

東海大学

第8号 **スポーツ医科学雑誌** 1996

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所

1321 葉子
Kaw Higashi



人は何処よりも来り何処に行かんとすまか
 それありし日の少年は芽生えたほのかな疑問であつた
 しかし揺籃より墓場まで
 それは生ける人々にどつてまきれもなき生の現実である
 この現実の上には人は喜ぶ且つ哀しむ
 そこに勝利と敗残の人々の生涯がある
 人々よ
 生命の現実を人生を肯定しよう
 不屈の精神と逞しき体軀をつくろう
 精神と肉體との調和に生命を開拓しよう
 かくして希望と勝利の人生の街道を善進しよう
 されどありし日の少年の疑問は残る
 人々よ
 見よ人体構造の神秘を
 見よこの作品の微妙さを
 見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを
 見よこの偉大なる造物主の力を
 人々よ
 身体製膚これを父母にうく敢て毀傷せざるは孝の始めなり
 人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ
 されどその前に創造の神秘がある
 大自然を支配する思想がある
 われら肅然として襟を正し現実を正視しよう
 昭和四十八年四月 松前重義

人は何処よりも来り何処に行かんとするか
 それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた
 しかし揺籃より墓場まで
 それは生ける人々にどつてまきれもなき生の現実である
 この現実の上には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
 生命の現実を人生を肯定しよう
 不屈の精神と逞しき体軀をつくろう
 精神と肉體との調和に生命を開拓しよう
 かくして希望と勝利の人生の街道を善進しよう
 されどありし日の少年の疑問は残る
 人々よ
 見よ人体構造の神秘を
 見よこの作品の微妙さを
 見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを
 見よこの偉大なる造物主の力を
 人々よ
 身体製膚これを父母にうく敢て毀傷せざるは孝の始めなり
 人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ
 されどその前に創造の神秘がある
 大自然を支配する思想がある
 われら肅然として襟を正し現実を正視しよう
 昭和四十八年四月 初春
 松前重義

東海大学スポーツ医科学研究所の歩みと今後

齋藤 勝 7

【研究論文】

大学女子スポーツ選手の2年間の身体組成変化と心室性期外収縮の関係について
三田信孝・内藤堅志・荒川正一・三神美和・中野昭一 13

長距離走者の赤血球膜脂質の変化
岩垣丞恒・新居利広・中野祐克・風見昌利 22

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4）
リラクゼーションと脳波 α 活動についての一考察
白倉克之・森本 章・小林信三・伊賀富栄・篁 一誠・山本賢司・志水哲雄 30

少年期のサッカー技術習得におけるイメージ・リハーサルの効果
内山秀一 36

男子柔道選手の等速性筋力に関する研究
——膝伸展力及び屈曲力について——
北田晃三・古谷嘉邦・佐藤宣践・小河原慶太・有賀誠司 41

状態不安・特性不安と立位姿勢の重心動揺の関連性
吉川政夫・菊地真也 47

骨格筋における不凍水の特性
栗田太作・灰田宗孝・篠原幸人・古橋栄介・三浦信広・新屋敷直木・真下 悟 55

柔道選手における前方動揺性膝関節の競技力について
中村 豊・寺尾 保・齋藤 勝・戸松泰介・宮崎誠治・内山善康 61

低圧環境下における血中乳酸濃度4mMレベルを指標とした持続的
トレーニング負荷強度についての検討
寺尾 保・中村 豊・松前光紀・山下泰裕・張 楠・三田信孝
新居利広・岩垣丞恒・佐藤宣践・齋藤 勝 65

スポーツによる骨軟骨障害発生に関する実験的研究

—関節端組織のせん断損傷に対する成熟度の影響—

菊川久夫・戸松泰介・中村 豊・福田宏明・康井義明 73

メタセコイアの新鮮な葉に含まれるフラボノイド類の単離と化学構造

加藤鉄二・本間隆夫 78

**ベニバナ組織細胞の暗所および明所での誘導と培養細胞に含まれる
フラボノイド類の単離および化学構造**

廣瀬伸次・本間隆夫 82

【スポーツエッセイ】

自転車ミーハー50年のつぶやき

学生相談室 萩原 公世 88

私の苦手なスポーツ歴

教養学部生活学科 井上 義雄 90

肝機能の回復について

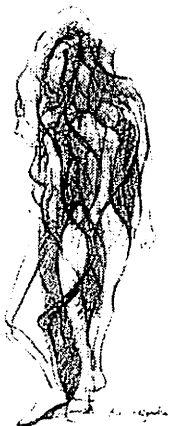
理学部物理学科 豊田 正 92

スポーツ医科学研究所所報

95

 あとがき

105



東海大学スポーツ医科学研究所の歩みと今後

スポーツ医科学研究所長

齋藤

勝

東海大学のスポーツ医科学研究所は、初代総長松前重義博士の提案によって、総合大学としての利点を生かし、学際的な視野からスポーツと医学と科学との融合を図る研究所として1987年10月開設された。

当初、建物の完成まで、研究所は7号館の体育学部の1研究室をその拠点にすることになった。中野昭一前所長を中心にして松前重義総長の構想を基に、医科学研究・技術研究・障害研究・国際交流の4部門の柱が決まり、体育学部・医学部・工学部・理学部などからそれぞれの部門に携わる研究所員・研究員の先生方が人選された。研究の4部門は、更に、競技力の向上、スポーツ障害の予防・治療の対策、バイオメカニクス、心理学、栄養の摂取、スポーツ器具・機材の開発など、具体的なテーマに絞られ、計画が立てられた。所謂、グローバルな学際的研究の第一歩であった。

しかしながら、現実には厳しかった。研究所が仮住まいで狭く、機材や備品の管理にも限度があることや専任の研究所員も居ないこともあって、活動にも困難をきたし、各自の研究もそれぞれの学部学科の研究室を使用せざるを得なかった。そんな中でも、先生方はその研究成果を年に一度、『スポーツ医科学雑誌』に発表されてきた。研究の計画も多少縮小されたが、運動選手を対象にした栄養状態の把握と効果的な摂取方法に関する検討、オーストリア・ルートヴィヒ・ボルツマン研究所及びウィーン大学との協同研究（運動選手の心理・生理学的研究—選手各個人の個性・知能及び運動特性の把握とその応用）、医学部整形外科担当医による各運動部への定期訪問診断指導など地味な活動ではあったが、着実に継続されてきた。また、これらの活動と並行しながらスポーツ医科学研究所設立準備委員会も設けられ、中野昭一前所長を始めとした研究所員6名の代表が、その委員会の命を受け、欧米6ヶ国のスポーツ施設・研究所・大学などを視察し、その報告書が提出されるなど、努力は繰り返されてきた。しかし、計画は一進一退でスポーツ医科学研究所の施設完成への道程は遅々たるものであった。

本年（1995）3月、永年の夢が叶えられ15号館が完成された。建物はプール、トレーニング施設、スポーツ医科学のための各実験研究室・低圧室、保健管理センター、体育学部研究室、各種会議室を備え、地上8階・地下1階の建物である。

プール棟は競泳用公認25m×8コース（深さ1.7m～1.8m）及び17m×8m（深さ1.4m）のリハビリ用で、ともに温水プールである。データ監視室では2台のカメラでプール全景の状況を監視し、安全の確保ができるように設計されている。運用面では、研究・指導のための泳法のビデオ撮影が可能な4個の水中窓やウォーターエクササイズの利用にも可能な水中スピーカーも設置されている。リハビリ用プールでは、車椅子でも入水できるスロープが設けられ、更には、フローマシンによ

って作り出す強弱の流水により、身体障害者・スポーツ障害者のリハビリテーションや選手のリラクゼーションの利用にも生かせる施設である。

機能測定室（1階）では、個人番号の登録とカードの使用により、各自の形態や体力を自動的に測定することができる体力測定装置が設置されている。また、同時に、コンピュータにより、データ収集や結果の解析も実施でき、現状を把握しながら効果的な指導や各自のトレーニングの方法の選択にも役立つことができる。

トレーニングセンター（地下1階）は、主として運動クラブ部員や体育学部の学生などハイレベルの者や専門の者を対象にした所である。総床面積は1,100m²であり、トレーニングマシンやフリーウエイトの機器など、トレーニング機器の種類・数ともに多岐にわたっていて、それぞれがトレーニング部位別、負荷抵抗方式別にフリーウエイト・電磁抵抗方式・油圧式・リハビリテーション・身体部位別（体幹・肩と腕・胸と背・脚）・エアロビック最大無酸素パワー・ストレッチング等、各エリアごとに配置されている。これらは国内最大級・最高の施設であると云っても過言ではない。

フィットネスセンター（1階）では、教養体育の授業及び一般学生・教職員を対象にした健康・体力づくりのためのトレーニング施設である。総床面積は660m²にラポード・ステアマスター・カーデオバイク・パワーマックスVなど心肺機能系のトレーニングマシンやカイザー社製のボタンを押すだけで、負荷が調整できる空気圧を利用した筋力トレーニングマシン及びフリーウエイト機器など100余りが配置されている。このトレーニングセンターとフィットネスセンターを合わせた規模や機種の種類など東洋一の施設と云えるだろう。

特に、低圧（高地トレーニング）室は、この研究所の特徴の一つでもある。室内の条件設定値は高度が0m～400m、温度が-10℃～40℃、湿度が30%～90%とそれぞれの範囲内で調節することができる。スポーツ選手の高地トレーニングはもとより、各種運動に対応した種々の条件を変化させながら運動生理学、運動学、運動心理学など新しい分野での科学的解明に役立てることができる装置が施されている。日本では国立の筑波大学、鹿屋体育大学に設置されているようであるが、私立大学では初めての施設である。

しかし、一方では、スポーツ医科学研究所設置に伴い、三次元動作解析システム、呼吸サウンドシステム、超音波診断装置など、当初、各所員や研究室から計画希望が出されていた機器など、かなりのものが予算の関係上省かれてしまった。

ただ、7号館の体育学部総合実験室が手狭になったこともあって、特に体育学研究科の機材で呼吸代謝体力システム、呼吸系測定システム、

走行中四肢体動測定システム、呼吸パターン分析システム、酸・塩基平衡・環境系測定システムなど、アメリカユニバーサル社の最新鋭の生理学関係の機材各一式がスポーツ医科学研究所の実験室に移動され、共同で使用するようになった。既に低圧（高地トレーニング）室の実践的なトレーニングと結びつけながら効果的に活用されている。しかし、当初の計画にあったように、今後、更にこの研究所を有効に機能させるためには、バイオメカニクスやメディカルに関わる機材・器具の設置が必要である。

環境が整えられたとは云え、スポーツ界にその成果を証明することは、決して容易なことではない、「努力は千回、成果は一步」である。しかし、この研究所の完成により、その一步の成果はとげることができたことになる。我々としても多くの期待に対する責任の重さと、努力の時を強く感じている。

今、スポーツ界は激動の渦の中にある。近代オリンピックの歴史と共に歩み始めたと云われているスポーツと医学との結合も、その初期には、選手の怪我に対する治療と予防が中心であったものが、第二次世界大戦を境にアメリカと旧ソ連（ロシア）を柱として民主主義と社会主義の二極化時代を迎えるに至り、思想・政治・経済と大きく変動した。それによりスポーツ界にも大きな影響が現れ、国家主義・英雄主義・商業主義に利用されることとなった。当然、それに関わるスポーツ医科学の力も大きく進展した。選手の体力づくりや競技力の向上、スポーツ障害の治療や予防、栄養摂取の問題、スポーツ競技・トレーニングのための機材・器具の開発など、その貢献度についても評価されるものは多い。しかし、一方では人道的にも許し難い、汚点と問題を今も尚、残し続けている。特にドーピング問題は根が深く、1960年のローマ・オリンピックの自転車競技での死亡（デンマーク選手）に端を発し、最近では1988年のソウル・オリンピックのベン・ジョンソン（カナダ）を代表する筋肉増強剤等が取り沙汰されているが、その他にも興奮剤、鎮痛剤、ベータ遮断剤、利尿剤等、禁止薬物は百種類を超える。筋肉増強剤を代表するアナボリック・ステロイドなどは痛風の治療薬プロベネシドを併用することにより反応を消すなど、ドーピング検査を逃れてあの手この手である。「血液ドーピング」のように、同一選手の血液を採血して冷凍保存し、競技前に再び本人に輸血して記録を伸ばそうとする方法などは、まだましな方で、ソウル・オリンピック前に、東側諸国の陸上競技の女子トップ選手の間では、妊娠初期の数ヶ月間はホルモンの分泌が盛んになり、母体に筋肉がついてパワーが増強しやすいことを利用、メダル獲得のために人工受精で妊娠し、一定時期に人工流産する方法が広がったと聞く。まさに国家主義・英雄主義・商業主義の人間ロボット作りである。東西ドイツの壁も取り払われ、二極化時代の一翼を担っていた

ソ連の体制も崩れ、アマ・プロの垣根も取り除かれた。トップアスリート達の多くは商業主義への道を辿りつつある。

しかし、このような流れの中にある東海大学スポーツ医科学研究所ではあるが、我々の指針は変わることはない。初代総長松前重義博士の掲げた建学の理念を基盤として、この『スポーツ医科学雑誌』の創刊号より毎回掲載されている博士の詩の一部にもある「不屈の精神と逞しき体軀をつくろう 精神と肉体との調和に生命を開拓しよう かくして希望と勝利の人生の街道を轟進しよう」と詠われた心を大切に、教育・研究に邁進して行かなければならない。

この研究所にも本年4月より、運動生理学と整形外科関係で2名の専任所員と1名の事務職員が配属された。来年度に向けても、既に増員を申請中である。研究所の専任所員と同15号館2階にある保健管理センターの所長及びスタッフとも、今後の相互の活動分担と協力体制についての会議を持ち、定期的に専任所員とセンター職員との打合せ会も持つことになった。また、医学部からの協力により、運動部選手のリハビリテーションの指導も怪我の診断と合わせて受けられるようになった。しかし、教職員や一般学生へのプール及びトレーニング施設の開放など、問題もまだまだ山積みしている。研究所としても、当初からの組織の柱である医科学研究・技術研究・障害研究・国際交流の4部門を1日も早く充実させて十分な活動ができるよう、努力をしていかなければならない。

施設の完成も含め、当面は活動の総合性を考え、力を分散させずに学際的な研究の具現化に重点を置きながら進む方針である。特にその中でも、大学学園内や一般的にも非常に関心の高い「東京～箱根大学駅伝」にテーマをしぼって総合的研究を試みることになった。研究の全貌についてはここに記すことはできないが、所員以外の先生からもかなり積極的な協力の申し出を受けている。簡単な事ではないことは重々理解しているが、この共同研究の成果が上がるよう、研究所の体制づくりと合わせ、努力していきたい。

前所長が退官されて、私がこの仕事を引き継ぐことになったが、本来、私自身はスポーツ競技の現場の指導者である。永年、国内・国際舞台に立って選手やコーチングスタッフを指揮する活動が主で、前所長の中野昭一先生のような医学に対する学識もなく、今更、学術的な研究論を唱えたところで一笑に付されてしまうのが落ちである。寧ろ、この研究所での私の仕事は、各分野で専門的に活躍されている先生方の力が、十分に活かせるような環境の整備とマネジメントに徹することであると考えている。

以上

研 究 論 文

- 大学女子スポーツ選手の2年間の身体組成変化と心室性期外収縮の関係について
- 長距離走者の赤血球膜脂質の変化
- 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4）
リラクゼーションと脳波 α 活動についての一考察
- 少年期のサッカー技術習得におけるイメージ・リハーサルの効果
- 男子柔道選手の等速性筋力に関する研究
——膝伸展力及び屈曲力について——
- 状態不安・特性不安と立位姿勢の重心動揺の関連性
- 骨格筋における不凍水の特性
- 柔道選手における前方動揺性膝関節の競技力について
- 低圧環境下における血中乳酸濃度4 mMレベルを指標とした持続的トレーニング負荷強度についての検討
- スポーツによる骨軟骨障害発生に関する実験的研究
——関節端組織のせん断損傷に対する成熟度の影響——
- メタセコイアの新鮮な葉に含まれるフラボノイド類の単離と化学構造
- ベニバナ組織細胞の暗所および明所での誘導と培養細胞に含まれるフラボノイド類の単離および化学構造

大学女子スポーツ選手の2年間の 身体組成変化と心室性期外収縮の 関係について

三田信孝 (体育学部社会体育学科)

内藤堅志 (体育学部非常勤講師)

荒川正一 (東京歯科大学市川総合病院)

三神美和 (医学部内科学)

中野昭一 (日本体育大学)

Relationship Over a Two Year Period Between Changes of Body Composition
and Premature Ventricular Contraction for a Female University Athlete

Nobutaka MITA, Kenshi NAITOH,
Shoichi ARAKAWA, Yoshikazu MIKAMI,
and Shoichi NAKANO

Abstract

This research analyzed over a two year period, a female university athlete who admits to Premature Ventricular Contraction, for changes of body weight, selected skinfolds, percentage of body fat, lean body weight, in relation to the occurrence of Premature Ventricular Contraction.

The subject is a female badminton player. The experiment measured the changes between since October, 1993 to October, 1995. The results were analyzed for each of the three periods-training, on-season, and off-season.

The result obtained are as follows:

1. Premature Ventricular Contraction occurred often high rate at three minutes into recovery.
2. Premature Ventricular Contraction was confirmed every time during the training period.
3. During off-season, the body weight increased in comparison to other periods.
4. Skinfolds of the abdomen increased during the off-season period.

I. はじめに

スポーツ選手のスポーツ活動中の事故を無くし、より安全に遂行させる事を目的に、私たちは、大学運動部新入生に対する運動負荷心電図測定等¹⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾を行ってきている。運動負荷心電図測定に関しては、人的、経費的な制約から新入

生については、入学の初年度のみの測定であり、不整脈などの異常所見が認められた者のみ、次年度も実施してきた。しかし、次年度において著明な変化が認められない場合には、その後の観察は実施していなかった。スポーツ選手が競技活動を続ける際には、競技に勝つために、毎日、激しいトレーニングや練習を行っており、そのことは身体的な強いストレスとなる。また、試合期の勝つ

事に対する心理的なストレスもある。このことは、心筋の虚血性変化や不整脈の発生にも影響を与えることがあるといわれている。その意味では、継続的な負荷心電図観察が望まれるところである。

そこで、本研究は、負荷心電図測定において、初年度に不整脈が認められた被験者に対して、その後2年度目より継続して負荷心電図測定を実施し、その経過観察を実施し、トレーニング期、試合期、オフシーズンの不整脈の出現状況について検討した。加えて、形態的な変化などとの関連についても検討を行った。

II. 方 法

以下に示す項目について、1993年度の10月より1995年10月までの2年間の測定を実施した。測定は、トレーニング期（練習、合宿を含む。）、試合期、オフ期（オフ終了時）に行った。

1. 対象者

対象者は、1992年度の初年度負荷心電図測定結果において、心室性期外収縮（P. V. C.）が認められ、次年度の負荷心電図測定においても再び認められた者である。人数は1名であり、本研究開始時において、年齢20歳、身長163cm、体重54.5kgの女性である。体育会運動部のレギュラー選手であり、卒業後も実業団で選手として活動を行っていく予定の者である。測定期間内の平均練習時間は、1日に約3時間、週に6日の頻度であった。なお、1995年度からは、普段のトレーニング、練習の他に、ロードにおける自転車のトレーニングを月に10回くらい取り入れている。このときの運動強度は、約30kmの距離を2時間かけて走行するものである。その際の心拍数は毎分約120～170拍であった。

2. 運動負荷

運動負荷は、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た。負荷強度は、運動開始から3分目まで150kgm、3～6分は450kgm、6～9分は750kgm、9～12分は900kgm、12～17分は1050kgmの負荷強度であった。この負荷強度は、初年度において測定した内容と同じものである。最大負荷強度は12.5メッツ、消費エネルギーは約130カロリーの運動である。負荷強度とそのときの心拍数から体重1kg当たりの最大酸素摂取量を求めた。

3. 負荷心電図測定

運動負荷心電図測定は、日本光電工業社製のプログラム心電計（ECG6206、PEC-1320）にて、30分の仰臥位後に安静時を測定し、運動負荷時は座位で17分間、回復時は座位にて10分間の記録を行った。記録は、1分毎に標準12誘導を記録した。この被験者の場合、運動後にのみ心室性期外収縮が認められていた。

4. 形態測定

形態に関しては、体重、利き腕側の上腕背部、肩甲骨下部、胸部、腹部、大腿部、側腹部（腸骨稜上部）、側胸部（中腋窩部）の皮脂厚を測定した。体重は、精密体重計（A&D社製）により、被服の重量を考慮して50g単位まで測定した。皮脂厚は、栄研式皮脂厚計（キャリパー型）を使用し、それぞれ3回測定し、平均値を求めた。上腕背部と肩甲骨下部の測定値から体密度法により、体脂肪率を求めた。さらに、体脂肪率から体脂肪量、除脂肪体重を求めた。

III. 結果及び考察

測定は、トレーニング期5回、試合期6回、オフ期3回の測定であった。測定開始時は1993年度試合期の最後の時期であった。その後のトレーニング期、オフ期は、1993年から1994年の冬期であった。オフ後のトレーニング期、試合期は春期、その後のトレーニング期は夏期である。その後、秋期の試合期であったが、被験者の都合により測

定を実施していないため、オフ期の測定となってしまう。オフ後のトレーニング期は1995年の冬期、試合期は春期、その後の夏期のオフ期、秋期の試合期の測定であった。

1. 体重の変化

体重の変化について、図1に示した。測定開始時期から順にみていくと、測定開始時は1993年試合期の最後であった。試合期後のトレーニング期、トレーニング期後のオフ期にかけて増加が認められる。その後のトレーニング期に減少を示し、1994年度春期の試合期に増加を示している。試合期後のトレーニング期に減少を示し、1994年秋期の

の試合期を経て、オフ期になり再び増加を示し、1995年のトレーニング期に減少し、春期の試合期に至っている。試合期後のオフ期に再び増加を示し、秋期の試合期に入っている。測定期間全体を通して、54.5kgから55.6kgの範囲内で増減を示していた。増加の特徴としては、試合期、あるいは試合期後のトレーニング期からオフ期にかけて増加が認められていた。減少傾向は主としてオフ期後のトレーニング期、夏期に認められていた。

