の眺めは南海のすいこまれるような海の美しさとは違った感動を彼に与えたようで、スキーはへたでもこの景色を見ただけでも来て良かったと喜んでいて。もちろん一步一步自分の足で登って来る山屋さんからみればなんとも情けない連中だと見られてしまうかもしれないが、でもどんな方法で登ってもやっぱりあの眺めはずばらしい一言である。

私にとってスキーの魅力とは、なんといってもあのスピード感につきる。他の乗り物のように原動力を必要とせず、体一つで風を切る様は、私は未経験だがウィンドサーフィンとも似ているのだろうか。

もちろんスキーもたくさんの道具を必要とする。板やブーツを初め、ウェアやグローブ、それにスキー場へ行くための車と無くてはできない物から、あった方がより楽しい物まで様々である。これらの道具類を自分で手入れし、整備していく過程がまた楽しく、早くスキーに行きたいという熱も家族中に広まっていくものである。

昨シーズンは経費節減のため、長女と2人で「スキー修行の旅」と称して車に寝泊りし、キャンプまがいの生活をしながらスキーに行った。これがまた楽しく長女は今シーズンも「スキー修行の旅」に行きたがっている。

私にとってスポーツは競技ではなく、個人で楽しみ家族で楽しみ、そこからお互いのコミュニケーションが生まれてくる生活の潤滑剤のようなものである。したがってもう何歳になったから〇〇はやらないとかいうものではなく、何歳になってもやめられそうにない生活の一部である。

今シーズン「ビッグフット」という足形をした長さ60cmくらいの板を2セット買いこんだ。これは長さが極端に短いため、常にスキーの中心に乗っていないと転倒してしまうシロモノらしい。逆にスキーの中心に乗る訓練としてオーストリアのスキー学校でも使用されていると聞く。今家族の話題の中心はこのピンクのベチュキアをほどこした、ビッグフットにいかに乗るか、そして誰がうまく乗るかである。

間もなく愛車のタイヤをスタッドレスにはきかえるといよいよ我家のスキーシーズンも本格的に開幕する。

スポーツ医科学研究所要覧

1. 研究機関名

和文名：東海大学スポーツ医科学研究所

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

2. 所在地

東海大学湘南校舎

3. 設置年月日

昭和62年10月1日

4. 設置目的

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

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

5. 研究所組織



東海大学スポーツ医科学研究所規程

1987年10月1日 制定

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ヵ年度とする。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ヵ年度とする。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ない。

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

1988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400字詰横書き原稿用紙に黒インク書きにし、本文は漢字かなまじり文新仮名づかいとする。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。単位およ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、1、II、……1、2、……1)、2)、……(1)、(2)、……a)、b)、……(a)、(b)、……とする。和文ワードプロセッサ(24ドット以上)で原稿を作成する場合は、A4版横書き、40桁20行(上下左右の余白は25mm以上、欧文綴りおよび数値は半角)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(おおよそ400字詰原稿用紙で30枚、ワードプロセッサ使用の場合は15枚)、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. 図表は刷り上がり2ページ以内とする(図表は、大きさにもよるが、おおよそ400字詰原稿用紙1枚分に相当するので、6～8枚の図表をいれることが可能である)。ただし、図表が2ページを超えた場合、または特別な費用を要した場合には寄稿者負担とする。

8. 挿入原稿は、必ず黒インクで墨入れし、図中の文字や数字は、直接印刷できるように、きれいにはっきりと書く。方眼紙を用いるときは、薄藍色のものとし、写真は白黒の鮮明な画面のものとする。

9. 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、本文とは別に番号順に一括する。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。

10. 引用・参考文献は、原則として、本文の最後に著者名のABC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、引用およ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。
11. 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。
12. 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部を超える別刷りの費用は著者負担とする。
13. 寄稿論文は下記に送付する。

〒259-12 神奈川県平塚市北金目1117

東海大学体育学部内

「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. 10. は、和文規定に同じ。
11. 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。
12. 13. は、和文規定に同じ。

附則 この規定は1988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 (1991.4.1)

- 1 委員長 古谷 嘉邦
- 2 委員 中野 昭一
- 3 委員 今井 望
- 4 委員 真下 悟
- 5 委員 山本 芳孝
- 6 委員 三田 信孝

東海大学スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

所員

- 1 所長 中野 昭一 医学部教授(生理科学)、保健管理センター所長
- 2 次長 佐藤 宣践 体育学部教授(武道学科、柔道)
- 3 所員 小村渡岐磨 体育学部教授(体育学科、運動心理学・陸上)、体育学部学部長
- 4 所員 今井 望 医学部教授(整形外科)、附属大磯病院院長
- 5 所員 今村 義正 体育学部教授(社会体育学科、心理学)
- 6 所員 古谷 嘉邦 体育学部教授(体育学科、バイオメカニクス)
- 7 所員 齋藤 勝 体育学部教授(体育学科、運動学・バレーボール)、学務部担当部長
- 8 所員 山本 芳孝 開発技術研究所教授
- 9 所員 真下 悟 理学部教授(物理学科)