2. 体脂肪率、体脂肪量の変化

体脂肪率、体脂肪量の変化に関しては、図2、3に示した。体脂肪率、体脂肪量とも同様に変化

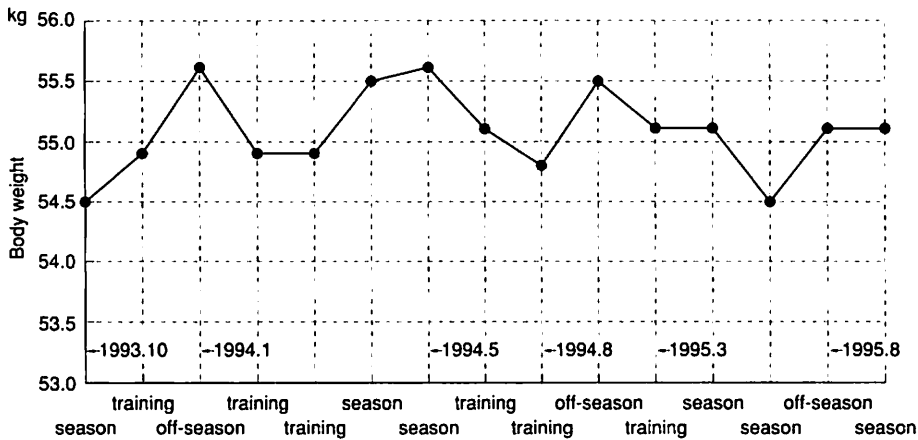


図1 体重の変化
Fig.1 Changes of body weight

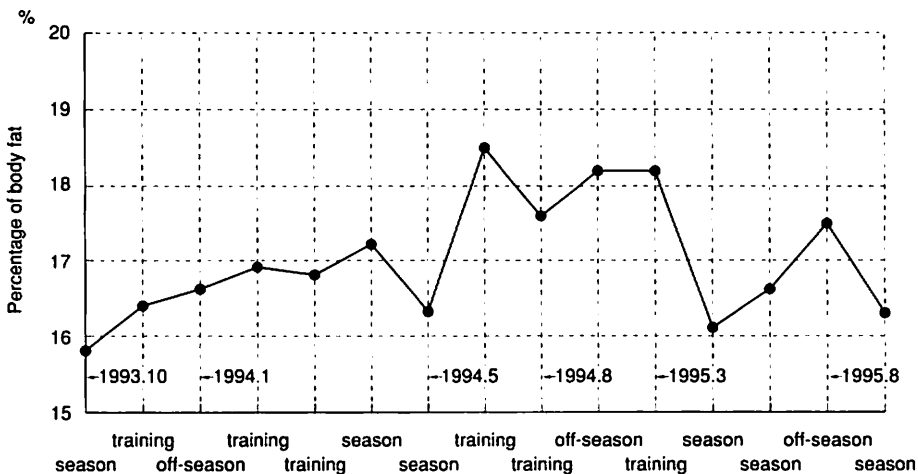


図2 体脂肪率の変化
Fig.2 Changes of percentage of body fat

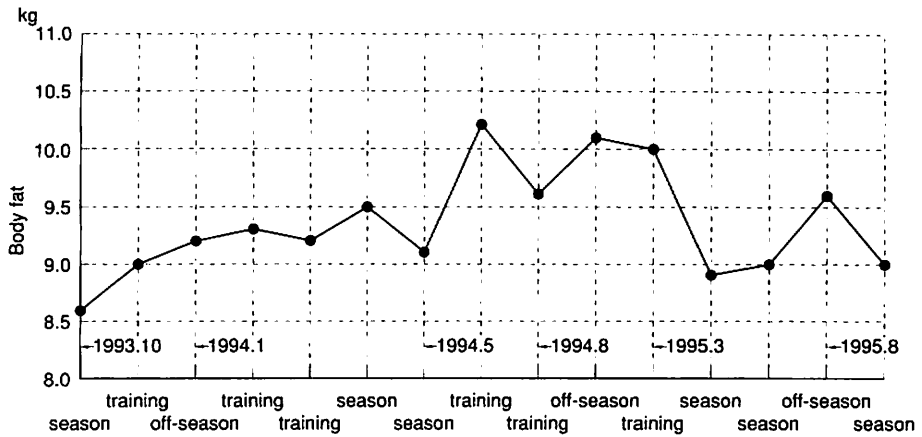


図3 体脂肪量の変化
Fig.3 Changes of body fat

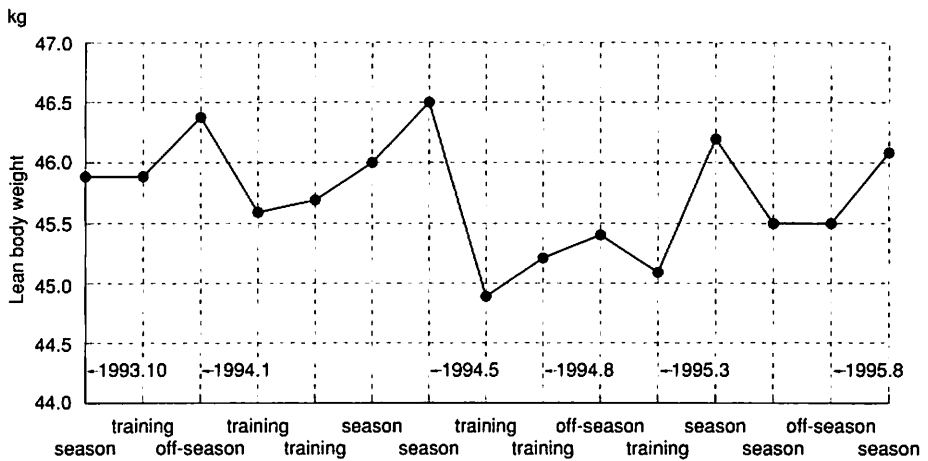


図4 除脂肪体重の変化
Fig.4 Changes of lean body weight

傾向を示している。1994年の春期の試合期にかけて徐々に増加を示した後、試合期の最後ではやや減少し、その後のトレーニング期に著明な増加を示している。トレーニング期の後半ではやや減少し、試合期を経てオフ期に再び増加し、1995年春期の試合期にかけて減少し、前年度の試合期と同等レベルで、試合期に入っている。春の試合期後のオフ期で再び増加、減少してから1995年秋の試合期に至っている。増加傾向は、オフ期に主として認められ、減少傾向は試合期にかけて見られている。試合期において、体脂肪率は15.8%から17.2%の範囲内であった。体脂肪量は、8.6～9.5kgの範囲内であった。

3. 除脂肪体重

除脂肪体重の変化を図4に示した。除脂肪体重は、1994年の春の試合期に対して、オフ期後のトレーニング期から試合期にかけて増加傾向が認められている。夏に減少し、秋から1995年春に向かい、1994年度と同様の増加傾向を示している。1995年度は夏期にはほとんど減少が認められず、秋期の試合期に至っている。試合期中の除脂肪体重は、45.5～46.5kgの範囲内であった。

4. 心室性期外収縮

心室性期外収縮の出現状況について、図5に示した。この被験者において、心室性期外収縮は、

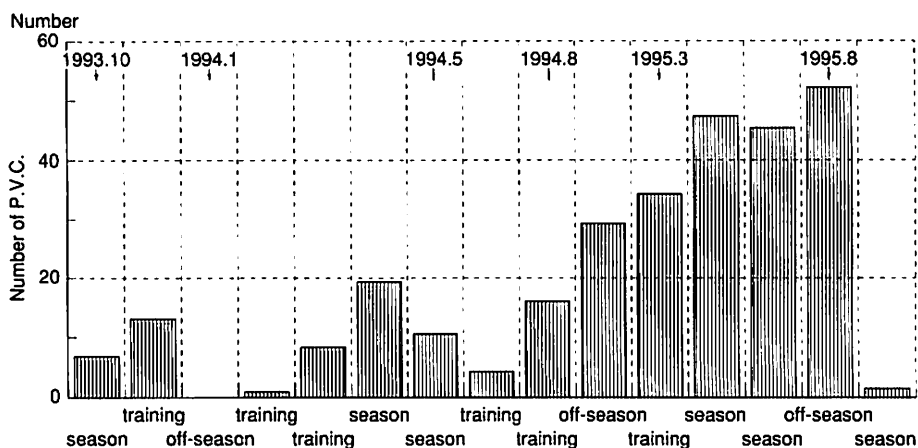


図5 回復時の心室性期外収縮数
Fig.5 Number of P.V.C. in recovery

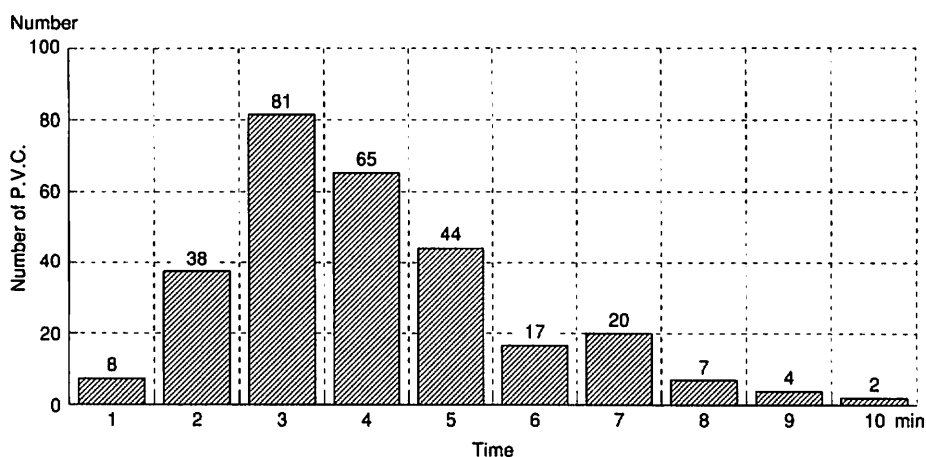


図6 回復時の心室性期外収縮数 (各分の合計)
Fig.6 Number of P.V.C. in recovery (Total of each time)

運動後の回復時にのみ認められ、運動後の10分間の合計値を示した。心室性期外収縮は、測定を重ねるにつれ、増減を繰り返しながら徐々に増加傾向を示していた。1995年度は、1993、1994年度と比較して著明な出現状況であった。

心室性期外収縮の出現状況について、運動後の経過時間別に見たものを図6に示した。出現の頻度は延べの個数で示してある。運動後3分における出現数が最も多く、次いで4分、5分、2分の順であった。

以上、測定順に各測定項目の変動について見てきたが、次にトレーニング期、試合期、オフ期においての各測定項目に関して見ていくことにする。

各期における運動強度に対する心拍数の変化について図7に示した。運動負荷強度の変化に伴い、心拍数は階段状に増加を示している。安静時心拍数は、トレーニング期が平均46.2拍/分、試合期が43.8拍/分、オフ期が43.7拍/分であった。安静時心拍数からみてこの被験者は、洞性除脈であった。トレーニング期の安静時心拍数はやや高い傾向が認められたが、有意な差ではなかった。運動負荷終了時の心拍数は、トレーニング期が153.0拍/分、試合期が147.7拍/分、オフ期が153.3拍/分であり、試合期がやや少ない傾向が認められたが、有意な差ではなかった。

運動前の安静時血圧については、最高血圧では

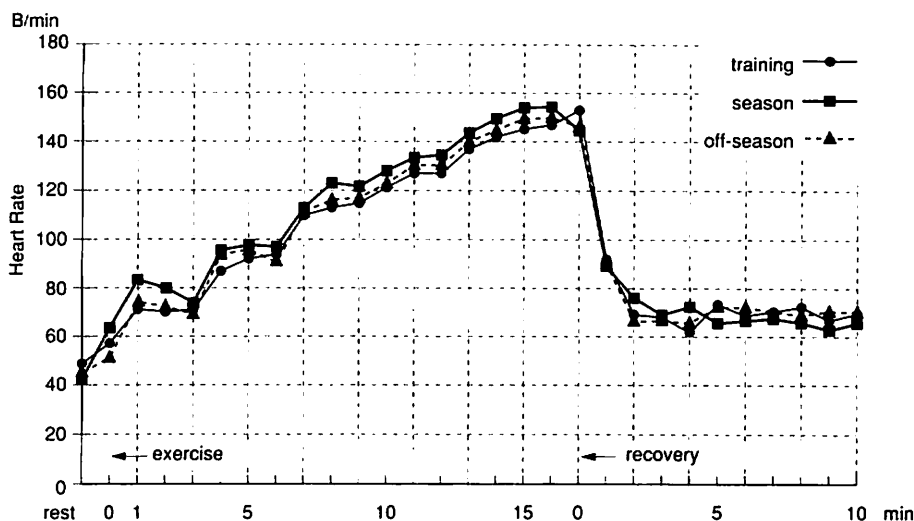


図7 心拍数の変化
Fig.7 Changes of Heart Rate

トレーニング期が平均 104.2 ± 3.5 mmHg、試合期が 103.7 ± 4.6 mmHg、オフ期が 102.7 ± 6.0 mmHgであった。最低血圧はトレーニング期が平均 59.8 ± 2.6 mmHg、試合期が 59.0 ± 2.2 mmHg、オフ期が 59.7 ± 3.9 mmHgであった。期間別に有意な差は認められなかった。

運動負荷強度とその時の心拍数から推定した体重1kg当たりの最大酸素摂取量は、トレーニング期が 75.3 ± 3.7 ml/kg/分、試合期が 79.4 ± 3.4 ml/kg/分、オフ期が 75.2 ± 4.5 ml/kg/分であり、試合期が高い傾向が認められるが有意な差ではなかった。

体重については、トレーニング期が平均 55.0 ± 0.1 kg、試合期が 55.0 ± 0.4 kg、オフ期が 55.4 ± 0.2 kgであり、オフ期に多い傾向が認められる。トレーニング期とオフ期の間に危険率5%で有意な差が認められた。

体脂肪率は、トレーニング期が平均 $17.4 \pm 0.8\%$ 、試合期が $16.6 \pm 0.6\%$ 、オフ期が $17.4 \pm 0.7\%$ であった。試合期の体脂肪は少ない傾向にあったが、有意な差ではなかった。

体脂肪量は、トレーニング期が平均 9.5 ± 0.5 kg、試合期が 9.1 ± 0.3 kg、オフ期が 9.6 ± 0.4 kgであり、試合期が少ない傾向が認められたが、有意な差ではなかった。

除脂肪体重は、トレーニング期が 45.4 ± 0.4 kg、試合期が 45.9 ± 0.4 kg、オフ期が 45.8 ± 0.4 kgであり、トレーニング期がやや少ない傾向が認められたが、有意な差ではなかった。

身体各部位の皮脂厚については、図8に示した。この被験者の場合、胸部、中腋窩部、腸骨稜上部が他の部位よりも薄く、大腿部が厚い傾向が認められている。各期の皮脂厚を見ると上腕背部、肩甲骨下部、大腿部において、試合期と比較してトレーニング期、オフ期に増加する傾向が認められている。腹部、胸部はトレーニング期、試合期と比較してオフ期に増加する傾向が認められている。中腋窩部と腸骨稜上部は各期の差がほとんど認められていない。胸部において、トレーニング期とオフ期の間に5%の危険率で有意な差が認められた。

心室性期外収縮に関しては、各期別の毎分の平均出現状況を図9に示した。トレーニング期では、3分が最も多く平均 5.4 ± 4.0 個と最も多く、次いで6分が 1.8 ± 3.0 個、2分が 1.6 ± 2.3 個であった。出現は回復時2分~10分に認められた。試合期では、3分が最も多く、平均 5.2 ± 6.7 個、次いで4分が 3.8 ± 8.0 個、2分が 2.3 ± 4.1 個の順であった。出現は回復時1分~9分に認められていた。オフ期では、4分が最も多く平均 9.7 ± 9.1 個、次

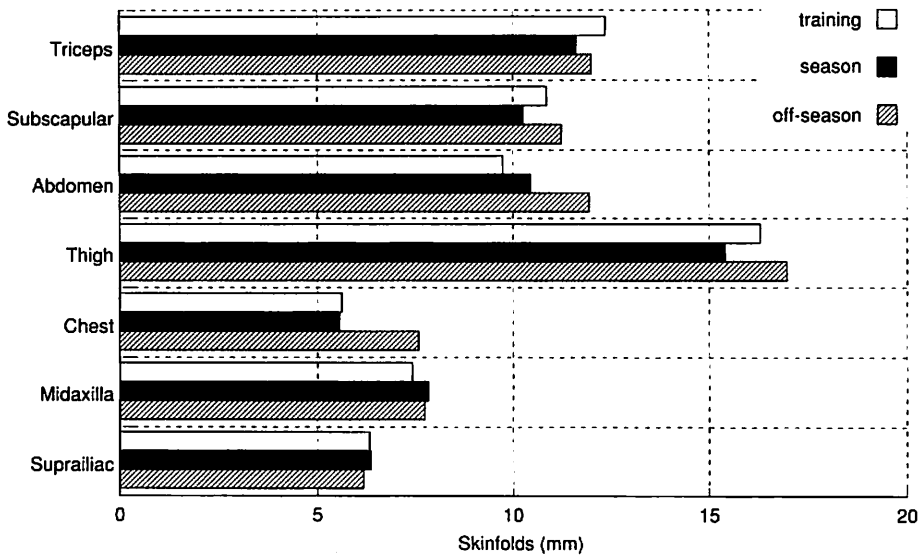


図8 皮脂厚の変化
Fig.8 Changes in selected skinfolds

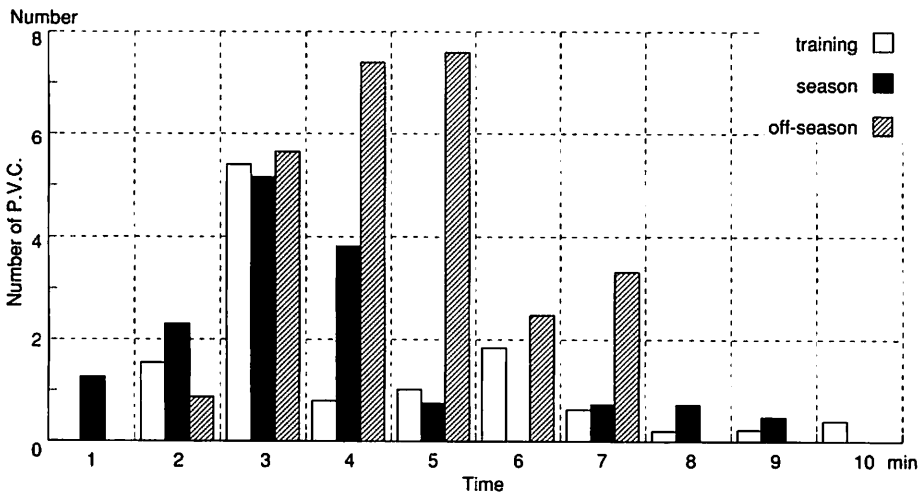


図9 回復時の心室性期外収縮数 (各分の平均)
Fig.9 Number of P.V.C. in recovery
(Mean value of each time)

いで5分が 7.7 ± 9.3 個、3分が 5.0 ± 7.0 個、7分が 2.3 ± 4.0 個の順であった。オフにおいては、出現が2~7分に認められ、回復時1分と8分以降には認められていなかった。回復時10分の平均出現数は、トレーニング期が 1.2 ± 1.6 個、試合期が 1.5 ± 1.7 個、オフ期が 2.7 ± 3.6 個であった。各期の各分の出現率の間には有意な差が認められなかった。また、測定毎に見ていくと、トレーニング期においては、全く出現が認められなかった事は無

く、毎回の測定で回復時に認められ、最多で34個、最少で1個の心室性期外収縮の出現であった。試合期においては、全く認められなかったのが1度あり、他は最多で45個、最少で1個の出現があった。オフ期は、3回の測定であったため、測定毎に出現状況が異なり、全く出現しなかった事が1度、他は29、52個の出現であった。

これらのことから、今回の被験者において、形態的变化としては、体重が試合期とトレーニング

に比較して、オフ期に増加を示す傾向が認められる。その身体組成の変化としては、主として胸部、腹部の皮脂厚増加が認められていた。一方、試合期には体脂肪率、体脂肪量が減少傾向を示し、最大酸素摂取量の増加傾向が認められていた。このことは、試合期には、オフ期、トレーニング期に増加した体脂肪を減らし、全身持久性能力を高めて望んでいることが推察される。今回の測定とは異なるが、私たちは、陸上競技の短距離選手において、形態的な測定とトレーニング、記録との関係を検討した未発表資料を持っている。それによると、トレーニング期に筋力トレーニングなどによって体重を増加させ、試合期に向かって、増加した体重の内容のうち、筋肉は減らさず、徐々に余分な脂肪を減少させて試合期に望んだ選手が、その試合期のベスト記録を出す可能性が高いことを認めている。今回の被験者においても変化量は少ないものの、同様の傾向があるものと考えられる。

心室性期外収縮は、全体を通して回復時の3分前後にその出現の多くを認めていた。そして測定開始時よりも出現数が徐々に増加する傾向が認められていた。この被験者の場合、測定開始時が大学入学2年目の秋からであったことから、競技活動において徐々に準レギュラーからレギュラーへと移行していく時期であった。さらに、卒業後も競技活動を継続していくこともあり、測定の2年目からは、自主的なトレーニングとして、自転車によるロードトレーニングをクラブの練習以外に、週に2回以上の頻度で実施している。相対的な活動量の増加、レギュラー選手として試合に勝たなければならないと言うストレスなどにより、身体的、精神的な負担が増加し、心室性期外収縮の出現数が、増えたものと考えられる。一般的に精神的なストレスは、心筋の仕事量の増加、交感神経の活性化、ならびに血管の収縮、血小板の凝縮促進がもたらされると言われており、さらには心筋虚血の誘発や不整脈の発生にも影響を及ぼすと言われている²⁰⁾。このことから、今後さらに、競技生活を継続する予定の被験者に対しては、身

体的なストレスの解消と同時に精神的なストレスに対する対策についても、十分に配慮する必要があるものと考えられる。

V. ま と め

本研究は、心室性期外収縮を認める女子大学生の競技者について、2年間の形態的な変化とトレーニング期、試合期、オフ期における心室性期外収縮の出現状況の関連について検討した。

その結果、以下のような成績を得た。

1. 心室性期外収縮は、回復時3分に多く認められた。
2. 心室性期外収縮は、トレーニング期において毎回認められた。
3. 体重は、オフ期において有意に増加した。
4. 腹部の皮脂厚は、オフ期において有意に増加した。

以上、今回は1被験者についてのみの検討であったが、今後さらに被験者数を増やして詳細な検討をする必要があるものと考えられる。さらには、24時間心電計による生活活動内容との関連、血液生化学的な面からの検討なども必要であると考える。

参考文献

- 1) 荒川正一、加藤達郎、山並義孝、今村修、内山秀一、今川正浩、袋館龍太郎、堀江繁、積山和明、平岡秀雄、三田信孝、成田明彦、久保正秋、白瀬英春、中西英敏、田村修治、宇野勝、山下真理子、葛蟬子、北浦綾野、小坂元三十美、内藤恒雄、笠富美子、丹内美江子、藤川紀子、木庭敏和、三神美和：東海大学体育会所属運動部の競技スポーツ選手に対する健康管理の実践報告、東海大学スポーツ医科学雑誌、第7号、83-91、1995
- 2) Lown B.: Roles of psychological stress and autonomic nervous system changes in provocation of ventricular premature complexes. *American Journal of Cardiology*, 41, 979, 1978
- 3) 三田信孝、田村修治、内藤堅志、並木和彦、三神美和、荒川正一、寺尾保、山並義孝、中野昭

- 一：男子スポーツ選手の負荷テスト心電図所見と形態的特徴—高身長・高体重者にみられた心電図異常について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第7号、66-74、1995
- 4) 三田信孝、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 (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、東海大学スポーツ医科学雑誌、第6号、62-72、1994
- 5) 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
- 6) 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
- 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 (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
- 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 (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
- 9) 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、小村渡岐磨、斎藤勝、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)、東海大学スポーツ医科学雑誌、第1号、39-45、1989
- 10) Usiyama K. et al: Physiologic neuro-endocrine arousal by mortal arrhythmic stress test in healthy subjects. *American Journal of Cardiology*, 67, 101, 1991

長距離走者の赤血球膜脂質の変化

岩垣 丞恒 (体育学部社会体育学科)

新居利広 (体育学部体育学科)

中野 祐克 (体育学研究科修士課程)

風見昌利 (東京健康科学専門学校)

Changes in Membrane Lipids of Red Blood Cells of Long Distance Runners

Suketsune IWAGAKI, Toshihiro ARAI,
Masakatsu NAKANO, and Masatoshi KAZAMI

Abstract

This study was designed to clarify the influences of endurance training on membrane lipids of red blood cells (RBC) by using the ghost cells. The subjects were 21 young men, control group (n=11, 18.5±3.5 years) and the long distance group (n=10, 18.8±0.8 years). After removing the plasma and the white blood cells by water jet aspirator the RBC was diluted with 5mM phosphate buffer and the white membrane of RBC was obtained by centrifugation at 10,000 rpm. Lipids extraction from the membrane was conducted by Folch Method and lipids separation and fatty acid determination were carried out by thin-layer and gas-chromatography. The following results were obtained.

1. There was not any difference in the L/P ratio and cholesterol contents of the RBC membrane between control and long distance groups.
2. There was not difference in the phosphatidylcholine (PC) contents of the RBC membrane between control and long distance groups.
3. However, in the phosphatidylethanolamine (PE) and sphingomyelin (SP) significant decrease and increase occurred respectively ($p < 0.05$).
4. In these phospholipids, remarkable changes in fatty acid composition were noted; in particular, a decrease of arachidonic acids ($C_{20:4}$) and increase of nervonic acids ($C_{21:1}$) were recognized in both PE and PC. These results show that in the membrane lipids of RBC of long distance runners a significant decrease of PE and increase of SP occurred with changes in fatty acid composition, and we confirmed that endurance training clearly influences membrane lipids of the RBC.

I. はじめに

最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) は持久性能力の指標とされ、この指標に基づくトレーニング方法の改善やこのメカニズムの解明 (心拍出量、肺拡散、ヘマトクリット、末梢血管) が研究されてきている。しかし、Sutton, J. R.¹⁾ (1992) が報告して

いるように、この問題は古くて新しい研究課題として現在でも議論の中心となっている。高所順化から発展した低圧下トレーニングも赤血球数の増加並びに乳酸閾値の右移行が出現し、現在では赤血球数や赤血球そのものの生理的変化に研究の焦点が合わされている。赤血球の生化学的特徴に関する研究では大野たち²⁾の研究と Aleksander, S. P. (1994) たち³⁾の比較動物間の赤血球の物理化

学的 aggregation 特性を背景とした研究が、最大酸素摂取量のメカニズムを解明する手掛りとなりそうである。しかし、赤血球それ自身の構造についての变化は十分考慮されていない。赤血球膜にはその変形能があり赤血球の形と脂質組成との間に関係が認められ⁴⁾、またカテコールアミンがホスファチジルエタノールアミン (PE) からホスファチジルコリン (PC) へのメチル化を促進している事柄⁵⁾などを考慮すると、赤血球膜脂質の脂質組成並びに脂肪酸組成率の変化が予想される。

そこで本研究では対照者と長距離者 (Long distance runners : LDR) の赤血球膜脂質を比較し、持久性トレーニングでの赤血球膜脂質変化を明らかにしようとした。

II. 研究方法

A. 対象者

Table.1 に本研究の対象者の特徴を示した。年齢、体重には有意な差はなく、身長はLDR群で多少高かった。LDR群は5000m走、10000m走でそれぞれに公式記録をもちその平均はTable.1 に示した通りである。

B. 採血

各対象者の右肘正中皮静脈からおよそ5 mlの採血を行った。直ちにその血液をスピッツへ移し、EDTAを少量加え、ゆっくり回転させ抗凝固状態とした。

表1 対象者の身体的特徴

Control : 対照群

Long distance runners : 長距離走者

Table 1 Characteristics of subjects

C : Control LDR : Long distance runners

	N	Age (years)	Body height (cm)	Body weight (kg)	5000m run	10000m run
Control	11	18.5 ± 3.5	162.0 ± 8.2	60.1 ± 11.4	---	---
Long distance	10	18.8 ± 0.8	171.9 ± 6.1	57.7 ± 5.6	14' 41" 7 ± 10" 2	30' 35" 5 ± 36" 7

C. 赤血球膜の採取

抗凝固状態の血液を遠心分離機 (Marusan-300s-1、佐久間製作所) で3000回転/min、30分間遠心し、血漿と白血球層をwater jet aspirator (水流ポンプ) で取り除いた。下層の赤血球層に5 mMのphosphate buffer (pH8.0) を加え、40倍希釈とした。この液をテフロンチューブ (40ml) に分注し、冷凍遠心機 (20PR-52D、日立製作所) を用い、ローター (RPR-20-2-2437、日立製作所) を用い10000回転で20分間の遠心を15回繰り返した。Fig. 1はその結果である (別丁カラー参照)。最終的には白い赤血球膜がペレット状で得られた。

D. 赤血球膜脂質の抽出

赤血球膜脂質の抽出にはFolchたちの方法³⁾を用いた。ペレット状の白い赤血球膜に抽出溶媒 (クロロホルム/メタノール、2 : 1、v/v) を加え、十分洗浄し、試験管 (20cm×30φ) に移し、室温で一昼夜放置した。赤血球膜の沈殿を確認し、濾紙 (No. 7, 90mm, 東洋濾紙) で濾過した。濾液は窒素ガス流入下のエバポレーター (RE-45、大和科学) で、蒸発乾固した。フラスコをFolch液で3回洗浄し、再度濾紙で濾過しスピッツに移し、窒素ガス流入下 (60℃ドライサーモユニット; タイテック株式会社) で再度蒸発乾固した。総脂質量は直示天秤 (Cho-Jupiter、STD-160; 長計量機器) により0.1mg単位で測定した。赤血球膜の蛋白量は濾過した濾紙を乾燥させ、1 N-NaOHに入れ、室温で2~3日間溶解させ、その一部をBradford法⁶⁾により75 μg以下の蛋白量として測定した。

E. 赤血球膜脂質の分離

赤血球脂質の分離には薄層クロマトグラフィー (Thin layer chromatography : TLC) を用いた。シリカゲル60G (Merck社) をガラスプレート (20×20cm) 上に0.5mmの厚さにひき、このプレートを120℃で3時間活性化した。赤血球膜脂質をプレート上にスポットし、リン脂質展開溶

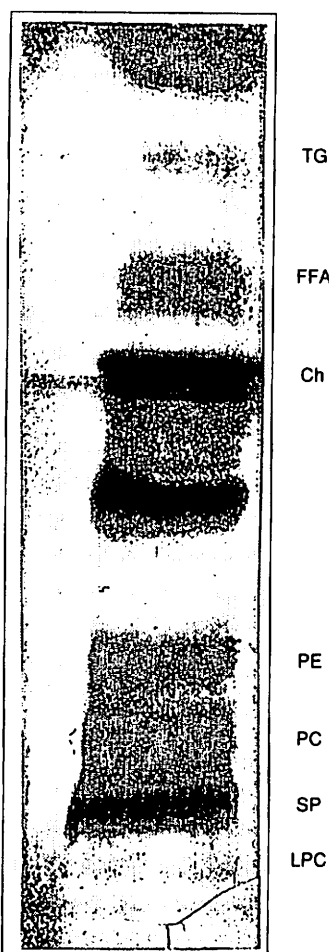


図2 ヒト赤血球膜脂質の分離
(展開溶媒: クロロホルム/メタノール/水, 65:25:4, v/v/v; ヘプタン/石油エーテル/エーテル/酢酸, 60:20:20:1, v/v/v/v)

Fig2. Separation of membrane lipids of RBC by TLC.
(Development solvent: chloroform/methanol/water, 65:25:4 v/v/v; heptane/p-ether/ether/acetic acid, 60:20:20:1, v/v/v/v)

表2 総脂肪酸からの各脂質の算出方法

Table 2 Calculation method of each lipids from total fatty acids

	Total FA ($\mu\text{mol} \times 10^{-3}$)	Extraction ratio from silica gel	FA mol	Molecular weight	Conversion coefficient
CE	A	4.12	1	647	2665
TG	A	3.90	3	807	1049
CL	A	2.00	4	1464	732
FFA	A	1.20		256	$\times 1000 \text{ serum}$ $\times 256$
PE	A	1.83	2	740	676
PC	A	2.00	2	790	790
SP	A	6.36	1	731	4656
LPC	A	1.08	1	495	335

媒と中性脂質展開溶媒 (クロロホルム/メタノール/水, 65:25:4, v/v/v; ペンタン/石油エーテル/エーテル/酢酸, 60:20:20:1, v/v/v/v) で展開した。Fig. 2はその結果である。濃硫酸噴霧後、加熱 (120°C) するとPE、PC、スフィンゴミエリン (SP)、リゾフォスファチジルコリン (LPC) の分離が認められる。また溶媒の先端にはコレステロール (Ch) が多量に認められる。ChについてはLieberman-Burchard法⁷⁾により定量した。

F. 各脂質と脂肪酸組成の分析定量

薄層プレートから各脂質スポットを掻き取り、その脂質をMorrison & Smithの方法⁸⁾で直接メチル化した。上層のヘプタン層を採取し、蒸発乾固し、それぞれの脂肪酸メチルをガスクロマトグラフィー (日立663-50) で分析・定量した。分析定量プログラムは $5 \times 10^{-3} \mu\text{mol}$ の標準脂肪酸メチル (ガスクロ工業株式会社) でファクター係数を決定した。用いた充填剤はFFAP、カラムは $3\text{m} \times 3\phi$ のガラスカラムである。窒素ガス流量は40ml/min、水素流量40ml/min、空気400ml/minである。温度プログラムはInitial 200°C、温度勾配1°C/min、最終温240°Cである。この条件下で得られた総脂肪酸質量より、各脂質のモル数 (Table 2) 並びに各脂質の脂肪酸組成率を算出した。

III. 研究結果

A. 赤血球膜の脂質/蛋白 (L/P) 比

Fig. 3 に対照群とLDR群の赤血球膜L/P比を示した。対照群では、 0.95 ± 0.16 、LDR群は 0.91 ± 0.12 となり、LDR群の赤血球膜のL/P比には、持久性トレーニングによる変化は生じていなかった。

B. 赤血球膜コレステロール

Fig. 4 は対照群とLDR群の赤血球膜コレステロール含有量を比較した。しかし、図にみられるように持久性トレーニングによっても、赤血球膜コレステロールに変化は生じていなかった。

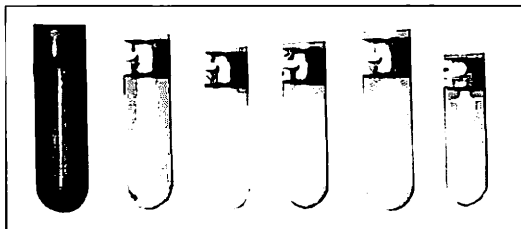


図1 赤血球膜の分離：右側のチューブに白いペレットが得られた

Fig. 1 Separation of red blood cells membrane. The right tube contained a white membrane of RBC.

本文 23 ページ

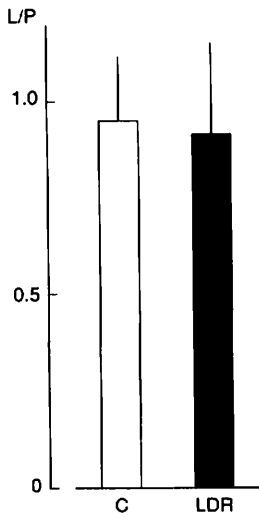


図3 赤血球膜のL/P比
C: 対照者 LDR: 長距離走者
Fig.3 L/P ration of RBC membrane.
C:Control LDR:Long distance runners

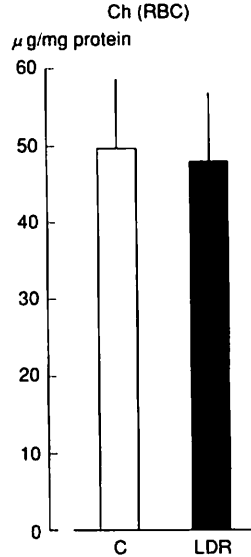


図4 赤血球膜のコレステロール含有量
C: 対照者 LDR: 長距離走者
Fig.4 Cholesterol control of RBC membrane.
C:Control LDR:Long distance runners

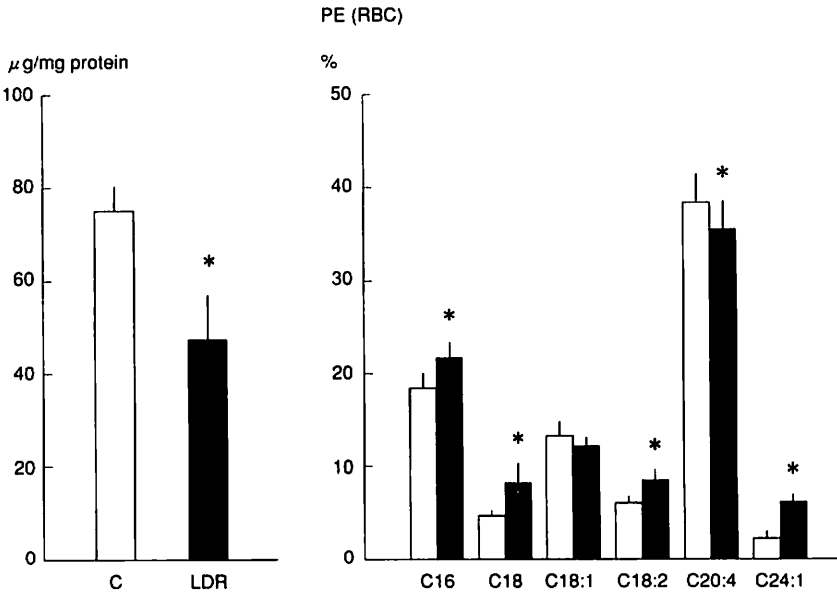


図5 赤血球膜PEとその脂肪酸組成の変化
* p<0.05 C: 対照者 LDR: 長距離走者
Fig.5 Changes in RBC PE and the fatty acid. * p<0.05
C:Control LDR:Long distance runners

C. 赤血球膜リン脂質

1) Phosphatidylethanolamine (PE)

Fig. 5は、赤血球膜PEの量的変化とPEの脂肪酸組成率を比較した。対照群に比べ、LDR群では統

計学的に有意なPEの低下が出現した ($p < 0.05$)。またPE脂肪酸組成率にも変化が見られ、パルミチン酸 (C_{16})、ステアリン酸 (C_{18})、リノール酸 ($C_{18:2}$)が増加し、アラキドン酸 ($C_{20:4}$)が低下した

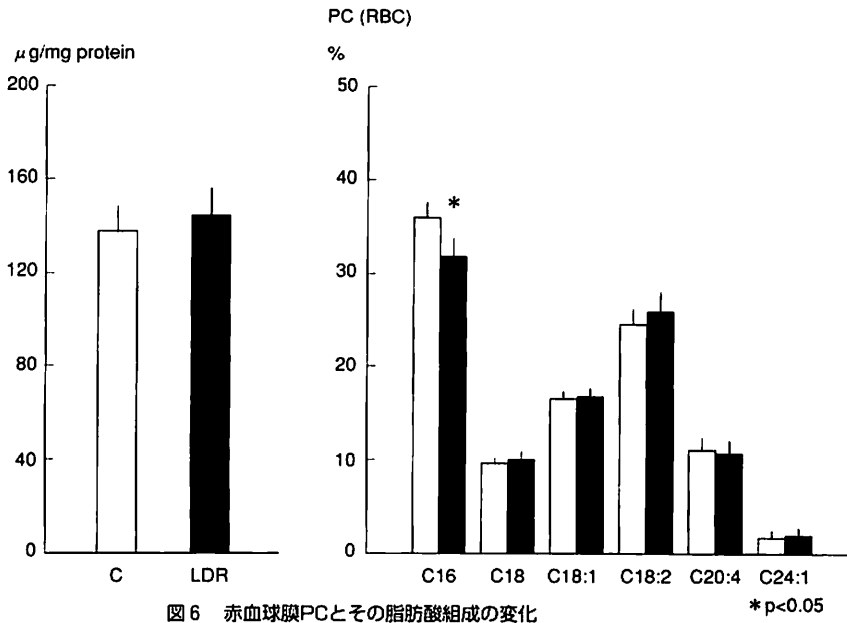


図6 赤血球膜PCとその脂肪酸組成の変化
 * $p < 0.05$ C: 対照者 LDR: 長距離走者
 Fig.6 Changes in RBC PC and the fatty acid composition. * $p < 0.05$
 C:Control LDR:Long distance runners

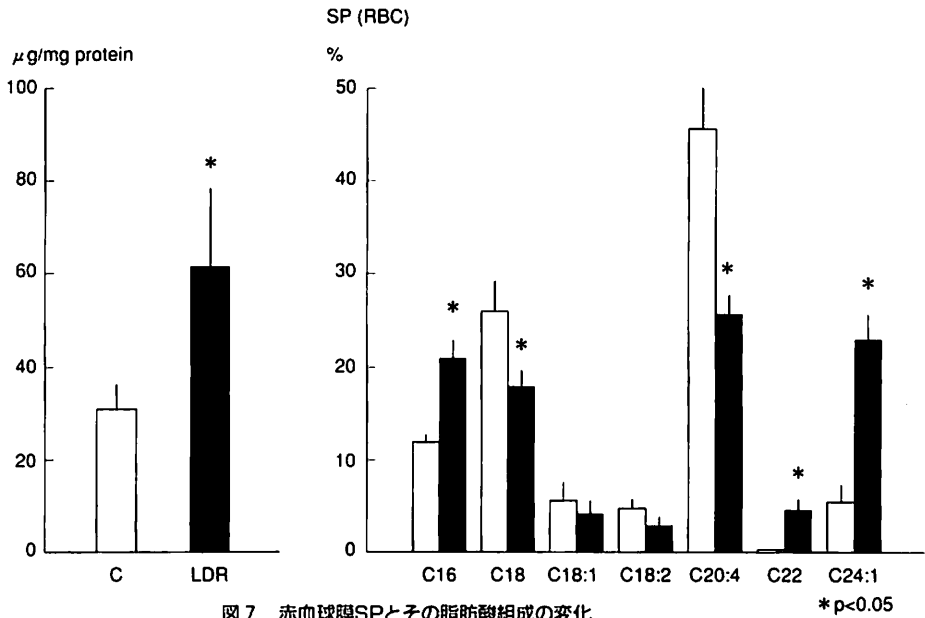


図7 赤血球膜SPとその脂肪酸組成の変化
 * $p < 0.05$ C: 対照者 LDR: 長距離走者
 Fig.7 Changes in RBC SP and the fatty acid. * $p < 0.05$
 C:Control LDR:Long distance runners

(それぞれ、 $p < 0.05$)。しかし、ネルボン酸 (C_{22}) にも有意に増加が認められた。($p < 0.05$)。

2) Phosphatidylcholine (PC)

Fig. 6は、赤血球膜PCを対照群とLDR群で比較した。LDR群ではPCの有意な増加は認められな

かった。脂肪酸組成での変化は少なかったが、 C_{16} 組成率に有意な低下が認められた ($p < 0.05$)。

3) Sphingomyeline (SP)

Fig. 7は、赤血球膜SPを対照群とLDR群で比較した。LDR群では有意なSPの増加と著しい脂肪

酸組成の変化が認められた。これらの変化は飽和、不飽和脂肪酸組成率の変化で区別できず、それぞれの脂肪酸組成率が、 C_{16} の増加、 C_{18} の低下、 $C_{20:1}$ の低下、 $C_{24:1}$ の増加となり、それぞれ有意な増加や減少を示した。

IV. 考察

A. 赤血球膜のL/P比

L/P比は、ミトコンドリア内膜、外膜に代表されるように、膜の代謝的機能を代表する指標として用いられる。一般に、赤血球膜ではこの比は1:1である。本研究の結果でもこれに類似した値が得られた。しかし、持久性トレーニングを積んだLDR群の赤血球膜においても対照群と同等の値であり、赤血球膜の基本的構成要素や基本的代謝機能に影響を与えていないと考えられる。しかし、赤血球にはそれぞれの大きさの基づく分布があり、具体的にはその分布の特徴に基づいた検討が必要となる。

B. 赤血球膜コレステロール

赤血球膜コレステロール含有量の増加は、その膜の安定性や流動性に関係している。本研究で得られた赤血球膜のghost cellではFig. 4に示したように、持久性トレーニングを積んだLDR群でもその含有量に変化はなかった。

須田と武内(1985)⁴⁾は赤血球膜のコレステロールとリン脂質(PE+PC+SP+PS)とのモル比はおおむね1:1で、リン脂質の組成変化は(特にPCの含有量の変化)が赤血球膜の形態(Acanthocyte, spur cell anemia, target cell, LCAT deficiency)により異なることを示している。本研究の結果ではcholesterol/PL比は、対照群(0.12 μ mol/0.202 μ mol)、LDR群(0.13 μ mol/0.286 μ mol)でそれぞれ1:2の比となり両群間に差はない。この結果の差異は赤血球膜そのものの膜と白いghost cellの差と考えられる。Turer, J. D. とRouser, G. (1974)⁵⁾は赤血球膜のpreparation間にかんがりのcholesterolが失われる

と述べている。したがって、この標本で得られるcholesterolの解釈に限界がありghost cellsではコレステロール含有量の違いを比較できず、今後インタクト赤血球膜コレステロールとしての比較が必要である。

C. 赤血球膜リン脂質

赤血球膜リン脂質の局在については、既に明らかとされ、cholesterol (Ch)、sphingomyeline (SP)、phosphatidylcholine (PC)が赤血球膜の外側に、phosphatidylethanolamine (PE)、phosphatidylserine (PS)が内側にある。これらの局在は赤血球膜機能にとって重要な役割を演じていると考えられているが、これらの脂質の含有量の変化やそれぞれの脂質の脂肪酸組成の変化の意義については、必ずしも十分解明されているわけではない。しかし須田と武内(1985)による⁴⁾、赤血球の形態異常とリン脂質含有量(特にPC)との間に関係があること、赤血球表面の1-acylglycerophosphorylcholine acyltransferase活性が血清中の産出するリゾレシチンをレシチン(PC)に戻す働きをしていること⁶⁾、さらにはカテコールアミンによるphosphatidylethanolamine (PE)のメチル化反応に赤血球膜の内外のメチル化酵素(IとII)が働き赤血球膜のPCを増加させ、膜の流動性を高めること⁷⁾などが報告されている。

持久性トレーニングでの血清脂質(特にトリグリセライド: TG, Ch)の低下は既に周知の事実となっている。また運動時のカテコールアミンの分泌も常に存在しているため、持久性トレーニングでは長時間にわたるカテコールアミン分泌が繰り返し負荷されてきたことが予測される。

本研究の結果では長距離走者の赤血球膜脂質にPEの低下とSPの増加が認められて、PCでは変化が生じていなかった。PEの低下並びにその脂肪酸組成の変化は赤血球膜内でメチル化反応の増加と考えられるため、長距離走者ではカテコールアミンの長期的分泌により赤血球膜内でのPCへのメチル化反応が充進していると考えられる。しかし脂肪酸組成の変化に見られるように、PEでは

飽和化、あるいは不飽和化という方向性の統一された変化ではない。

長距離走者の赤血球膜PEに低下が認められたがPCの増加が認められなかった。持久性トレーニングではLecithin-cholesterol acyl transferase (LCAT) がきわめて高まり、その結果として血清Chの低下を生じている。この反応過程では、リゾレシチン (Lysolecithin) が生じ、赤血球膜表面の 1-acyl glycerophosphorylcholine acyl transferaseの働きによりレシチンへ戻される。また、赤血球膜PC含有量は最も多くホスホリパーゼA₂で50%濃度に減少させても、赤血球膜機能は失われないこと⁹⁾などを考慮すると、この反応過程にPC利用が生じ、膜全体としてのPC増加が認められなかったと考えられる。しかしながら、本研究で用いた標本は赤血球膜のghost cellsで有るためこれらの反応結果をintact RBCで再確認する必要がある。

SPでは長距離走者の赤血球膜で、その量的増加と著しい脂肪酸組成の変化が認められた。脂肪酸組成率の変化は長距離走者の赤血球膜SPに代謝的变化が生じている証拠である。SPの局在は80~85%が赤血球膜の外側にあり⁹⁾、当然血清脂質との関わりやPCとの関係なども考えられる。

野澤と大木¹⁰⁾は細胞膜での情報交換の新しい一員としてスフィンゴミエリナーゼ (SMアーゼ) を“SMサイクル”の存在を紹介している。SMアーゼによって生じたセラミドとPCにより再度SPが合成されることを考慮すると、LDR群の赤血球膜でもこのような現象が生じている可能性はある。しかし、我々の動物実験¹¹⁾の結果ではPEの低下とPCの増加のみが相反しておこり、SPには変化がなかったことを合わせて考えると、トレーニングの経過によっても赤血球膜の脂質組成に違いがあることも予測できる。

V. まとめ

長距離走者の著しい能力の高さを解決するため、対照者との赤血球膜脂質とその脂肪酸組成の差異

について検討し、次のような結果を得た。

1. 赤血球膜の脂質組成比やコレステロール含有量には差異はなかった。
2. またPC含有量にも差異はなかった。
3. しかしPE並びにSP含有量ではそれぞれ低下と増加が統計学的に有意に出現した。
4. また、これらの脂質では著しい脂肪酸組成率の変化が出現し、パルミチン酸 (C₁₆) の増加、アラキドン酸 (C_{20:4}) の低下、ネルボン酸 (C_{22:1}) の増加が有意に認められた (それぞれp<0.05)。
5. 以上の結果より長距離走者の赤血球膜脂質組成並びに脂肪酸組成には、PE、SPを中心に統計学的差異が生じており、持久的トレーニングが赤血球膜の構成要素に影響を与えていることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Sutton, J. R. $\dot{V}O_2$ -max-new concepts on old theme. Med. Sic. Sports Exerc. 24 (1), 26-29, 1992
- 2) 大野秀樹、佐藤祐三、運動と酵素、運動生化学、2、65-82、1990
- 3) Aleksander, S. P., Johnson, P. C., Kameneva, M. V. and Wild, M. A. Capacity for red blood cell aggregation is higher in athletic mammalian species than in sedentary species. J. Appl. Physiol. 77 (4), 1790-1794, 1994
- 4) 山本章、1 脂質の種類と役割、脂質代謝の異常、7-34、1985
- 5) Folch, J., Lees, M. and Slane-Stanley, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226, 497-509, 1957
- 6) Bradford, M. M. A rapid and Sensitive Method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analt. Biochem. 72, 248-254, 1976
- 7) Cook, R. P. Reaction of sterols with acetic anhydride and sulphuric acid (the Liebermann-Burchard test). Analyst. 86, 372-381, 1961
- 8) Morrison, W. R. and Smith, L. M. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. J.