10 所員 本間 隆夫 工学部助教授(工業化学科)、中央機材管理センター長

11 所員 山下 泰裕 体育学部助教授(武道学科、柔道)

12 所員 寺尾 保 医学部講師(生理科学)

13 所員 松前 光紀 医学部講師(脳神経外科学)

研究員

1 研究員 岡 哲雄 医学部教授(薬理学)

2 研究員 椎名 宮雄 開発工学部教授(情報通信工学科)

3 研究員 戸松 泰介 医学部助教授(整形外科)

4 研究員 白倉 克之 医学部助教授(精神科学)

5 研究員 田辺 晃久 医学部助教授(内科学1)

6 研究員 吉川 政夫 体育学部助教授(社会体育学科、心理学)

7 研究員 三田 信孝 体育学部講師(社会体育学科、健康学)

7. 所員 齋藤 勝 ①運動と栄養摂取に関する総合的研究、②トレーニングとスポーツ障害及びその予防研究

8. 所員 山本 芳孝 スポーツ医学の光学計測に関する研究

9. 所員 真下 悟 筋肉内水代謝の時間領域測定

10. 所員 本間 隆夫 ヨモギ (*Artemisia*) に含まれるフラボン配糖体の化学構造および生理活性

11. 所員 山下 泰裕 運動・スポーツにおける水と栄養補給の検討

12. 所員 寺尾 保 大学運動部選手における運動生理学的能力の向上に関する基礎的研究と栄養補給の検討

13. 所員 松前 光紀 MRを用いた筋肉代謝に関する基礎的研究

研究員

1. 研究員 岡 哲雄 マウス自発運動量に対するドーピング薬の反復投与の効果

2. 研究員 椎名 宮雄 運動学習機序モデルとその応用とに関する研究

3. 研究員 戸松 泰介 スポーツ選手のための人工靭帯開発に関する研究

4. 研究員 白倉 克之 リラクゼーションに関する精神生理学的研究—音楽と心身のリラクゼーション(その2)

5. 研究員 田辺 晃久 スポーツ選手の自律神経機能の評価

6. 研究員 吉川 政夫 スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究

7. 研究員 三田 信孝 運動負荷に対する呼吸・循環機能の対応

1993年度スポーツ医科学研究所
所員・研究員研究テーマ

所員

1. 所長 中野 昭一 運動・スポーツにおける水と栄養補給の検討

2. 次長 佐藤 宣践 同上

3. 所員 小村渡岐磨 陸上競技短距離選手の性格特徴について

4. 所員 今井 望 前十字靭帯損傷膝関節における身体運動と関節、角度、変化の関係について

5. 所員 今村 義正 体育専攻学生のストレスに関する調査

6. 所員 古谷 嘉邦 等速性筋力について

1993年度第1回東海大学スポーツ
医科学研究所所員研究員
合同会議議事録

日時：1993年6月17日(木) 午後5時30分～午後7時

場所：湘南校舎7号館体育学部2階主任教授室

出席者：〔所員〕中野昭一、佐藤宣践、小村渡岐磨、
今井 望、今村義正、古谷嘉邦、
齋藤 勝、山本芳孝、本間隆夫、
寺尾 保

〔研究員〕岡 哲雄、戸松泰介、白倉克之、
吉川政夫、三田信孝

欠席者：〔所員〕真下 悟、山下泰裕、松前光紀

〔研究員〕椎名宮雄、田辺晃久

議題：A) 1992年度報告

1. 決算報告について
2. 東海大学スポーツ医科学雑誌第5号発行について

B) 1993年度について

1. スポーツ医科学研究所の所員及び研究員の構成について
2. 研究計画について
 - 1) 武道フォーラムでのシンポジウムについて
 - 2) ボルツマン研究所との共同研究について
 - 3) 研究所としてのプロジェクト研究について

C) スポーツ医科学研究所建設計画について

D) 1993年度予算配分について

E) 東海大学スポーツ医科学雑誌第6号の発行について

A) 1992年度報告

1. 1992年度スポーツ医科学研究所（以下、スポ医科研）決算報告について（中野所長）

所長より1992年度スポ医科研決算報告について詳細な説明があり、スポ医科研予算配

1,350万円は、各個人研究費・スポーツ医科学雑誌刊行費・研究所諸経費および管理運営費等に、さらに、総合領域研究プロジェクト研究費（本年度配算400万円の中3,393,485円支出・・・送金および出張費）は、オーストリア・ルートヴィヒ・ボルツマン研究所およびウィーン大学との共同研究にそれぞれ使用されたことが報告された。（別紙参照）