Lipids. Res. 5, 600-608, 1964

- 9) Marchesi, V. T. Furthmayr, H. and Tomita, M.
The red Cell membrane. Ann. Rev. Biochem. 45,
667-698, 1977
- 10) 野澤義則、大木和夫：生体膜のバイオダイナミ
クス、68-83、1993
- 11) 岩垣丞恒、中野裕克、風見昌利：運動生化学、
8巻（投稿中）、1996

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4）
リラクゼーションと脳波 α 活動についての一考察

白倉克之（医学部精神科） 森本 章（医学部精神科）
小林信三（多摩大学総合研究所） 伊賀富栄（医学部精神科）
篁 一誠（医学部精神科） 山本賢司（医学部精神科）
志水哲雄（教養学部芸術学科）

A Psychophysiological Study on Relaxation

Music and Relaxation (Part 4); Discussion on Relaxation and EEG α activity

Katsuyuki SHIRAKURA, Akira MORIMOTO,
Shinzo KOBAYASI, Tomiei IGA,
Issei TAKAMURA, Kenji YAMAMOTO,
and Tetsuo SHIMIZU

Key Words: Music, EEG- α activity, Relaxation

Abstract

Normal subjects were made to listen to music so designed as to obtain relaxation and EEG was measured. An introspective report was also heard. In three cases which are considered to have obtained relaxation, changes in α -activity from EEG at rest and when listening to music were analyzed. At the sametime, the relationship between the changes and the substance of the introspective report was studied. As a result, no significant change in the α -activity spectrum was seen in one case. The appearance of the α -activity when listening to music was suppressed compared to when resting without music in two cases. In their introspective reports, all There enjoyed a relax feeling while envisaging visual mages such as scenery and landscape, when listening to music, which was presumably concerned with the suppression of α -activity.

Our impression that grasping "relaxation" with only the changes in α -activity as an indicator, is difficult.

はじめに

われわれは、音楽鑑賞によって得られた生理学的反応に着目し、それらを検討することによって、音楽がもたらす生体への影響を客観的に評価する方法を模索してきた^{1,2,3)}。これまでの研究から、音楽鑑賞時に示される種々の生理学的反応のうち、脳波および皮膚電位抵抗について、考慮すべき指標となりうるものが考えられた。これらの指標のうち、特に脳波所見においては、音楽鑑賞によって得られる、快、不快の質的相違を反映するものと考えられた。今回、われわれは、音楽鑑賞によって得られる快刺激の中から、リラクゼーションについて着目し、音楽鑑賞によって得たリラクゼーションについて、その脳波所見を検討するとともに、内省報告との関連についても考察したい。

対象および方法

対象として、健常成人3名を選んだ。性別は、男性1名、女性2名であり、年齢は20歳から33歳であった。これは、予め指示音楽として設定した。喜多郎作曲「天界」を鑑賞し、リラクゼーションを得たと思われる内省報告を示した被験者である。先般報告した如く、内省報告によって生体にもたらされた生理学的反応を推測することが可能であると考えられることから、前述の音楽を鑑賞した10名の中から今回の3名を被験者とした。半防音室にて、安楽椅子に座らせ、まず、安静閉眼にて5分間脳波を記録し、これを安静時脳波とした。引き続き、喜多郎作曲「天界」を、安静閉眼のまま、好みの音量、音質で5分間聴かせた。同時に、脳波を記録し、安静時脳波と比較した。実験終了後、指示音楽についての感想等を聴取した。脳波は、Fz、Pzより両耳垂連結を基準電極とした単極導出法で記録し、これらの記録は、データレコーダ (TEAC:XR50L) に記録し、後に医用コンピュータ (日本電気三栄:DP1100) で解析した。

結 果

指示音楽聴取時の脳波変化について、主にアルファ波の変化を主眼に置いて解析し、安静時と比較検討した。図1は、各被験者の脳波について、振幅スペクトルアレイを示したものである。subject-1 (以下s-1) およびsubject-2 (以下s-2) において、音楽鑑賞時のアルファ波帯域と安静時のアルファ波帯域を視覚的に比較すると、その出現はFz、Pz両誘導において抑制されている印象を持つ。一方、subject-3 (以下s-3) では特にPz領域において、アルファ波の出現は、音楽鑑賞することによって、同レベルあるいは多少の減少を示している印象がある。また、同領域においてアルファ波の速波化が出現している印象もある。

これらの視覚的なアルファ波の変化を、スペクトラムの平均値を求め表した。さらにt検定を行った。(図2、3、4) その結果、s-1およびs-2において音楽鑑賞時のアルファ波は、安静時に比較して、有意にその出現が抑制されていた。明らかなアルファ波の速波化はみられなかった。s-3においては有意なアルファ波の出現の増多はみられなかったが、Pz領域において、音楽鑑賞時に12~12.5ヘルツにかけてのアルファ波が有意に増加しており、アルファ波の速波化がみられている。また、ベータ波については3例とも、その変化に有意差は認められなかった。

表1で、各被験者の内省報告を示した。いずれの被験者もリラックスした感覚を得ていると同時に、「田舎の風景」、「海辺の風景」、「泡がわいてキラキラ輝いている」など視覚的なイメージを想起している。

表1
Table 1 Introspective report

対象	性別	年齢	内 省 報 告
s-1	男性	28	夜の海岸に座っていて夜空へ昇ってゆく
s-2	女性	33	渦巻きが広がる。泡が湧いてきらきら輝いている
s-3	女性	20	海岸や田舎の風景が目の前に広がっていく

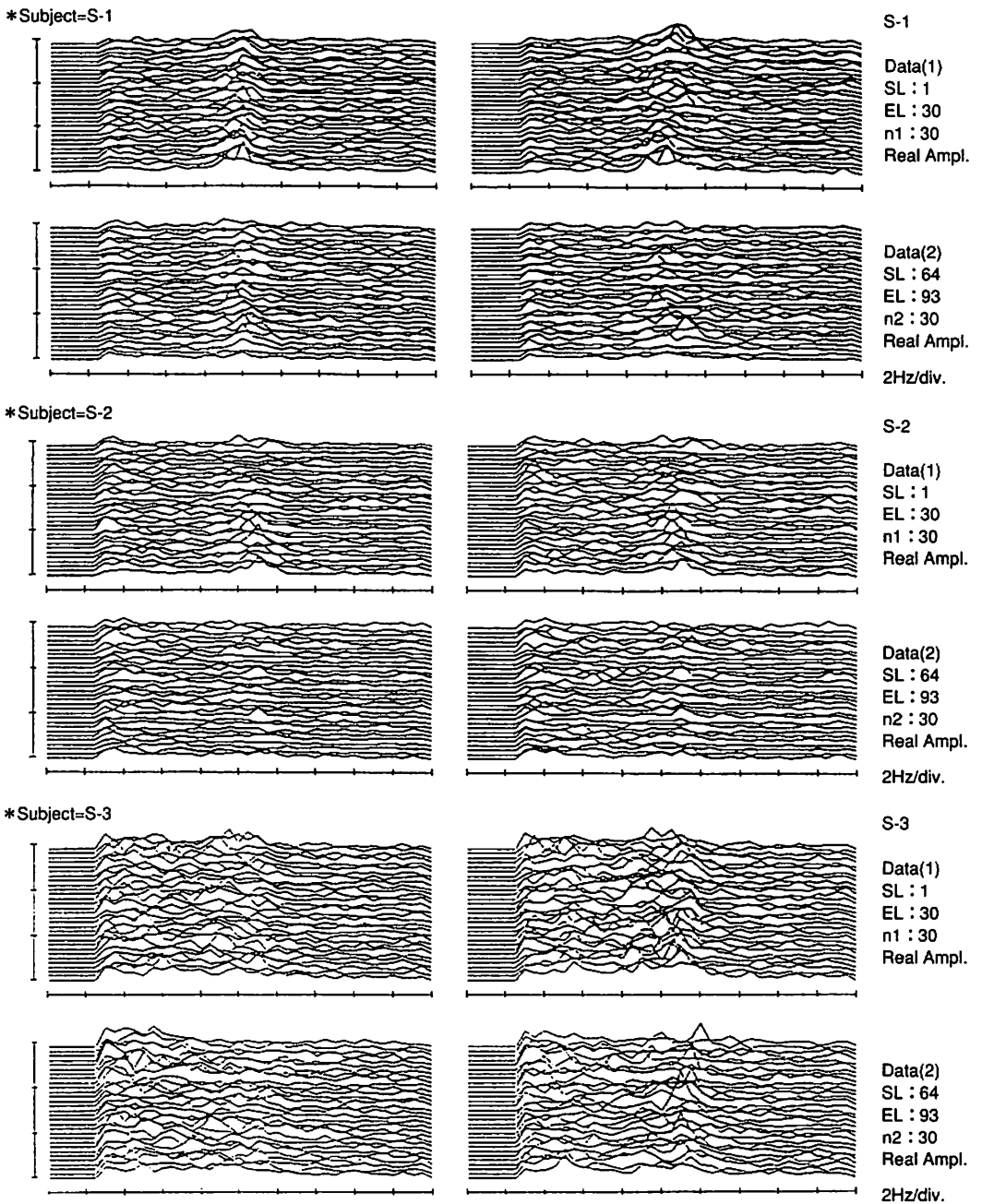


Fig. 1 EEG spectrum array
 分析には安静時5分間、音楽聴取時5分間の脳波を対象とした。各被験者とも上段は安静時脳波、下段は音楽聴取時の脳波である。また左図はFz、右図はPzからの単極誘導である。

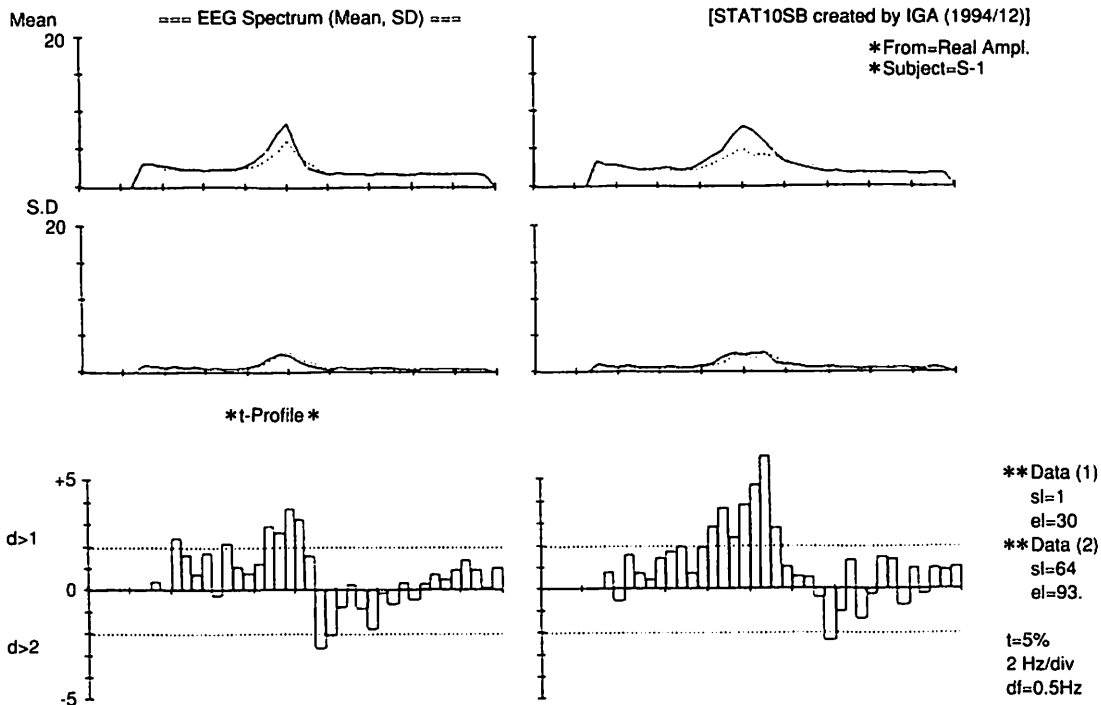


Fig. 2 EEG spectrum and t-profile
 図上段は脳波平均振幅スペクトル、中段は振幅スペクトルの標準偏差、下段はt-プロフィール、即ち安静時脳波振幅スペクトル（実線）音楽聴取時脳波振幅スペクトル（破線）の比較を統計学的に処理し、0.5Hz毎に分けたそれぞれの周波数について安静時が音楽聴取時より優勢な時には上方に、音楽聴取時が安静時より優勢な時には下方に棒グラフとして表している。t-プロフィール中の横破線は有意差5%を表し、この横破線より大きな値は $p < 0.05$ 以下の危険率であることを示す。以後の図3、図4も同様である。

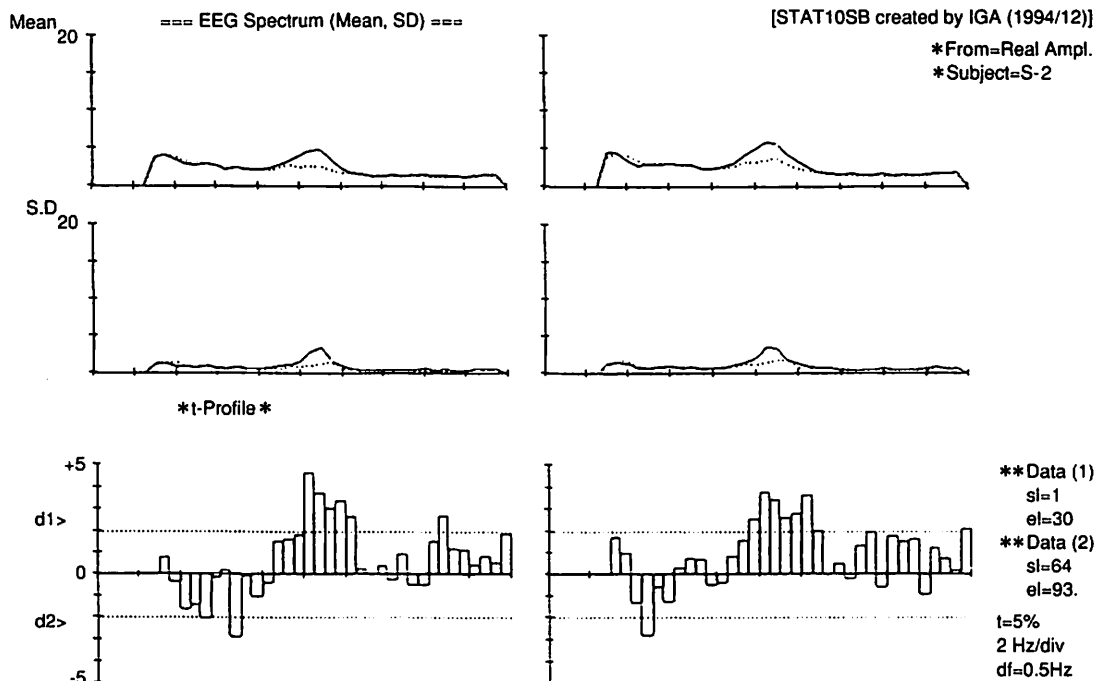


Fig. 3 EEG spectrum and t-profile

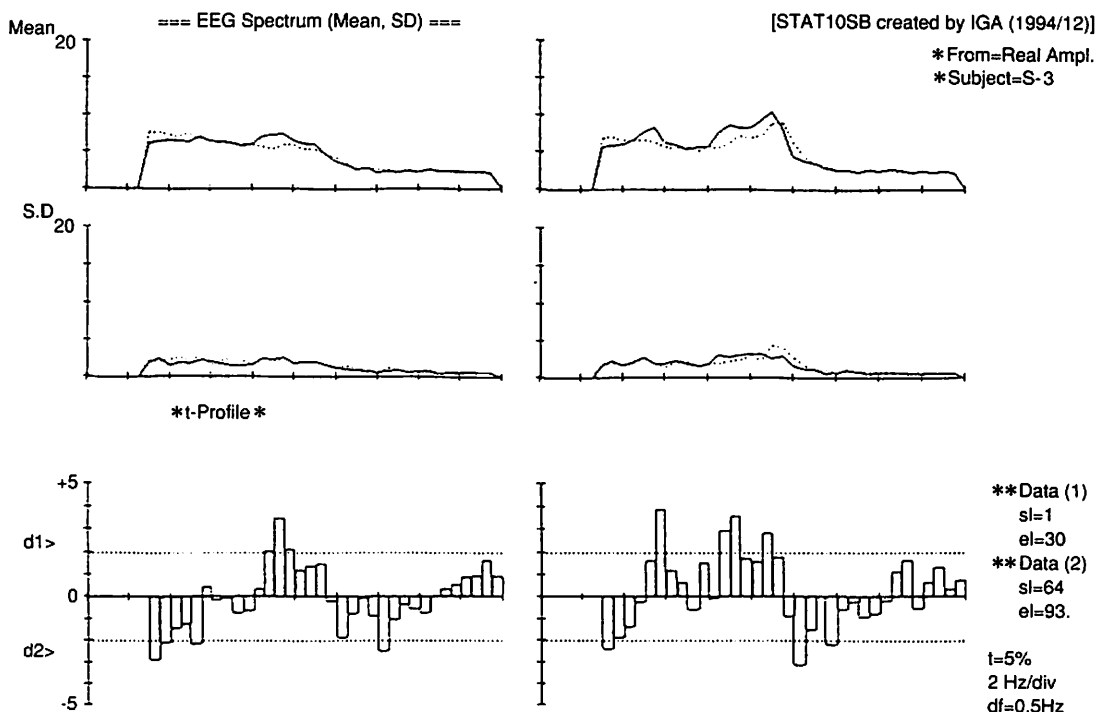


Fig. 4 EEG spectrum and t-profile

考 察

リラクゼーションと脳波所見の関連について様々な報告があるが、その指標としてアルファ波が想定されている。また、アルファ波うち、10ヘルツ以下のアルファ1波といわれるアルファ波成分が、リラクゼーションと関連があるといわれている¹⁾。今回の被験者においては、アルファ波の抑制あるいは速波化がみられており、従来考えられているリラクゼーションにおける脳波所見とは異なっている。一般に精神活動によって、アルファ波は抑制されると考えられており、また思考中のアルファ波帯域は、速波化するという報告²⁾もあり、今回のアルファ波の変化は、何等かの精神活動が、音楽鑑賞によってなされた結果であると考えられる。このことは、生体がリラクゼーションを自覚している場合においても、脳波所見では、必ずしも従来考えられている様なアルファ波の変動が見られない可能性を示唆するものである。一般に、安静時のアルファ波は、周波数が高

い時は覚醒水準は高く、周波数が低い時には覚醒水準も低いという関係があるといわれている⁶⁾。したがって、リラクゼーションを覚醒水準からみた場合、その低下と考えることが妥当であると思われるが、今回の結果からは、必ずしもこのような様な関係があるとは言い難い印象を受けた。

一方、自省報告では、3例とも具体的なイメージを想起しており、風景や泡立つ動きなど視覚的ともいえるイメージの内容である。この視覚的イメージの想起という精神活動が、リラクゼーションと同時に起こり、アルファ波の変化に大きく影響を与えているものと推察する。また、思考や精神集中などと関連があると考えられているベータ波については、その出現に有意差はなかった。ひとつの可能性にすぎないかもしれないが、精神活動が賦活されたリラクゼーションも存在しうることが考えられ、それはベータ波を惹起する程の精神集中を伴うものではないと考えられる。いずれにせよ、リラクゼーションを脳波所見のみで捉え、評価することは困難である印象を受ける。同時に、今回は検討を行っていないが、心拍数、血

圧、呼吸などの他の生理機能の変化なども併せ、多角的にリラクゼーション時の生体の反応を考慮する必要があるものといえよう。

ま と め

リラクゼーションを目的とした音楽を鑑賞した際の脳波所見と、安静時の脳波所見を、アルファ波の変化を中心として比較検討を行った。同時に、音楽鑑賞時の内省報告についても検討した。その結果、リラクゼーションの指標としてアルファ波の変化を用いることは、困難な印象であった。リラクゼーションの指標として、様々な生理機能について検討する必要があるものと考えられ、さらに、これらの総体としてリラクゼーションを捉える必要があると考えられた。

参考文献

- 1) 白倉克之、森本章、小林信三、伊賀富栄ほか：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）。スポーツ医科学雑誌、第5号、9-16、1993
- 2) 白倉克之、小林信三、森本章、伊賀富栄ほか：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）。スポーツ医科学雑誌、第6号、43-49、1994
- 3) 白倉克之、森本章、小林信三、伊賀富栄ほか：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3）。スポーツ医科学雑誌、第5号、26-31、1993
- 4) 品川嘉也：音楽の脳生理学。音楽療法最前線（小林旭&佐々木久男編）、人間と歴史社、pp107-124、1994
- 5) 河野貴美子、品川嘉也：思考時、アルファ波は速波化する。脳波と筋電図、17(2)：132、1989
- 6) 辻陽一：2種類の音楽鑑賞時におけるアルファ波の周波数の比較。脳と精神の医学、2(1)：317-321、1991

少年期のサッカー技術習得における イメージ・リハーサルの効果

内山秀一 (体育学部体育学科)

Effects of mental practice on soccer skill acquisition in children

Shuichi UCHIYAMA

Abstract

The purpose of this study was to examine the effectiveness of mental-practice in increasing the rate of soccer skill acquisition in children. Forty-two subjects were randomly assigned to two groups. The control group (:CON, n=21) performed only physical practice; the mental-practice group (:MP, n=21) performed both mental and physical practice. Subjects were measured ball-lifting (:BL), dribble on figure eight (:8Dri), 50m dash and side-step test. Before the trials, MP observed ball-lifting scenes by well-trained soccer players, and rehearsed with imagery in the silent-dusk room. In the eighth trial in BL, index of skill acquisition (:ISA) of MP accuracy improved at a significantly greater rate than that of the CON. BL-ISA and other parameters were not correlated. Accordingly, mental-practice was effective in skill acquisition in children, but was not seen to be effective in the improvement of other skills. Furthermore, skill acquisition might not be concerned with physical factors. These results suggest that mental-practice may be simple and effective tool in facilitating the acquisition of a sports skill in children.

I. 緒 言

近年、スポーツにおける心理的要因の重要性が指摘されており、イメージングがパフォーマンスへ与える影響に関しても、1) mental practice、2) precompetition imagery、3) comparisons of successful and unsuccessful competitors、4) mediating variablesなどの観点^{9,10)}から多くの報告^{2,4,13,14,16,17,18)}がなされている。特に、メンタル・プラクティスについては、Twining¹¹⁾の輪投げ動作による検討をはじめ、Suinn¹²⁾はテニスのサーブなどでの動的なイメージ・リハーサルが有効な

こと、また、Weinberg¹³⁾は、ゴルフにおいてイメージ・リハーサルと実際の練習を組み合わせることがより効果的であることなどを指摘している。このように、スポーツの技術習得にはイメージ・リハーサルを中心としたメンタル・プラクティスを行うことが、その技術の上達・習得を助長することが示されている。

一方、ヒトの発育・発達過程において神経系は10才前後でほぼ完成する^{8,15)}とされ、少年期にはスポーツ技術の上達が顕著⁸⁾であり、様々な技術を習得させることが望ましいとされている。サッカーにおいても、少年期の指導には個人技術を習得させることを重視するべきであることが示唆さ

れている。また、この時期には体力的発達も急激で、敏捷性や全身のパワーなどでも著しい増加が見られる¹⁵⁾。したがって、このような体力的な発達にスポーツ技術の習得が裏付けられるものである可能性もある。

さらに、少年期の運動学習における最も基本的様式は模倣や観察学習である¹⁶⁾ことから、見たものを思い出し真似ること、すなわち実際の運動前のイメージ・リハーサルを行うことが、少年期のスポーツ技術習得に影響を与えることが考えられる。しかし、少年期のスポーツ技術習得に与えるメンタル・プラクティスの効果を検討した報告は少なく、異なる技術への影響や体力的要因との関連を検討したものは見られない。

そこで、本研究ではサッカーの技術練習からボールリフティングを取り上げ10~12才(男子小学生)を対象にVTR観察とイメージ・リハーサルからなるメンタル・プラクティスを行ない、その効果と他の技術への影響、さらに体力的要因との関連を検討した。

II. 実験方法

被験者は、10~12才の男子小学生42名(小学校4~6年生、各学年14名づつ)であった。被験者を学年ごと無作為に7人づつの2群に分け、一方をMP群(21名)、他方をCON群(21名)とした。

1. メンタル・プラクティスの実施方法

MP群にはボールリフティングの毎測定直前に、グラウンド脇の薄暗な室内にて座位で、大学サッカー選手によるボールリフティングのVTRを約5分間観察させた後、閉眼で2分間VTRを思い返すよう指示した。この間、CON群は別室で待機させた。その後、グラウンドにて両群同時に1分間の練習の後、ボールリフティングの連続最高回数を測定した。尚、VTRの内容は、大学サッカー選手による大腿部およびインステップでのボールリフティングシーンをVTR撮影・編集したものであ

り各約2分、計約5分間であった。

2. 測定項目および測定方法

測定項目は、ボールリフティング・8の字ドリブル・50m走・反復横跳びとした。また、ボールリフティングについては、実験開始1日目から1日2回(午前・午後)を4日間の計8回、その他の項目については、1日目のボールリフティング測定前と4日目午後のボールリフティング測定終了後に測定した。

ボールリフティングは、1分間の練習の後、1分間測定した。測定は、測定開始の合図によってボールを手に持った状態からリフティングを始め、ボールを地面に落とさずに連続できた最高回数を記録とした。8の字ドリブルは、2本のボールを3m間隔に立て、その中央からスタートし、30秒間にボールを廻れた回数を記録とした。また、50m走・反復横跳びは文部省制定のスポーツ・テストの実施方法に基づき実施した¹⁵⁾。

尚、本実験は4日間の少年サッカー教室において実施され、期間中の講習ならびに練習においてはボールリフティング・8の字ドリブルは行わなかった。

3. 統計処理

ボールリフティング及び8の字ドリブルの技術習得・上達の指標(Index of skill acquisition: ISA)は、1回目の記録に対する各回での変化分の割合、すなわち $ISA = \{(\text{各回の記録}) - (1\text{回目の記録})\} / (1\text{回目の記録}) \times 100$ とした。また、両群間の各平均値の差の検定にはunpaired t-testを用いた。さらに、各測定種目間の相関関係をPearson's correlation coefficientにより検討した。

III. 結 果

Table 1に各群の身長・体重・各測定種目の1回目の記録及びボールリフティング8回目のISAの平均値を示した。ボールリフティング1回目・8の字ドリブル・身長・体重及び体力的要素、す

Table 1 Characteristics of subjects

	MP		CON	
	mean	± S.D.	mean	± S.D.
Hight (cm)	144.50	± 7.80	144.60	± 7.20
Weight (kg)	36.50	± 7.40	37.10	± 7.70
BL-1	6.30	± 1.21	6.40	± 1.23
ISA-8	149.62	± 10.90 **	67.16	± 10.36
8Dri	8.23	± 1.10	8.15	± 0.98
50m dash	8.94	± 0.60	9.07	± 0.50
Side-step	42.54	± 3.48	41.38	± 3.80

(** : p < 0.01)

BL-1 the first trial of ball-lifting, ISA-8 Index of skill acquisition of the eight ball-lifting trial, 8Dri the first trial of dribble on figure eight, Side-step: side step test.

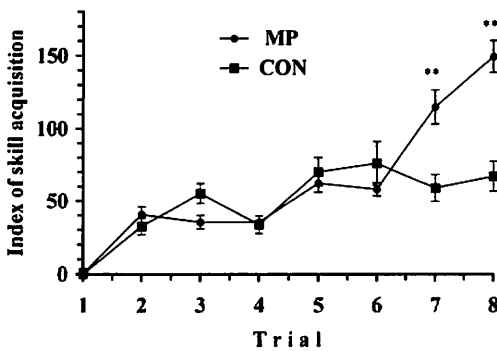


Fig.1 Changes in Index of skill acquisition of ball-lifting trials.

なわち50m走・反復横跳びは、両群間及び1日目と4日目の記録間に差は認められなかった。また、身長・体重・50m走及び反復横跳びは「日本人の体力基準値」¹⁵⁾ とほぼ同様の値を示した。

ボールリフティングの連続最高回数では、8回目の記録が1回目と比べ、MP群で1%水準、CON群では5%水準でそれぞれ有意に高値を示した。さらに、ボールリフティング1回目と8回目の連続最高回数の間には、MP群で $r=0.86$ 、CON群で $r=0.73$ の1%水準で有意な相関関係がそれぞれ認められた (Table 2)。

そして、MP群とCON群のボールリフティングの技術上達指標としたISAの推移をFig. 1に示した。CON群では、ボールリフティング8回目の測定時で、ISAが67.16であったのに対し、MP群では、149.62であり、MP群が1%水準で有意に高値を示した。また、この傾向は7回目以降顕著であった。しかし、8回目のISAとボールリフテ

Table 2 Correlation table of the parameters

		BL-8	ISA-8	8Dri	50m dash	Side-step
BL-1	MP	0.86 **	-0.24	0.80 **	-0.73 **	0.54
	CON	0.73 **	0.15	0.75 **	-0.71 **	0.30
BL-8	MP		0.48	0.45	-0.40	0.55
	CON		0.48	0.67	-0.62 *	0.32
ISA-8	MP			0.27	0.49	0.46
	CON			0.26	0.57	0.41
8Dri	MP				-0.82 **	0.60 *
	CON				-0.75 **	0.62 *
50m dash	MP					-0.80 **
	CON					-0.77 **

ィング1回目の記録との間には相関関係は認められなかった (Table 2)。

一方、8の字ドリブルについては、体力的要素同様、1日目と4日目の記録に差は認められなかった。また、8の字ドリブルとボールリフティング1回目の記録とは両群とも1%水準で有意な相関関係が認められた (MP群： $r=0.80$ 、CON群： $r=0.75$ 、 $p<0.01$) もの、ボールリフティング8回目及びISAとの相関関係はそれぞれ有意ではなかった (Table 2)。

さらに、体力的要素とボールリフティング1回目との関係では、50m走との間に有意な相関関係が認められた (MP群： $r=-0.73$ 、CON群： $r=-0.71$ 、 $p<0.01$)。同様に、50m走は、8の字ドリブルとの間にも相関関係が認められた (MP群： $r=-0.82$ 、CON群： $r=-0.75$ 、 $p<0.01$)。また、反復横跳びではボールリフティングの連続最高回数・ISAとの間には、有意な相関関係は認められなかった (Table 2)。しかし、両群で反復横跳びと8の字ドリブルとの間では5%水準で、50m走との間では1%の水準で有意な相関関係が認められた。

IV. 考 察

本研究では、少年期のイメージ・リハーサルを伴うメンタル・プラクティスがサッカー技術の上達に与える影響を検討した。本研究にて、技術上達の指標としたISAではCON群よりもMP群で大

きな変化を示し、特に7回目以降顕著であった。すなわち、少年期においてメンタル・プラクティスはサッカー技術上達を助長する有効な方法であると考えられる。これは、小学校高学年での動作習得に際してイメージ・リハーサルが有効であるとするVandell et al.¹⁶⁾の報告と一致する。また、Bouffard & Dunn¹⁾は、視覚的な発達(認知過程)と運動的諸能力とが結合するのは9才前後であり、この時期から観察した動きを把握し、自分の動きを修正できるようになるとしており、Erbaugh S. J.³⁾は、6才前後の少年期にも適当な視覚的フィードバックが動作習得に効果的であることを報告している。したがって、本研究で被験者とした10~12才の年齢では観察した動作を自分の動きとして表現し修正できる能力が備わっており^{6,7,12)}、VTRによる視覚的情報とイメージリハーサルからなるメンタル・プラクティスが有効であったと考えられる。さらに、Singer¹¹⁾は動作は刺激と反応の連合が強化されることによって定着することを指摘している。本研究におけるCON群においても、ボールリフティングの上達は認められたが、MP群で上達の程度がより大きかったことから、メンタル・プラクティスが刺激と反応の過程を定着させ、動作を習得させること、つまり運動動作における短期記憶の段階から長期記憶の保持段階への移行¹¹⁾やイメージの明瞭化^{1,5,6,8,10,12)}に影響した可能性も考えられる。

一方、ISAと8の字ドリブルとの間には相関関係が認められず、8の字ドリブルの1日目と4日目の間に差が認められなかったことから、ボールリフティングのイメージ・リハーサルは異なる技術である8の字ドリブルに影響を与えていないと考えられる。したがって、それぞれの学習活動が関連しあっている程度によって、学習効果の転移の量や方向が決まる¹²⁾ことから、8の字ドリブルはボールリフティングと異なる「新しい課題」として被験者にとられられた可能性が強い。このように他の技術への影響が少ないことは、少年期のメンタル・プラクティスを行う際はイメージの内容をより精練する必要があることを示唆するもの

であろう。

また、ボールリフティング8回目のISAと体力的要因とでは両群とも有意な相関関係が認められなかった。したがって、少年期では技術の上達とパワーや敏捷性といった体力的要因との関連は少ないと推察される。一方、ボールリフティング1回目と50m走、また8の字ドリブルと50m走、反復横跳びの間には有意な相関関係が認められたことは、これら技術の発揮に関してはこのような体力的要因の関わりも否定できない。少年期のチームスポーツの場面では、体力的要因が勝敗を左右することが多いことから、体力トレーニングを過剰に課すことがあり、少年期のスポーツ障害も問題となっている。少年期はスポーツの基本的技術が最も上達する時期であるとされており、技術の上達と体力的要因との関連は少ないことは少年を指導する場面では十分考慮すべきであろう。

参考文献

- 1) Buffard M. and Dunn J. G. H.: Children's self-regulated learning of Movement sequences., Res. Q. 64, 4: 393-403, 1993
- 2) Corbin C. B.: Effects of mental practice on the development of a unique motor skill., Coll. Phys. Educ. Proc. 69: 100-102, 1966
- 3) Erbaugh S. J.: Role of visual feedback in observational motor learning of primary-grade children., Perceptual and Motor Skills 60, 755-762, 1985
- 4) Feltz D. L. and D. M. Landers: The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis., J. Sports Psychol. 5: 25-57, 1983
- 5) 猪俣公宏: 運動学習におけるイメージと視覚モデル, 体育の科学30, 6: 392-396, 1980
- 6) ケーンJ. E. (太田鐵男訳): 身体と運動の心理学, 132-140, 大修館, 1982
- 7) Kohl R. M., Ellis S. D. and Roenker D. L.: Alternating actual imagery practice: preliminary theoretical consideration., Res. Q. 63, 2: 162-170, 1992
- 8) 宮下充正: スポーツとスキル 講座現代スポー

- ツの科学、256-277、大修館、1980
- 9) Murphy S. M.: Imagery interventions in sports., Med. Sci. Sports Exerc. 26, 4: 484-494, 1994
 - 10) Richardson A.: Mental practice: a review and discussion Part II., Res. Q. 38: 263-273, 1976
 - 11) Singer R. T.: Motor Learning and human performance., 216-218, New York, MacMillan, 1968
 - 12) シンガーR. T. (藤田厚訳): コーチに役立つスポーツ心理学、88-105、不昧堂、1984
 - 13) Suinn R. N.: Imagery rehearsal application to performance enhancement., Behav. Ther. 8: 155-159, 1985
 - 14) Twining W. E.: Mental practice and physical practice in learning a motor skill. Res. Q. 20: 432-435, 1949
 - 15) 東京都立大学身体適性学研究室: 日本人の体力標準値第三版、不昧堂、1980
 - 16) Vandell R. A., Davis R. A. and Clugston H. A.: The function of mental practice in the acquisition of motor skills., J. Gen. Psych., 29: 243-250, 1943
 - 17) Wichman H. and Lizotte P.: Effect of mental practice and locus of control on performance of darts throwing., Perceptual and Motor Skills 56, 807-812, 1983
 - 18) Weinberg R. S.: The relationship between mental preparation strategies and motor performance: a review and critique., Quest. 33, 195-213, 1981

男子柔道選手の等速性筋力に 関する研究

—膝伸展力及び屈曲力について—

北田 晃三 (フジ&トライオーシャンK. K.)

古谷 嘉邦 (体育学部体育学科)

佐藤 宣践 (体育学部武道科学)

小河原慶太 (関東管区警察学校)

有賀 誠司 (ソニー企業K. K.)

A Study of the Isokinetic Muscle Contraction of Male Judo Competitors

— Leg Extension Power and Leg Flexion Power —

Kouzou KITADA, Yosikuni HURUYA,
Nobuyuki SATOU, Keita KOGAWARA,
and Seiji ARUGA

Abstract

In order to study the characteristics of a Judo athlete's muscle strength, regulated measurements of both leg/knee extension and leg/knee flexion strength were taken with the use of a Isokinetic Muscle Contraction Weight Machine and then compared and studied for each weight category. The following conclusions can be deduced from the consequent results.

- 1) The value of peak torque decreases in proportion to an increase in the speed of movement.
- 2) The value of power increases in proportion to an increase in the speed of movement.
- 3) The value of peak torque together with power increases with the increase in weight category (light to heavy).
- 4) If one looks at the different values of peak torque per weight as well as power per weight within each weight category, the +95kg group shows a significantly smaller peak torque and power value than any other weight category.
- 5) No significant difference could be observed through out the different weight categories when peak torque and power values of the lean body mass (LBM) of each weight group were taken.

I. 研究目的

柔道は、1964年にオリンピック種目となり、現在、世界柔道連盟の加盟国は175カ国を数えるまでに至っている。近年は、外国においても柔道は盛んになり柔道人口が増加し、またその国自体の

強化などによって、世界大会やオリンピックでの外国選手の上位入賞者も増えている。その反面日本では、伝統的な種目であるため国民から期待されているにもかかわらず、年々上位入賞は困難となってきた。その1つの原因として、日本選手と外国選手の基礎体力の差が考えられる。基礎体力の中でも柔道競技においては、筋力やパワー

がその Performance に影響をあたえたと考えられる。柔道選手の筋力測定は、以前にも多く行われているが、近年では等速性筋力測定機の開発により動的筋力の測定が可能となった。

スポーツ選手の等速性筋力に関する研究^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)}は、これまでも多く行われている。また、柔道選手の等速性筋力に関する研究^{11,12,13)}も行われているが、階級別における報告は皆無に等しい。そこで本研究は膝の伸展動作及び屈曲動作の等速性筋力を測定し、柔道選手の動的筋力を把握すると共に階級別の特性を調べた。

II. 研究方法

1) 被検者

被検者は、1994年度東海大学柔道部男子部員85名である。

2) 形態及び体脂肪測定項目及び方法

身長、体重、体脂肪率、除脂肪体重を測定した。体脂肪率は、皮下脂肪厚計を用いて上腕背部と肩甲骨下角部の皮下脂肪厚を調べ、長峰¹⁴⁾、Brozk¹⁵⁾らの式を用いて体脂肪率を算出した。除脂肪体重は、体重から体脂肪量を差し引いて求めた。

3) 筋力の測定項目及び方法

左右の膝の伸展力及び屈曲力について、メラック(ユニバーサル社製)を用いて、等速性筋力を測定した。動作速度は60°/sec、180°/sec、300°/secとした。データ解析は、付属のコンピュータを用いて解析を行った。

III. 結果および考察

形態及び体脂肪測定の結果では、どの項目においても階級が上がることに大きな値を示している。中でも体脂肪率は、+95kg級が際だって大きな値を示した。(表1参照)

筋力測定の結果得られたピークトルク値は、図

1に示すように、全被検者が動作速度が速くなるにつれて小さい値を示した。これは、筋収縮速度と発揮される筋力との関係からみて当然の事と言える。また、伸展力は、屈曲力よりすべての速度において大きな値を示した。これは、筋力は筋の横断面積に比例すると言われていることから、大腿の伸筋群は屈筋群より大きい事から考えても当然の事と言える。

次にこれを体重あたりと除脂肪体重あたりで見えたが、図1と同じような傾向が見られた。

次に、全被検者の動作速度の違いによるパワー値を示したのが図2である。動作速度が速くなるにつれて大きな値を示した。パワーは、力×速さの関係から見て60°/secより180°/sec、180°/secより300°/secの時の方が高いパワー値を示したものと考えられる。

またこれを体重あたり、及び除脂肪体重あたりで見えたが図2と同じような傾向が見られた。

以上は被検者全体として見てきたが、次に階級別に見ることにした。

これから示す値は、左右の伸展及び屈曲の値を加え、それを4で除した値である。

動作速度の違いによる階級別に見たピークトルク値では、図3に示すように階級が上がるにつれ

表1 階級別形態と体脂肪測定結果 (平均値・標準偏差)
Table 1 Physical characteristics of subjects

	人	身長	体重	体脂肪率	除脂肪体重
-60kg級 SD	8	164.23 5.12	63.23 2.01	13.02 1.67	55.07 1.93
-65kg級 SD	11	169.36 3.69	68.36 1.62	14.21 2.38	59.26 1.78
-71kg級 SD	15	172.78 3.7	75.48 1.72	15.32 1.8	64.23 1.67
-78kg級 SD	12	174.32 3.68	79.41 3.20	15.54 2.24	67.23 1.95
-86kg級 SD	12	175.75 5.11	85.71 2.67	18.49 2.43	69.5 1.95
-95kg級 SD	11	177.39 4.18	94.26 4.29	20.94 2.67	74.39 2.67
+95kg級 SD	16	180.68 5.13	121.05 11.46	27.16 4.07	86.43 6.65
全被検者 SD	85	173.95 6.41	86.41 19.6	18.39 5.48	69.39 10.44

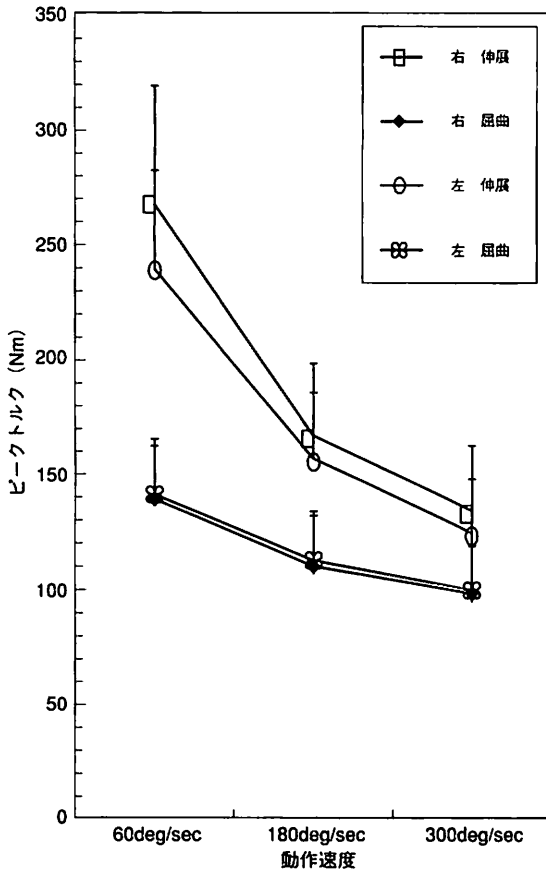


図1 全被検者の動作速度の違いによるピークトルク値 (平均値・標準偏差)
Fig. 1 Difference in the speed of movement in relation to peak torque.