2. 東海大学スポーツ医科学雑誌第5号発行について（古谷編集委員長）

編集委員長より、東海大学スポーツ医科学雑誌第5号の発行について経過説明があり、前年度と同様に約1ヶ月早く発行できたことが報告された。したがって、今年度も後述の研究論文〆切日までに投稿されるよう要望があった。

B) 1993年度について

1. 1993年度スポ医科研の所員および研究員の構成について（中野所長）

所長より、1993年度スポ医科研所員研究員の選出の経過が説明され、前年度後期より新たに松前光紀講師（医学部・脳神経外科学）を所員に、椎名宮雄教授（開発工学部・情報通信工学科）を研究員として選出した旨報告された。さらに、有馬亨助教授（医学部・整形外科）の転出（国立箱根療養所）により、スポ医科研所員を退任された旨報告された。

2. 研究計画について

- 1) 武道フォーラムでのシンポジウムについて（中野所長）

所長より、前年度から開催されている東海大学とウィーンの松前武道センター主催による第2回武道フォーラム（11月10日）にスポーツ医科学の研究範囲として、所長以下3名（東海大学2名、国際武道大学1名）の研究者を出席させることが報告された。

- 2) ボルツマン研究所との共同研究について（中野所長）

所長より、1993年度共同プロジェクト研

究計画を、下記のような標題で継続して行うことが報告された。

オーストリア・ルートヴィヒ・ボルツマン研究所およびウィーン大学との共同研究プロジェクト「運動選手の心理・生理学的研究—選手各個人の個性・知能および運動特性の把握とその応用—」

今村所員より、現在の進行状況が報告され、昨年度はトレーニング計画ソフトの改訂が行われ、Ver. 3 が完成した。したがって、本年度前半中にはこのマニュアルの日本語訳に入り、7月より一部、東海大学運動部選手の心理学的トレーニングの試行を行うよう努力することが報告された。

3) 研究所としてのプロジェクト研究について (中野所長)

所長より、スポ医科研所員・研究員による部門研究としての学際的研究は、前年と同様に次の2項に集約して行うことが報告された。

- ①運動と栄養摂取に関する総合的研究
—東海大学運動部選手の栄養状態の把握と効果的な栄養摂取方法の検討—
- ②運動種目別合理的トレーニングとスポーツ障害およびその予防に関する研究

C) スポーツ医科学研究所建設計画について (中野所長・佐藤施設管理課長)

所長より、6月3日(木)および6月8日(火)に各所員及び研究員から提出された各実験室ならびに研究室の電源および上下水道の配置、重量物等に関する図面について、スポ医科研、湘南校舎施設管理課および大成建設などとの間で施設関係の具体的な打ち合せの行われたことが報告された。

なお、この件に関して佐藤施設管理課長より、スポ医科研建設の現況および新築工事、設計・申請予定工程等について詳細な説明があった。

(別紙参照)

D) 1993年度予算配分について (中野所長)

所長より、1993年度スポ医科研予算案の経過

について説明があり、本年度の予算は、昨年と同様にスポ医科研予算1,350万円の配算があった。

なお、ボルツマン研究所とのプロジェクト研究費は3年を経て本予算の配算は終了した。向後、研究交流などについては別途予算請求を必要とする。

E) 東海大学スポーツ医科学雑誌第6号の発行について (古谷編集委員長)

編集委員長より、東海大学スポーツ医科学雑誌第6号について説明があり、本年度の研究論文の申し込みは7月31日(土)まで、原稿〆切は11月8日(月)にしたい旨要望があった。

F) その他

佐藤次長より、スポ医科研の具体的な建設計画にしたがい研究体制の確立を行うよう要望があった。

研究所所員・研究員会議配布資料 No.1

- ・1992年度スポーツ医科学研究所決算報告書
- ・1993年度スポーツ医科学研究所所員研究員名簿
- ・1993年度スポーツ医科学研究所所員・研究員研究テーマ
- ・15号館新築計画に基づく各申請予定工程表

『東海大学スポーツ医科学雑誌』

編集委員

委員長 古谷 嘉邦
委員 中野 昭一
〃 今井 望
〃 真下 悟
〃 山本 芳孝
〃 三田 信孝

東海大学スポーツ医科学雑誌 第6号 1994

発行日——1994年3月5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 中野昭一
〒259-12 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——港北出版印刷株式会社

製本——株式会社石津製本所

組版・装丁——株式会社武井制作室