て高い値を示した。これは、筋力は筋の横断面積に比例することから、階級が上がるにつれてピークトルク値が高くなったと考えられる。

これを体重あたりで見たのが図4であり、+95kg級だけはすべての動作速度において、すべての階級よりも有意に小さい値を示した。これは、+95kg級では、体重の割に筋力が少ないことを示唆しており、表1の体脂肪率を見ると、27.16%と言う高い体脂肪率を有していることから見て当然の事と言える。

図5は、これを除脂肪体重あたりで見たものである。すべての階級の間には有意な差は認められなかった。

以上のように+95kg級は、体重あたりの値ではすべての階級の間には有意に小さい値を示したが、除脂肪体重あたりの値では、他のすべての階

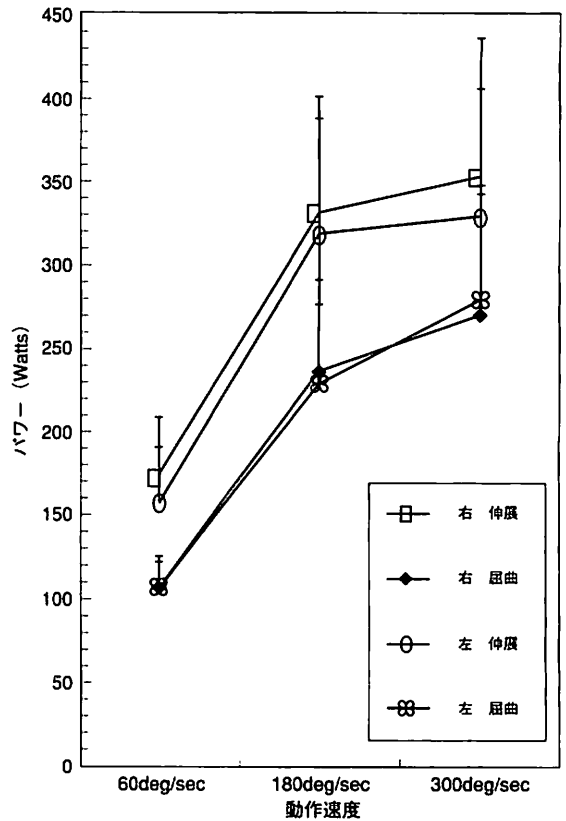


図2 全被検者の動作速度の違いによるパワー値 (平均値・標準偏差)
Fig. 2 Difference in the speed of movement in relation to power.

級との間に有意な差は認められなかったことから、+95kg級だけが他の階級と違った筋の特性をもっているのではなく、体重の割に筋力が少ないと言うことである。

図6は、動作速度の違いによる階級別に見たパワー値である。ピークトルク値と同じように、階級が上がるにつれて高い値を示した。

これを体重あたりで見たのが図7であり、ピークトルク値と同じように、+95kg級はすべての階級よりも有意に小さい値を示した。

これを、除脂肪体重あたりで見たのが図8であり、これもピークトルク値と同じように、すべての階級の間には有意な差は認められなかった。

以上のように+95kg級は、パワー値においてもピークトルク値と同じように、体重あたりの値では他のすべての階級よりも有意に小さい値を示

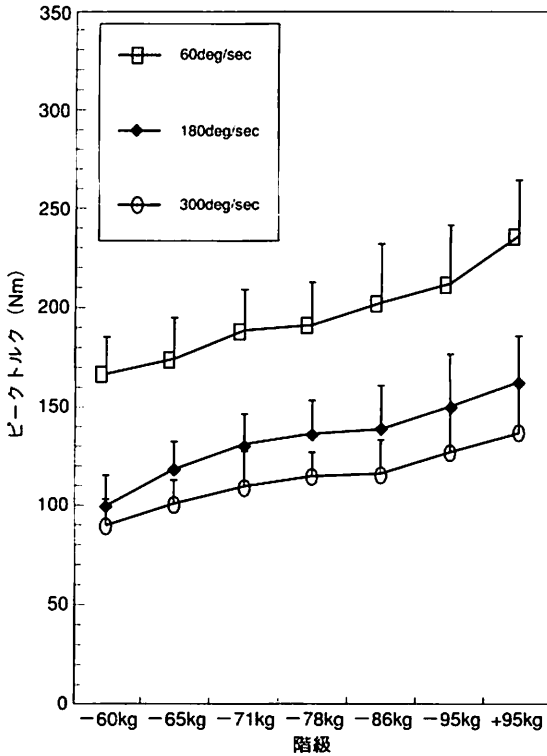


図3 動作速度の違いによる各階級ごとのピークトルク値 (平均値・標準偏差)
Fig. 3 Difference in the speed of movement in relation to peak torque per weight category.

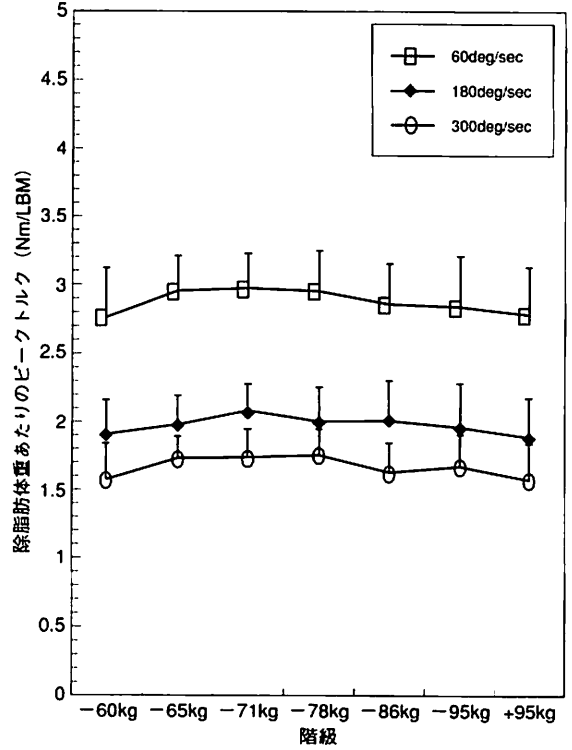


図5 動作速度の違いによる各階級ごとの除脂肪体重あたりのピークトルク値 (平均値・標準偏差)
Fig. 5 Difference in the speed of movement in relation to peak torque per lean body mass (LBM) within each weight category.

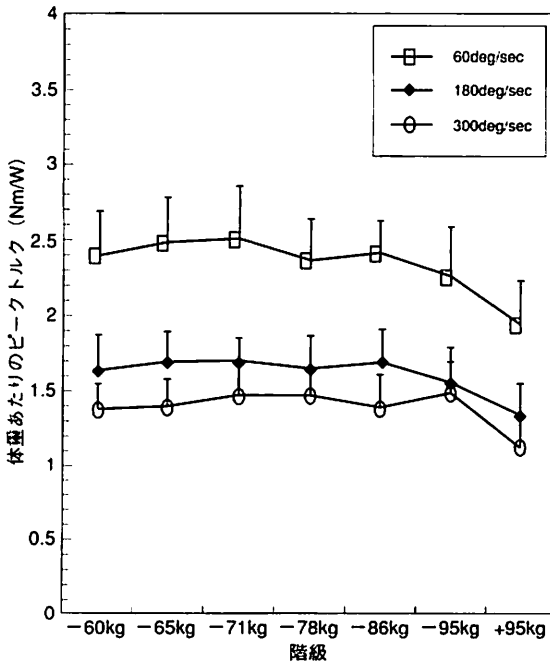


図4 動作速度の違いによる各階級ごとの体重あたりのピークトルク値 (平均値・標準偏差)
Fig. 4 Difference in the speed of movement in relation to peak torque per weight within each weight category.

したが、除脂肪体重あたりの値では、他のすべての階級の間には有意な差は認められなかった。このように、パワーにおいても+95kg級だけが他の階級と違った筋の特性をもっているのではなく、体重の割にパワーが少ないということである。

IV. 結 論

柔道選手の筋力の特性を調べるために、等速性筋力測定機メラックを用いて、膝の伸展力および屈曲力を測定し階級別に比較検討した結果、次の事がわかった。

- 1) ピークトルク値は、動作速度が速くなるにつれて小さい値を示した。
- 2) パワー値は、動作速度が速くなるにつれて大きな値を示した。
- 3) 階級別に見るとピークトルク値およびパワー値は、階級が上がるにつれて大きな値を示した。

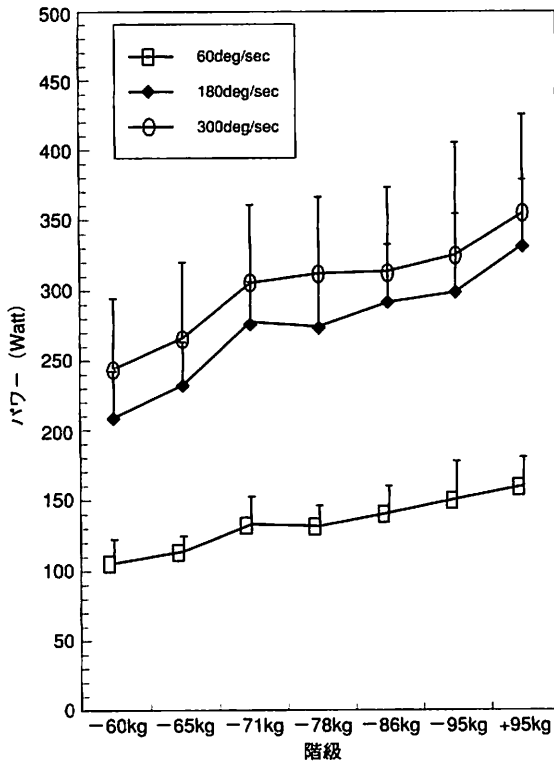


図6 動作速度の違いによる各階級ごとのパワー値 (平均値・標準偏差)

Fig. 6 Difference in the speed of movement in relation to power per weight category.

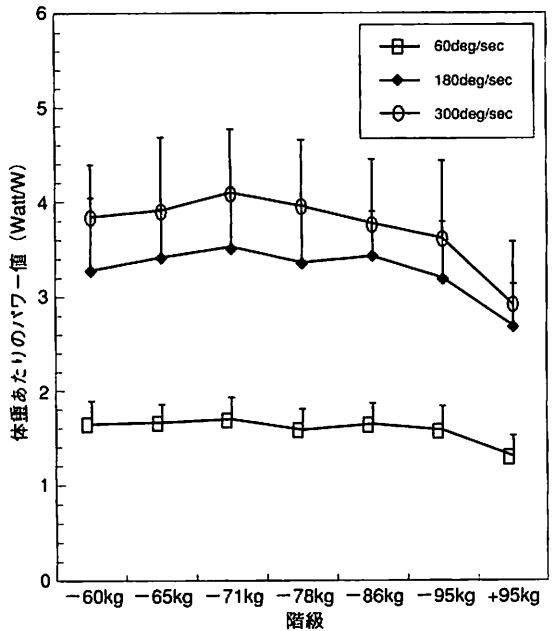


図7 動作速度の違いによる各階級ごとの体重あたりのパワー値 (平均値・標準偏差)

Fig. 7 Difference in the speed of movement in relation to power per weight within each weight category.

- 4) 階級別に見た体重あたりのピークトルク値およびパワー値は、+95kg級が他のすべての階級よりも有意に小さい値を示した。
- 5) 階級別に見た除脂肪体重あたりのピークトルク値およびパワー値は、すべての階級の間に有意な差は認められなかった。

引用・参考文献

- 1) 前田明他：一流長距離選手の等速性最大筋力発揮の特徴。体力科学、Vol. 41、No. 6、p. 860、1992。
- 2) 富田智子他：フェンシング選手における等速性脚筋力の左右差。体力科学、Vol. 41、No. 6、p. 781、1992。
- 3) 中山第一他：プロ野球選手の等速性筋力と故障、障害との関係について。体力科学、Vol. 41、No. 6、p. 867、1992。
- 4) 杉田正明他：等速性筋力測定器を用いた最大膝伸展パワー推定法の検討。体力科学、Vol. 42、No. 6、

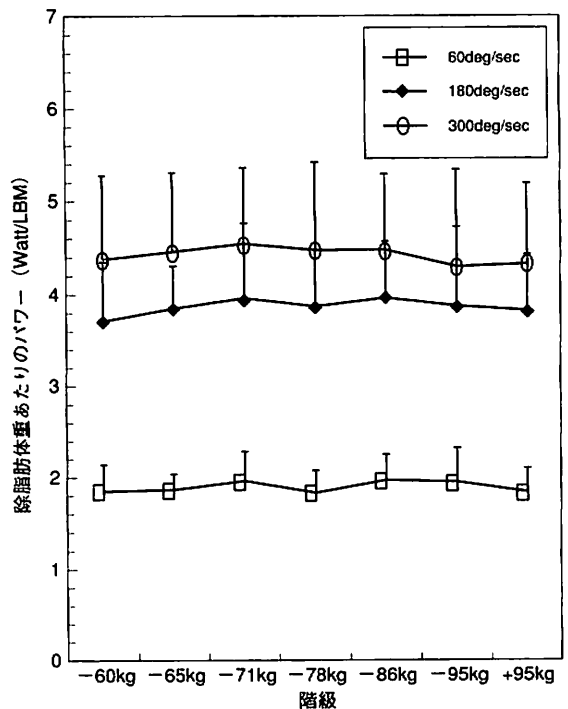


図8 動作速度の違いによる各階級ごとの除脂肪体重あたりのパワー値 (平均値・標準偏差)

Fig. 8 Difference in the speed of movement in relation to power per

- p. 605、1993。
- 5) 上向井千佳子他：バトミントン選手の等速性筋力からみた競技力評価に関する一考察。体力科学、Vol. 42、No. 6、p. 602、1993。
 - 6) 大森一伸他：プロサッカー選手の脚および体幹部の等速性筋力。体力科学、Vol. 42、No. 6、p. 602、1993。
 - 7) 磯繁雄他：等速性筋力の競技特性。体力科学、Vol. 42、No. 6、p. 586、1993。
 - 8) 神野宏司他：球技系スポーツ選手の等速性筋力。体力科学、Vol. 42、No. 6、p. 583、1993。
 - 9) 菊地はるひ他：エアロビック競技者の等速性筋力について。体力科学、Vol. 42、No. 6、p. 574、1993。
 - 10) 林邦夫他：等速性筋出力からみた大学生剣道選手の筋力の経年変化。武道学研究、25-3、p. 21-29、1993。
 - 11) 木村昌彦他：等速性筋出力からみた柔道選手の体力特性について。武道学研究、24-2、1991。
 - 12) 今泉哲雄他：等速性筋出力、有酸素作業能力からみた一流および大学柔道選手の体力特性。武道学研究、21-2、p. 45-46、1988。
 - 13) 野瀬清喜他：等速性筋出力からみた柔道選手の筋力特性。武道学研究、21-2、1988。
 - 14) 長峰晋吉：皮下脂肪からの肥満の判定。日本医師会誌、68、p. 991-924、1972。
 - 15) Brozek J. F. Grande, J. T. Anderson and Akeys : Densitometric analysis of body composition. Revision of some quantitative assumptions, Ann N. Y. Acad. Sci., 110, p. 113-140, 1963.

状態不安・特性不安と立位姿勢の 重心動揺の関連性

吉川 政夫 (体育学部社会体育学科)

菊地 真也 (体育学部非常勤講師)

The Relation between State-Trait Anxiety and the Sway of The Center of Gravity in the Standing Posture

Masao KIKKAWA and Shinya KIKUCHI

Abstract

The purpose of this study was to examine the relation between the degree of anxiety and the sway of the center of gravity in the standing posture. Subjects were 58 undergraduates. Both state anxiety and trait anxiety of each subject were assessed by the STAI test. The sway of the center of foot pressure in the standing posture for 20 seconds was measured as postural sway by a stabilometer.

Results were as follows : (1) The average magnitude of sway of the high trait anxiety group was significantly larger than that of the low trait anxiety group. On the other hand, such finding was not found in state anxiety. Postural sway was related to trait anxiety rather than to state anxiety. (2) Such relation was detected not in the postural sway with eyes open but in that with eyes closed.

I. はじめに

人間は周囲の状況に調和できず、自己の存在が脅かされたと感じたときに不安を体験する。この不安が過度であったり、行動の遂行のために適切に活かされない場合、不安は身体機能、認知機能、自我機能や学習行動にマイナスの影響を及ぼすことが知られている^{3,13)}。不安がもたらすこれらの心理・生理的不適応反応がスポーツや競技をめぐって生起する場合、それをスポーツ不安あるいは競技不安とよんでいる^{3,15)}。この競技不安が、生理的機能の失調、集中力の低下や運動機能の混乱をもたらし、それらの結果として競技パフォーマンスの低下をきたすことは経験的にも研究によ

っても知られている¹²⁾。そのため、近年特に、競技力向上の面から、競技不安等の心理的問題への対処法として、メンタル・トレーニングの諸技法のスポーツ領域への導入の必要性が大きくなっている。

競技不安と競技力の関連性が大きいことは明らかであるが、これまで、心理学における不安の測定は、質問紙法の検査による測定、生理的指標に基づく測定、行動観察による評価によって行われてきた。質問紙法による不安検査としては、顕在性不安尺度 (MAS)、CAS不安診断検査や状態・特性不安検査 (State-Trait Anxiety Inventory : STAI) が代表的である。また、競技不安を測定する質問紙法による不安検査としてMartens (1977)⁶⁾ がスポーツ競技不安検査を開発してい

る。市村 (1993)³⁾ は、それらの不安検査の中で、STAIが競技者の不安水準を測定し、不安のために生起する運動の混乱を予測するのに妥当性が高いとしている。STAIは、Spielberger, Gorsuch & Lushene (1970)¹⁰⁾ が開発した不安測定検査であり、状況によって変化する状態としての不安である状態不安と比較的安定した性格特性としての不安である特性不安を分けて測定できるところに特徴がある。この検査は、清水・今柴 (1981)¹¹⁾ と水口・下仲・中里 (1991)⁷⁾ によって日本語版の標準化が行われている。不安の生理的測定では、皮膚電気抵抗 (GSR)、呼吸、心博、筋電、内分泌系のホルモンなどが指標とされてきた^{5,13)}。行動観察による評価は、身体の動作や顔面の表情などの観察に基づいて行われてきた。

ところで、不安反応として、手足が思うように動けなくなったり、めまい感を体験したりというように、運動機能の混乱、低下や失調、あるいは平衡機能の低下や失調が起こることが経験的に知られている。しかし、不安の状態を立位姿勢の平衡機能を指標として測定した研究は見当たらない。そこで、本研究では、不安の測定を立位姿勢の平衡機能という行動レベルで行うことを試みた。ここでは、重心計による重心動揺量を立位姿勢の平衡機能を測定する指標とした。重心動揺の基礎をなす身体の平衡維持機構は、視覚系、前庭迷路系、自己受容系などの平衡反射系の機能、これを制御する小脳・脳幹を中心とする中枢神経系の機能が複雑にはたらか合って成り立っているといわれる¹⁸⁾。本研究では、不安が身体の平衡維持機構にはたらいた結果、立位姿勢の平衡機能の変化としてあらわれると仮定した。平衡機能の測定は、眼球運動系の平衡機能測定と体幹・四肢の平衡機能測定 (体平衡機能測定) に分けられるが、重心計による重心動揺の測定は体平衡機能の測定に該当する。

Lomberg の報告以来、立位姿勢の安定性すなわち平行機能に関する基礎的研究がこれまで数多くなされてきている^{1,2,8,17,20)} が、重心計による重心動揺の測定研究は、めまいや平衡機能障害の臨

床診断を目的として、従来耳鼻科学領域を中心に行われてきた^{9,17,18)}。平衡機能障害の臨床診断に関連するが、重心動揺を測定指標として障害児・者の身体平衡機能の特徴検出を試みた研究もある^{10,19)}。また、運動領域では、重心動揺測定値を指標として、一般成人と比較して競技者の身体平衡機能が優れていることを示唆する研究もある¹⁶⁾。

以上、本研究でとりあげる不安および身体の重心動揺について多少の概観をしてきた。立位姿勢の重心動揺は、身体の平衡機能を測定する指標の一つであり、その動揺の大きさは生理状態、心理状態や加齢によって変化する。他方、不安は、競技活動をはじめとして、われわれのさまざまな行動に影響を及ぼす。しかし、不安と重心動揺の関連性を立証した研究は見当たらない。これが立証されれば、立位姿勢の重心動揺はメンタル・トレーニングの効果の測定指標となり得るであろう。そこで、本研究では、不安が高い人は重心動揺が大きく、不安が低い人はそれが小さいという仮説を設け、立位姿勢の重心動揺と特性不安・状態不安の関連性に関する基礎的な分析検討を行った。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者 20歳から21歳の体育系大学生58名
2. 重心動揺の測定

重心動揺を測定する重心計としてアニマ社のグラビコーダGS-10を用いた。重心動揺の測定指標は以下の5種類。①重心動揺距離 (LNG:重心点の総移動距離)、②包絡面積 (ENV:重心動揺の軌跡によって囲まれる内側の面積)、③重心動揺面積 (REC:左右方向の最大振幅と前後方向の最大振幅の積、すなわち長方形の面積)、④動揺径 (DX:左右方向の最大揺れ幅、DY:前後方向の最大揺れ幅)、⑤重心動揺中心位置の平均値 (MX:左右方向の動揺の平均値、MY:前後方向の動揺の平均値)。図1は測定結果の表示例である。

立位姿勢時の足位条件は、踵をつけ爪先が45度となる開足45度。視覚条件は1m前方の固視点を注視する開眼条件および閉眼条件の2条件。測定

時間は20秒。手続きとして、学習効果を除くために、視覚条件の測定順序を被験者ごとにランダムにした。また、計測後2分間以上の休憩を挟み、被験者ごとに視覚2条件の測定をそれぞれ1回ずつ行なった。

3. 不安の測定

STAI (状態・特性不安検査) を用いた。この

検査は、ある特定の場面で感じられる一過性の不安である「状態不安」と、個人が人格特性として持っている比較的安定した不安傾向、すなわち、慢性的に感じられる不安である「特性不安」を測定する質問紙による検査である。状態不安は置かれた状況に左右されるが、特性不安には個人差が反映されやすい。

なお、手続きとして、測定体験が状態不安に与える影響を考慮して、ランダムに、被験者の半数に対して重心動揺の測定後不安検査を実施し、残りの半数に対しては、その順を逆にして実施した。

III. 結果と考察

1. 不安と重心動揺の相関分析結果

不安の検査結果と重心動揺値の相関分析(ピアソンの相関係数の産出)を行い、以下の結果を得た。

1) 特性不安と各重心動揺指標との間には、閉眼条件では0.3から0.4の正の相関がみられた。すなわち、特性不安が高いと重心動揺量が大きく、特性不安が低いと重心動揺量が小さい関係が、高い関連性があるとはいえないが両者の間にみられる。しかし、開眼条件での有意な相関

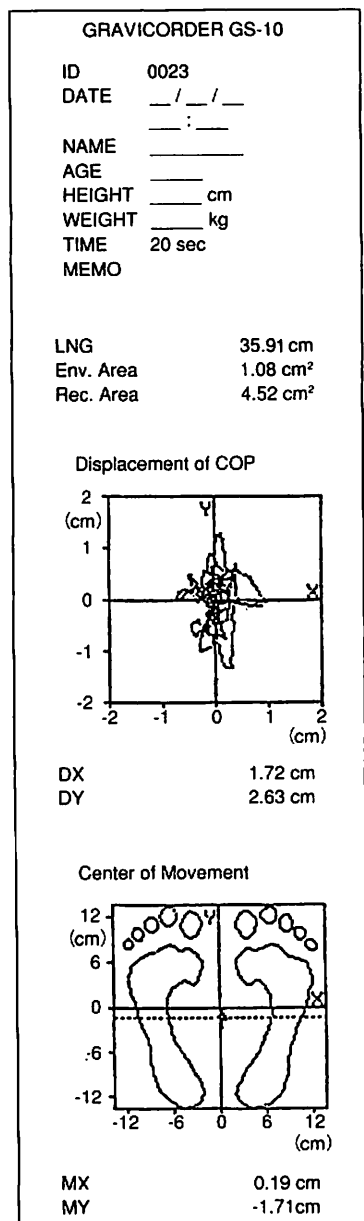


図1 重心動揺の測定結果の表示例

Fig. 1 Printed out results of the sway of the center of gravity.

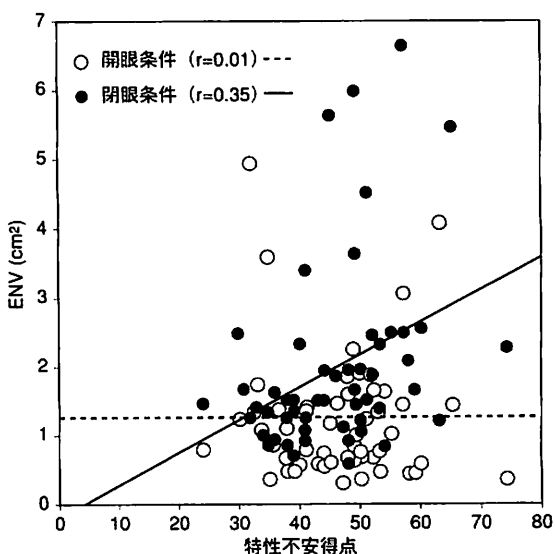


図2 特性不安得点とENVの相関分布

Fig. 2 The distribution of correlation between trait anxiety score and ENV.

はみられなかった。図2は特性不安得点とENVの相関分布を示した結果である。

2) 状態不安と各重心動揺指標との間では、いずれも有意な相関はみられなかった。

3) 特性不安と状態不安の相関は0.59。また、重心動揺位置 (MX, MY) を除いた各重心動揺指標間の相関は0.4から0.9の正の相関を示した。開眼・閉眼のともに、同一視覚条件内の指標間においてそれが特に高かった。

以上の結果から、特性不安の高低と閉眼条件の重心動揺量の間に関連性があることが示唆された。

2. 高不安群と低不安群の重心動揺の分析結果

STAI得点の平均値は、特性不安が47.3、SDが10.9、状態不安が40.8、SDが8.5であった。大学生を対象とした清水・今榮 (1981)¹¹⁾の結果によれば、特性不安の平均得点は45.8、SDが8.8、状態不安では平均得点が42.8、SDが9.8、性差は見られない。この結果と比較すると、本実験の結果はこれと大差ない。

被験者の内、STAI得点の平均値 + 1 SD以上を高不安群、平均値 - 1 SD以下を低不安群として、不安の高低と重心動揺の大小の分析を行なった。抽出された各群の人数は、高特性不安群 8 名、低特性不安群 12 名、高状態不安群 9 名、低状態不安群 7 名。なお、重心動揺には身長の影響が考えられるが、平均身長に群間で有意差は見られなかった。

図3から図16は、特性不安、状態不安ごとに、高不安群と低不安群の開眼・閉眼の視覚条件による各重心動揺指標の結果を示したものである。結果から、重心動揺中心位置の平均値を表すMXとMYを除いたすべての指標において、開眼条件の重心動揺量は低不安群と高不安群においてほぼ同様であるのに対して、閉眼条件の重心動揺量は高不安群が低不安群よりも大きいことがわかる。いいかえれば、低不安群において開眼条件と閉眼条件の重心動揺量の差は小さいが、高不安群のそれは大きい。

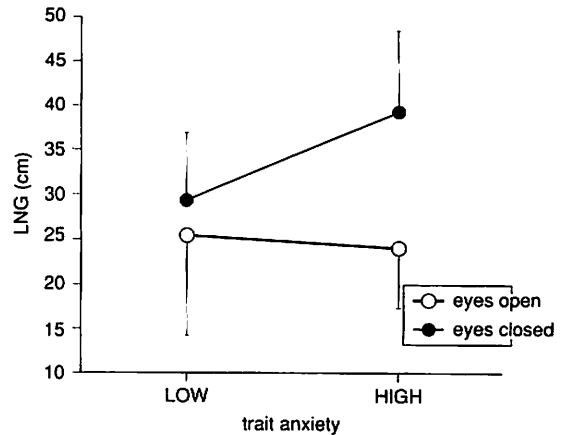


図3 高特性不安群と低特性不安群のLNG
Fig. 3 LNG of the high- and the low- trait anxiety group.

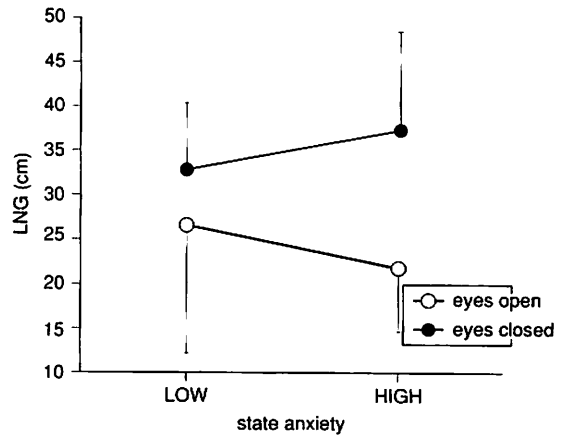


図4 高状態不安群と低状態不安群のLNG
Fig. 4 LNG of the high- and the low- state anxiety group.

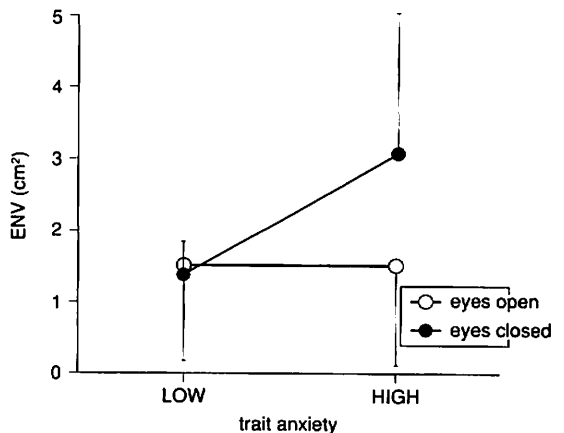


図5 高特性不安群と低特性不安群のENV
Fig. 5 ENV of the high- and the low- trait anxiety group.

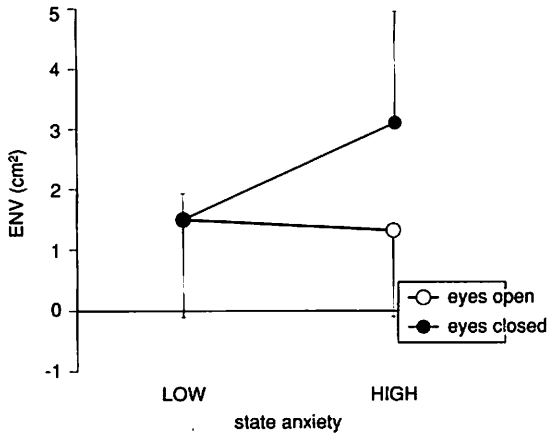


図6 高状態不安群と低状態不安群のENV
Fig. 6 ENV of the high- and the low- state anxiety group.

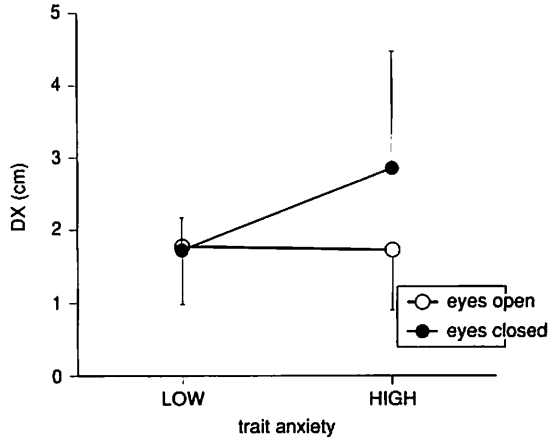


図9 高特性不安群と低特性不安群のDX
Fig. 9 DX of the high- and the low- trait anxiety group.

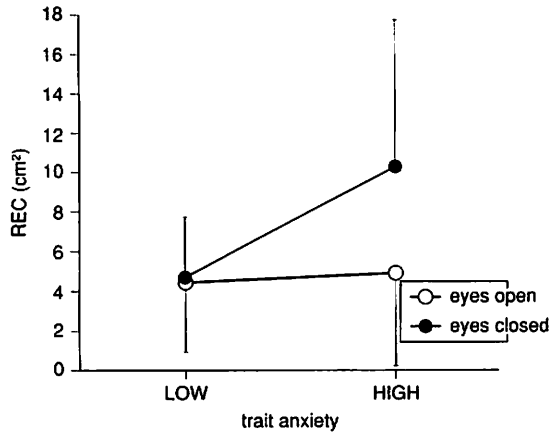


図7 高特性不安群と低特性不安群のREC
Fig. 7 REC of the high- and the low- trait anxiety group.

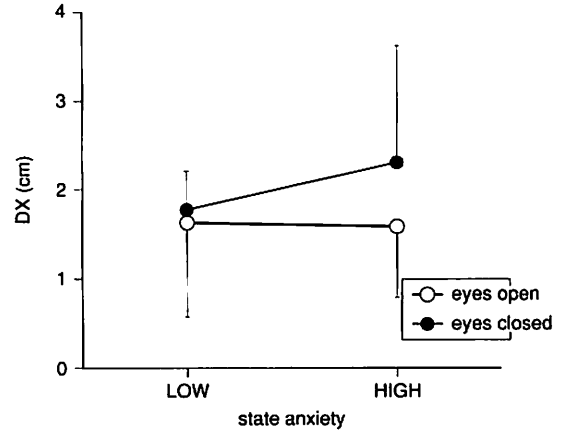


図10 高状態不安群と低状態不安群のDX
Fig. 10 DX of the high- and the low- state anxiety group.

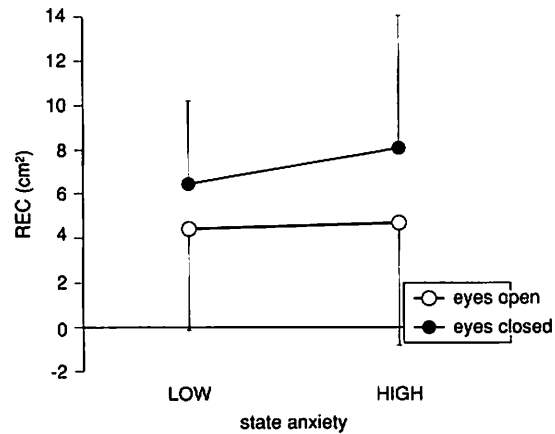


図8 高状態不安群と低状態不安群のREC
Fig. 8 REC of the high- and the low- state anxiety group.

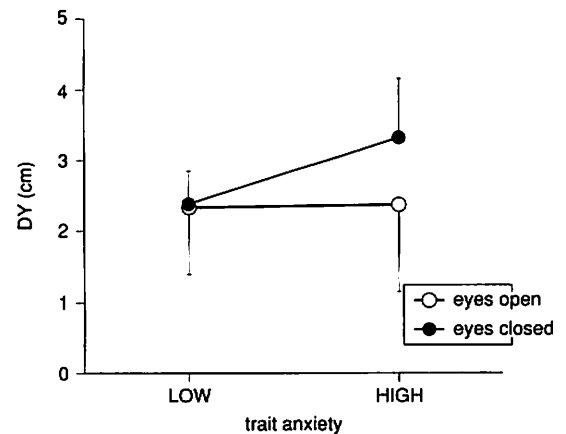


図11 高特性不安群と低特性不安群のDY
Fig. 11 DY of the high- and the low- trait anxiety group.

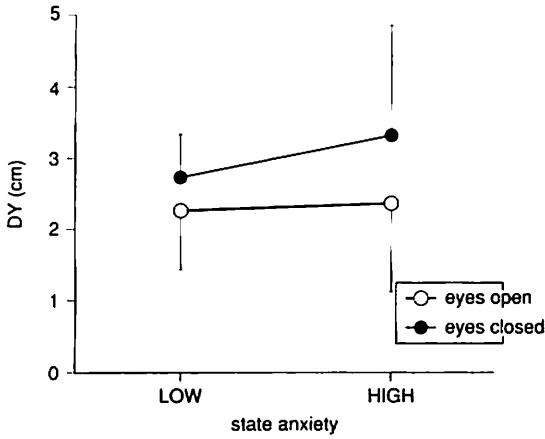


図12 高状態不安群と低状態不安群のDY
Fig. 12 DY of the high- and the low- state anxiety group.

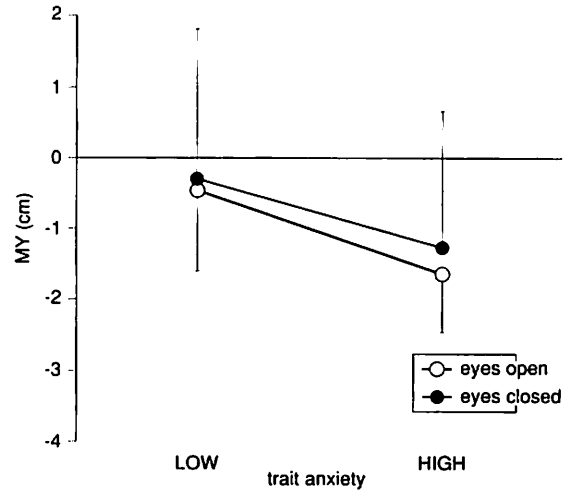


図15 高特性不安群と低特性不安群のMY
Fig. 15 MY of the high- and the low- trait anxiety group.

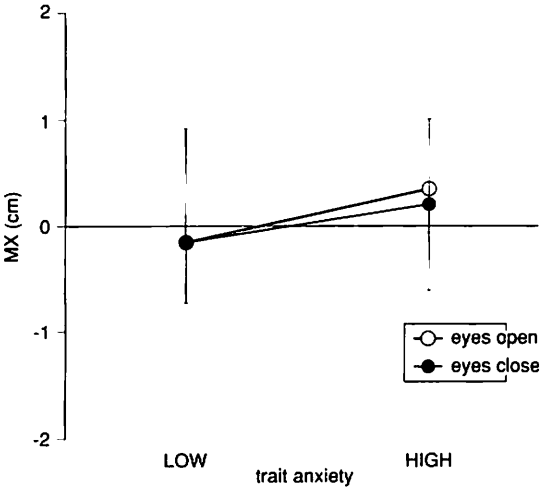


図13 高特性不安群と低特性不安群のMX
Fig. 13 MX of the high- and the low- trait anxiety group.

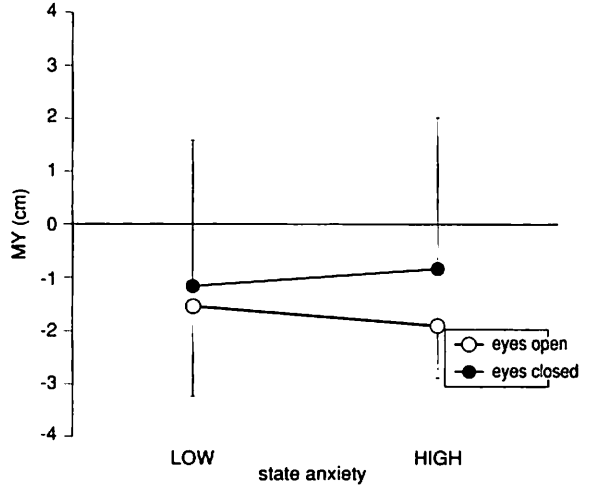


図16 高状態不安群と低状態不安群のMY
Fig. 16 MY of the high- and the low- state anxiety group.

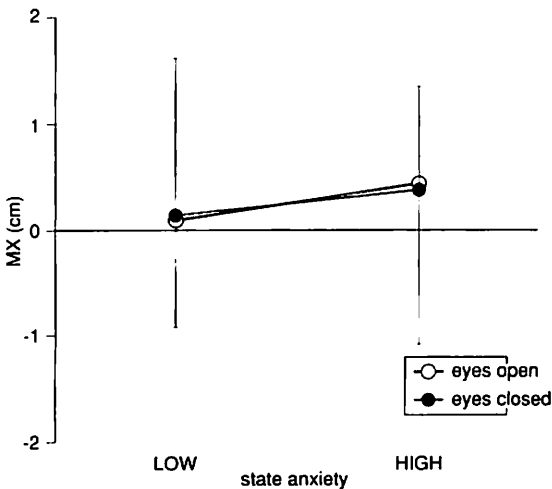


図14 高状態不安群と低状態不安群のMX
Fig. 14 MX of the high- and the low- state anxiety group.

重心動揺量に影響する要因の効果を検討するために視覚条件×不安の高低による2要因の分散分析を行った。表1と表2は特性不安と状態不安それぞれの分散分析結果を示したものである。表1と表2から、交互作用が特性不安のLNGと状態不安のENVにおいて5%の有意水準で認められた。また、特性不安のENV、REC、DXにそれぞれ交互作用の傾向(10%の有意水準)が認められた。この分析結果は、高不安群と低不安群の重心動揺量が開眼・閉眼の視覚条件によって異なることを裏付けている。すなわち、開眼条件の重心動

表1 特性不安と視覚条件の分散分析結果

Table 1 The results of analysis of variance for trait anxiety and visual condition

測定指標	視覚条件(A)	不安の高低(B)	A × B
LNG	F(1.36) = 9.09, p < .01	n.s.	F(1.36) = 4.15, p < .05
ENV	n.s.	F(1.36) = 3.70, p < .1	F(1.36) = 4.03, p < .1
REC	n.s.	F(1.36) = 4.12, p < .05	F(1.36) = 3.08, p < .1
DX	n.s.	F(1.36) = 3.27, p < .1	F(1.36) = 3.73, p < .1
DY	n.s.	F(1.36) = 3.34, p < .1	n.s.
MX	n.s.	n.s.	n.s.
MY	n.s.	F(1.36) = 3.93, p < .1	n.s.

表2 状態不安と視覚条件の分散分析結果

Table 2 The results of analysis of variance for state anxiety and visual condition

測定指標	視覚条件(A)	不安の高低(B)	A × B
LNG	F(1.28) = 9.08, p < .01	n.s.	n.s.
ENV	F(1.28) = 4.03, p < .1	n.s.	F(1.28) = 4.25, p < .05
REC	n.s.	n.s.	n.s.
DX	n.s.	n.s.	n.s.
DY	F(1.28) = 3.78, p < .1	n.s.	n.s.
MX	n.s.	n.s.	n.s.
MY	n.s.	n.s.	n.s.

揺量は低不安群と高不安群で違いが見られないが、閉眼条件の重心動揺量は高不安群が低不安群よりも大きいことが明確にとまではいえないが確認された。そして、それは状態不安よりも特性不安において明らかであるといえる。以上の結果は、不安と重心動揺の関連性は特性不安と閉眼時の重心動揺量において検出される可能性が大きいことを示唆している。

なお、視覚条件の要因では、特性不安と状態不安のLNGにおいて1%の有意水準で主効果が認められた。すなわち、開眼条件に比べて閉眼条件の動揺が大きかった。また、状態不安のENVとDYで同様の傾向(10%の有意水準)が見られた。一般に、開眼条件に比べて閉眼条件の動揺が大きいたことが知られている。本実験の結果においては、明らかな視覚条件差は測定指標の一部において見られるだけであったが、開眼条件に比べて閉眼条件の動揺が大きい傾向がみられた。明確な視覚条件差がみられなかったのは、低不安群に視覚条件差がほとんどなかったことと重心動揺量にばらつきが大きかったことによるものと考えられる。次に、不安の高低の要因では、特性不安のRECで5%の有意水準で主効果が認められた。その他、ENV, DX, DY, MYにその傾向(10%の有意水

準)が見られた。状態不安においては主効果は認められなかった。すなわち、高不安群は低不安群に比べて重心動揺量大きいといえる可能性があるのは特性不安においてであって、状態不安においてはそうとはいえない。なお、重心動揺中心位置の前後方向の平均値であるMYの分析結果から、視覚条件にかかわらず、高特性不安群が低特性不安群に比べて重心位置が足長の「より後方」にある傾向が見い出された。平沢(1981)²¹は、現代人の安楽な「からだち」における重心位置は足長の中心から次第に後退していることを特徴として指摘している。本研究の結果は、特性不安が高い人はそれが低い人よりも重心の位置が後方にある可能性を示唆しているといえよう。

高不安群と低不安群に分けた場合の重心動揺量の分析結果から、開眼条件では認められなかったが、閉眼条件において、高特性不安群は低特性不安群に比べて重心動揺量が明らかに大きい、もしくは大きい傾向が認められた。他方、状態不安と重心動揺の結果では、ENVの指標においてのみ、高不安群は低不安群に比べて閉眼条件の動揺が大きかったが、その他の指標においてその傾向は認められなかった。

以上、不安と重心動揺の相関分析結果および高不安群と低不安群の重心動揺の分析結果から、特性不安の高低と閉眼条件の重心動揺量の間に関連性があることが示唆された。この結果がもたらされたのは、開眼条件では被験者が視覚情報を手ごかりに身体の平衡を調節可能であるのに対して、閉眼条件では、それが不可能であり、被験者のもつ不安が重心動揺により多く反映されやすいからではないかと考えられる。すなわち、立位姿勢における閉眼時の重心動揺量が、不安、特に、比較的安定した性格特性としての不安である特性不安の測定指標になりうる可能性があることが示された。

IV. まとめ

58名の大学生を対象に、STAI検査によって特性不安と状態不安を、重心計によって重心動揺量

をそれぞれ測定し、それらの結果から不安と立位姿勢の重心動揺の関連性を検討した。

相関分析の結果ならびに高不安群と低不安群に分けた場合の重心動揺量の分析結果から以下の点が明らかにされた。

- 1) 不安と立位姿勢時の重心動揺の関連性の存在は状態不安においてではなく特性不安において指摘できる。
- 2) 不安と重心動揺の関連性は特性不安と閉眼時の重心動揺量において検出される可能性が大きいことが示唆された。いかえれば、立位姿勢の閉眼時の重心動揺の測定により特性不安の状態を推定できる可能性があることが明らかになった。

引用・参考文献

- 1) 藤原勝夫・池上晴夫、足圧中心位置と立位姿勢の安定性との関係について、体育学研究、第26巻、第2号、51-61、1981
- 2) 平沢彌一郎、直立歩行を支える左足、サイエンス日本版、6月号、33-44日本経済新聞社、1981
- 3) 市村操一、トップアスリートのための心理学、同文書院、34-76、1993
- 4) 吉川政夫・菊地真也、特性不安・状態不安と立位姿勢の重心動揺の関連性、日本体育学会第46回大会号、251、1995
- 5) Levitt, E., *The psychology of anxiety*, New York, Bobbs-Merrill, 1966 (西川好夫訳、不安の心理学、法政大学出版局、1969)
- 6) Martens, R., *Sport competition anxiety test*, Human Kinetics, 1977
- 7) 水口公信・下仲順子・中里克治、日本版STAI状態・特性不安検査使用手引、三京房、1991
- 8) 野村公寿・徳増厚二・飯田 秀・楠 好子・土田陽一・種元春洋・宮原正明・荒木元秋、神奈川県における児童および生徒の平衡機能の調査(第5報)、日耳鼻、85、630-638、1982
- 9) 岡部多加志、神経内科領域における二次元重心動揺記録装置の臨床的応用、慶応医学、52巻、4号、265-277、1975
- 10) 奥住秀之、知的障害児の身体平衡機能の特徴(2)一身体動揺量の臨床型による差異一、第2回身体動揺研究会資料(東北大学医学部付属医療技術短期大学部)、1995
- 11) 清水秀美・今柴国晴、STATE-TRAIT ANXIETY INVENTORYの日本語版(大学生用)の作成、教育心理学研究、第29巻、第4号、62-67、1981
- 12) Sonstrom, R. & Bernardo, P., Intraindividual pregame state anxiety and basketball performance: A reexamination of the inverted-U curve, *Journal of Sport Psychology*, 4, 135-245, 1982
- 13) Spielberger, D., *Theory and research on anxiety*, In Spielberger, D. (ed.) *Anxiety and behavior*, New York, Academic Press, 1966
- 14) Spielberger, D., Gorsuch, R. & Lushene, R., *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*, Palo Alto, California, Consulting Psychologists Press, 1970
- 15) Spielberger, D., *Stress and anxiety in sports*, In Hackfort, D. & Spielberger, D. (eds.), *Anxiety in sports: An International Perspective*, Hemisphere, 1989
- 16) 田口喜一郎、優れたスポーツマンを見出す方法と訓練一重心動揺検査の立場から(身体動揺の研究第33報)一、臨床スポーツ医学、Vol. 8、No. 1、11-15、1991
- 17) 田口喜一郎・依田美千穂、重心動揺軌跡距離測定法、日耳鼻、79、835-843、1976
- 18) 時田 喬、重心動揺検査の実際、アニメ株式会社、1994
- 19) 臼井永男・平沢彌一郎、進行性筋ジストロフィの直立能力の変化について、第3回姿勢シンポジウム一般演題抄録集、57-58、財団法人姿勢研究所、1979
- 20) 渡辺 功・山内公雄・平沢彌一郎・昼馬輝夫、成人の直立姿勢保持能力に関する長期的変動、第5回姿勢シンポジウム一般演題抄録集、15-16、財団法人姿勢研究所、1983

骨格筋における不凍水の特性

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)
三浦 信広 (理学部物理学科) 新屋敷 直木 (理学部物理学科)
真下 悟 (理学部物理学科)

Characteristics of Unfreezable Water in Skeletal Muscle

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

Abstract

Dielectric relaxation measurements by use of time domain reflectometry method were performed on Soleus Muscle and Gastrocnemius Muscle of wistar rat in temperature range of 0°C to -30°C. Three relaxation peaks could be found below freezing point T_f . The low frequency peak around 6kHz could be assigned to electrode polarization, and intermediate one around 20MHz could be attributed to migration of counterion on biomaterial. The high frequency one around 2GHz could be due to orientation of unfreezable water, which constructs an obscure shell layer around biopolymers such as myofibril and myoglobin. The amounts estimated as unfreezable water are 6.16×10^{-2} (g/cc) for Gastrocnemius Muscle and 3.47×10^{-2} (g/cc) for Soleus Muscle. On the other hand, the activation energies obtained as unfreezable water are 29kJ/mol for Gastrocnemius Muscle and 37kJ/mol for Soleus Muscle. These results suggest that the water structure in the red muscle differs slightly from that in the white one.

I. はじめに

筋がその固有の機能を発揮するためには、構成している生体高分子は一定の高次構造を保っていなければならない。その際、生体高分子と水との相互作用は高次構造の安定性や機能発現と密接な関係にある¹⁾。しかし、筋繊維の水の状態は、含水量が80%もあるにも関わらずその物理的性質について未だ解明されていない。

一方、誘電緩和測定において生体高分子-水系

や合成高分子-水系で観測されている水は主に3種類ある^{2,3)}。1つは生体高分子と水素結合し高次構造の維持や機能発現のために不可欠な水すなわち結合水、高分子から十分離れた位置にあって純水と同じ物理的性質をもっている水すなわちbulk水、そしてもう1つは凍結過程において観測でき高分子に影響を受け氷の結晶構造に取り込まれない水すなわち不凍水である。筋繊維は、水と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を含んだ複雑な系であり水構造がどの様である

のか興味がある。特に筋繊維における不凍水を観測することは、筋繊維構成分子の水構造を解明するうえで非常に重要であり興味深い。

時間領域反射法 (Time Domain Reflectometry method; TDR法) は、30Hz~20GHzにおよぶ広帯域、特に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る¹⁾。骨格筋の凍結過程において不凍水の緩和過程が観測できる可能性がある。そこで本研究は、TDR法を用い赤筋と白筋の不凍水緩和過程を観測し、筋繊維の水構造を解明することを目的とした。

II. 実験方法

1. 対象

対象はWistar Rat 10週齢♂300g 2匹とした。測定部位は赤筋に右下肢のヒラメ筋、白筋に腓腹筋を用いた。エーテル麻酔下で腹部大動脈および下大静脈より脱血後、右下肢の皮膚を除去しヒラメ筋と腓腹筋を摘出した。摘出した筋は底上げした試料管に入れ、TDR電極と熱電対を設置してパラフィンフィルムで密封した。底上げした試料管には、底に生理食塩水が満たしてあるため筋の乾燥を防止できる。温度制御は、液体窒素とヒーターにより行った。設定温度は、赤筋と白筋それぞれの凍結温度から-30℃とした。筋温度は、設置した熱電対により測定した。凍結温度は、筋温度を室温から準静的に降下させ、凍結が起こる時の潜熱が観測された温度とした。白筋の誘電緩和スペクトル測定は、-6.5、-10、-15、-20、-25、-30℃で行い、赤筋は-14.2、-25℃で行った。

2. TDR測定法

時間領域反射法 (Time Domain Reflectometry method; TDR法) の測定原理については、すでにいくつかの論文で報告されている^{5,6,7,8)}。TDR測定装置は、Hewlett Packard社製のデジタイジング・オシロスコープ (HP54120B) を用いた。内臓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でパルス電圧

200mVのステップパルスを電極から未知試料および標準試料に入射した。そこで生じた試料からの反射波をパーソナルコンピューターに転送し、フーリエ変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^* と標準試料の複素誘電率 ϵ_s^* から以下の式が与えられる⁹⁾。

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

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

$$f_x = Z_x \cot Z_x, \quad Z_x = (\omega d/c) \epsilon^{*1/2} \quad (2-3)$$

$$f_s = Z_s \cot Z_s, \quad Z_s = (\omega d/c) \epsilon_s^{*1/2} \quad (2-4)$$

$Rs(t)$ は標準試料からの反射波、 $Rx(t)$ 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) が0.01mmで、 γd (電気長) が1.21mmである。標準試料はクロロホルムを用いた。また、高周波数領域の複素誘電率をより正確に求めるために Bilinear 解析^{9,10)}を行った。

3. 活性化エネルギーの算出¹¹⁾

Arrheniusの法則により、誘電緩和測定で得られた緩和時間 τ と、絶対温度の逆数 $(1/T)$ の関係は次式で与えられる。

$$\tau = A \exp(\Delta H / RT) \quad (2-5)$$

ここで ΔH は活性化エネルギーであり、 A は定数、 R は気体定数で8.31(J mol⁻¹ K⁻¹)である。これは、

$$\frac{d(\ln \tau)}{d(1/T)} = \frac{\Delta H}{R}$$

となり、 $1/T$ に対する $\ln \tau$ の変化 (Arrhenius plot) は $\Delta H/R$ で与えられる。すなわち、 τ の温度依存性を観測することにより活性化エネルギーが算出できる。

III. 結果および考察

Fig. 1 は TDR 法により凍結温度 (-6.5°C) で測定した白筋の誘電緩和とスペクトルである。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 10^3 から 10^9 Hz オータにおよぶ広い周波数帯域で測定された。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。この誘電緩和とスペクトルは複数の緩和過程を仮定し、これらを重ね合わせるにより表わせる¹²⁾。

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

(3-1) 式のように Havriliak-Negami の式を重ね合わせる式を用い、白筋の誘電緩和とスペクトルから誘電緩和と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 と 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. 1 の誘電緩和とスペクトルは、点線で示されるように 3 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 3 つの緩和過程は 6 kHz、20 MHz、および 2 GHz 付近に緩和ピークが存在した。赤筋の凍結温度 (-14.2°C) における誘電緩和とスペクトルも同様に解釈し、設定した温度領域の解析も同様に行った。

Table. 1 に各温度における白筋と赤筋の誘電緩和とパラメーターを示す。高周波数領域の緩和過程

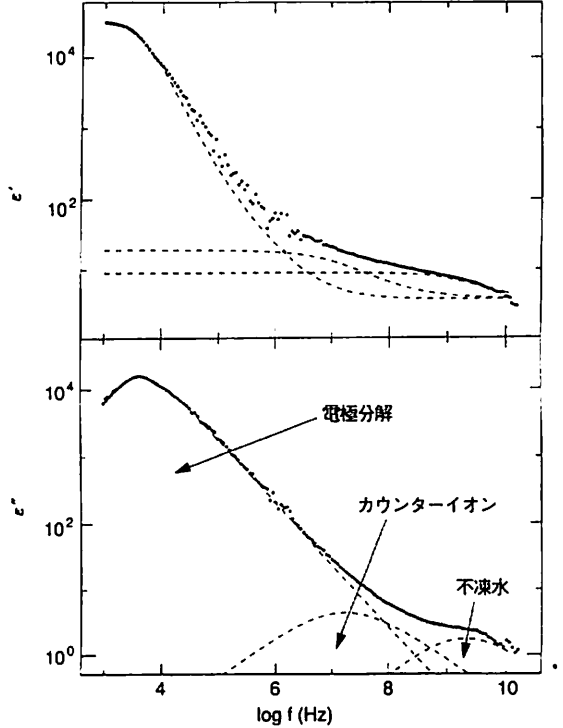


図1 -6.5°C で測定した腓腹筋 (白筋) の誘電分散および誘電吸収の周波数依存性。点線は、全ての緩和過程から得られた個々の緩和過程を示す。

Fig. 1 Frequency dependence of dielectric dispersion and absorption for Gastrocnemius Muscle (white muscle) at -6.5°C . Dotted curves show each relaxation process separated from total relaxation process.

は、緩和時間と緩和強度から判断して生体高分子水溶液や合成高分子水溶液などで観測されている不凍水の配向によると解釈できる^{2,3)}。低周波数領域の緩和過程は、その緩和強度が温度低下に伴い減少し -20°C 以下で消失した。この緩和過程は、氷の成長に伴い不凍水量が減少し溶解していたイオンの運動性が低下したと考えられるため電極分解¹³⁾ と解釈できる。中間周波数領域の緩和過程は、緩和時間から判断して生体高分子表面を移動するイオンすなわちカウンターイオン¹⁴⁾ と解釈できる。今回、最も高周波数側に観測した不凍水の緩和過程について議論する。

凍結温度における筋の不凍水量 C_w (g/cc) は、以下の式で表される。

表1 白筋と赤筋で観測された誘電緩和パラメータ

Table 1 Dielectric relaxation parameters for white muscle and red muscle

$T(^{\circ}\text{C})$	α_1	β_1	$\Delta \epsilon_1$ ($\times 10^3$)	$\log \tau_1$ (s)	α_n	β_n	$\Delta \epsilon_n$	$\log \tau_n$ (s)	α_n	β_n	$\Delta \epsilon_n$	$\log \tau_n$ (s)	ϵ_{∞}	σ (S/m) ($\times 10^{-4}$)
White Muscle														
-6.5	1.00	0.94	3.36	-4.45	1.00	0.65	15.58	-8.03	1.00	0.75	5.36	-10.11	3.7	0.22
-10.0	1.00	0.91	1.44	-4.36	1.00	0.62	13.63	-7.87	1.00	0.78	3.22	-10.01	3.4	0.35
-15.0	1.00	0.90	0.34	-4.34	1.00	0.62	12.89	-7.46	1.00	0.64	2.91	-9.88	2.9	0.77
-20.0					1.00	0.59	9.88	-7.44	1.00	0.68	1.94	-9.71	3.0	1.17
-25.0					1.00	0.54	7.23	-7.29	1.00	0.58	1.69	-9.66	2.9	2.71
-30.0					1.00	0.50	5.16	-7.27	1.00	0.50	1.47	-9.56	2.8	0.50
Red Muscle														
-14.2	1.00	0.83	0.50	-4.28	1.00	0.78	3.58	-8.37	1.00	0.78	3.04	-9.80	3.1	1.38
-25.0					1.00	0.67	7.04	-7.24	1.00	0.68	2.03	-9.38	2.6	0.48

$$C_w = (\Delta \epsilon_h^i / \Delta \epsilon_h^s) \times (\Delta \epsilon_h / \Delta \epsilon_w) \times c_w \quad (3-2)$$

ここで $\Delta \epsilon_h^i$ は白筋と赤筋の凍結温度の緩和強度で、それぞれ5.36、3.04、 $\Delta \epsilon_h^s$ は、以前の我々の報告¹⁵⁾ から概算した凍結直前の自由水緩和強度で白筋が61.80、赤筋が62.35である。 $\Delta \epsilon_h$ は25℃における自由水緩和強度で白筋が52.0、赤筋が52.1である¹⁵⁾。 $\Delta \epsilon_w$ は、25℃における純水の緩和強度で73.2である。 c_w は0℃における純水の密度で、0.99984 (g/cc) である。その結果、白筋は 6.16×10^{-2} (g/cc)、赤筋は 3.47×10^{-2} (g/cc) となった。Miuraらの報告²¹⁾ によるタンパク質水溶液 (20wt% Albumin水溶液) の場合は、 5.66×10^{-2} (g/cc) である。白筋の不凍水は赤筋よりも多いことがわかった。そして、実に白筋が91%、赤筋が95%の自由水が凍結することが明らかになった。従って、筋繊維内腔が筋組織の体積の大半を占めることを考慮すると、筋繊維内はほとんど純水と同じ物理的性質な水、すなわちbulk水であると考えられた。

Fig. 2は、各温度における絶対温度の逆数 ($1/T$) に対する白筋と赤筋の不凍水の緩和時間 ($\log \tau_n$) の変化、そして20wt% Albumin水溶液²²⁾ の不凍水緩和時間の変化を示した Arrhenius plot である。ここで、○は白筋、●は赤筋、□はタンパク質溶液の不凍水である。筋は様々な分子を含む複雑な系であるが、白筋と赤筋の不凍水の緩和時間 ($\log \tau_n$) は、絶対温度の逆数 ($1/T$) の値が減少するに伴い直線的に減少した。このことから、白筋と赤筋の筋繊維の

表2 赤筋、白筋、および20wt%アルブミン水溶液の不凍水の活性化エネルギーと量

Table 2 The values of activation energy and density of the unfreezable water in red muscle, white muscle, and 20wt% Albumin in aqueous solution.

	Red muscle	White muscle	20wt% Albumin in aqueous solution	Pure water
ΔH (kJ/mol)	37.3	29.1	36.4	19.8
$C_w \times 10^{-2}$ (g/cc)	3.47	6.16	5.66	...

不凍水は、凍結点から-30℃の間では転移温度が存在せず、活性化エネルギーが変化しないことを示している。また、白筋不凍水は、緩和時間が赤筋やAlbumin水溶液に比べ若干速いことから、白筋構成分子の影響をより受けにくいと考えられた。

これらのArrhenius plotより活性化エネルギーを算出すると、白筋の場合29.1kJ/mol、赤筋が37.3kJ/mol、20wt% Albumin水溶液が36.4kJ/molとなる。また、Kaatz報告による純水の活性化エネルギーは19.8kJ/mol¹⁶⁾ である。これらをTable. 2に示す。白筋不凍水の活性化エネルギーは赤筋やAlbumin水溶液と比べ小さい値で純水にやや近い値であった。赤筋不凍水の活性化エネルギーは、Albumin水溶液とほぼ同値であった。このことは、筋繊維の不凍水が配向するために必要なエネルギーは、白筋のほうが赤筋よりも小さいことを示している。

組織化学的に白筋と赤筋の構造の相違は、赤筋にはMitochondriaやMyoglobin量が白筋に比べ多いことである¹⁷⁾。また、毛細血管も白筋より発

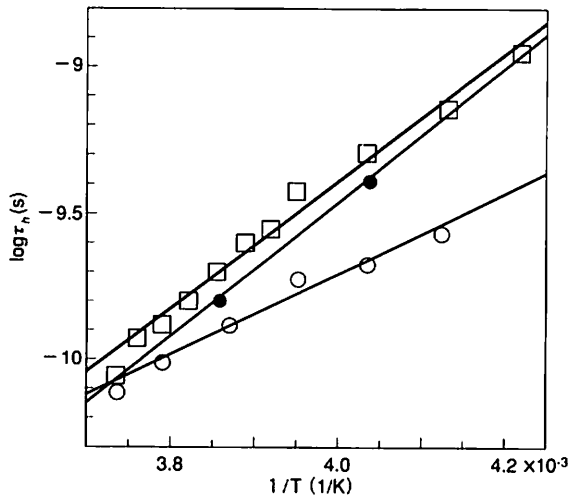


図2 絶対温度の逆数 $1/T$ に対する不凍水の緩和時間の対数 $\log \tau_r$ の変化。
 (○)：腓腹筋(白筋)、(●)：ヒラメ筋(赤筋)、(□)：20 wt%アルブミン水溶液

Fig.2 The plots of logarithm of the relaxation time τ_r against reciprocal of absolute temperature, $1/T$. (○) : Gastrocnemius Muscle (White Muscle); (●) : Soleus Muscle (Red Muscle); (□) : 20wt% albumin in aqueous solution.

達している。白筋は赤筋よりも筋原繊維が多くあり、その結果として筋原質が少なくなっている。

従って、白筋と赤筋の組織化学的な相違が不凍水量や活性化エネルギーの違いとして現れ、水の構造は異なると考えられた。

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) N. Miura, Y. Hayashi, N. Shinyashiki, and S. Mashimo : Observation of Unfreezable Water in Aqueous Solution of Globule Protein by Microwave Dielectric Measurement. Biopolymers. 36 : 9-16, 1995.
- 3) N. Shinyashiki, Y. Matsumura, N. Miura, S. Yagihara, and S. Mashimo: Dielectric Study of Water Structure in Polymer Solution, J. Phys. Chem. 98 : 13612-13615, 1994.
- 4) S. Mashimo, N. Miura, N. Shinyashiki, and T. Ota : Dielectric study on molecular motions of Poly (glutamic acid) in aqueous solution over a frequency of 105-1010Hz. Macromolecules. 26 : 6859-6863, 1993.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) S. Mashimo, T. Umehara, T. Ota, S. Kuwabara, N. Shinyashiki, and S. Yagihara : Evaluation of complex permittivity of aqueous solution by time domain reflectometry. Journal of Molecular Liquids. 36 : 135-151, 1987.
- 9) 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.
- 10) J. G. Berberian, and R. H. Cole. Approach to glassy behavior of dielectric relaxation in 3-bromopentane from 298 to 107K. J. Chem. Phys. 84 : 6921-6927, 1986.
- 11) Nora E. Hill, Worth E. Vaughan, A. H. Price, and Mansel Davies : Dielectric properties and Molecular behaviour. Van Nostrand Reinhold company Ltd. 316-320, 1969.
- 12) S. Havriliak, and S. Negami : A complex plane representation of dielectric and mechanical Relaxation processes in some polymers. Polymer. 8 : 161-210, 1967.
- 13) 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.
- 14) M. Mandel : Dielectric Properties of charged linear macromolecules with particular reference to DNA. Ann. NY Acad. Sci. 303 : 74-87, 1977.

- 15) D. Kurita, M. Haida, Y. Shinohara, E. Furuhashi, N. Miura, N. Shinyashiki, and S. Mashimo : Characteristics of free Water in Skeletal Muscle. *The Tokai Journal of Sports Medical Science*. 7 : 99-104, 1995.
- 16) Udo Kaatze : Complex Permittivity of Water as a Function of Frequency and Temperature. *J. Chem. Eng. Data*. 34 : 371-374, 1989.
- 17) J. B. West : BEST AND TAYLOR' S Physiological Basic of Medical Practiec. WILLIAMS & WILKINS. 98-101, 1986.

柔道選手における前方動揺性膝関節の 競技力について

中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

齋藤 勝 (スポーツ医科学研究所)

戸松 泰介 (医学部付属大磯病院整形外科)

宮崎 誠治 (東海大学病院整形外科)

内山 善康 (東海大学病院整形外科)

Effects of anterior instability of knee on physical activities in judo players
Research Institute of Sports Medical Science Tokai University

Yutaka NAKAMURA, Tamotu TERAO,
Masaru SAITO, Taisuke TOMATU,
Seiji MIYAZAKI, and Yoshiyasu UTIYAMA

Abstract

Injuries in Judo and their epidemiology have been extensively reported in this country. However, functional capacity of anterior instability of knee has not been well studied, leading to uncertainty and inefficiency in the treatment of this condition. In 103 varsity competitive judo athletes, anterior cruciate ligament-insufficient knee were studied.

Methods: Anterior knee luxity is measured using the instrumented knee joint arthrometer (KT1000) and manual functional tests. We made a special criteria for anterior curciate ligament-insufficient knee and evaluated the grade of instability. Results: Anterior instability of knee was diagnosed in 12% of judo athletes. Most frequently, anterior knee luxity was noted in the under-78kg weight group. Severe instability of knee has not necessarily Led judo athletes to unsatisfactory results in competition.

Conclusion: Not surprisingly, it appears that anterior knee joint laxity is not related to the functional capacity of the athlete and that static assessments do not assess the role of the secondary restrains.

はじめに

柔道競技はスポーツの中でもその格闘技的な性格から傷害はつきもので、繰り返し傷害を受けている場合が多い。また、対人スポーツで勝敗を競うために、相手より勝れば自己のベスト能力より傷害のために競技能力が低下していても好成績を

保ちながら競技を続けることが可能である。このような傷害の実態を知るべく、今回われわれは膝関節の動揺性についてスポーツ現場での調査を行ったので結果を報告する。

調査対象

東海大学柔道部員101名、および大学院2名の

合計103名を対象とし、性別は男性101名の女性2名で、年齢は18～23歳で平均20.2歳である。競技歴は3～15年で平均8年、競技レベルは県代表～全日本代表レベルである。

調査方法

柔道場などのスポーツ現場に出向き直接検診を行い、前方・後方引き出しテスト (ADS・PDS)・Lachman Test・Pivot Shift Test・内外反動揺性テスト、およびKT1000による膝関節動揺性検査を行った。

膝部の外傷歴は、靭帯・半月板損傷、骨折・捻挫などの診断が明らかなもの45名46%、不明瞭なもの29名30%、傷害歴の無いもの23名24%である。

手術歴は大部分のものは受けておらず、ほとんどのものは保存的に加療されており、半月板損傷3名、前十字靭帯損傷 (ACL損傷) 1名、骨膜炎1名に見られるのみである。

結果

体重 (階級別) と受傷 (動揺性) との関係は、女性を除いた95名でみると、78kg以下級で所見が集中しており14名で階級別の中では74%を占め、全体では15%であった。ついで65kg以下級の5名46%であった (図1)。

組み手と受傷側との関係では、左右別では左膝の受傷が多く20名65%であり、両側例が5名見られた。組み手との関係では、左組の左膝の受傷が多く11名36%であった。次いで、右組の左膝が9名29%であった (図2)。

膝関節動揺性は前方が最も多く31名32%で、次いで外反動揺性が7名7%で、後方動揺性は6名6%、内反動揺性は1名1%のみであった。以下最も頻度の多い前方動揺性について詳細を述べると、両膝損傷例がみられるため全体を194膝とすると、ADSは±が23膝、+が19膝、++が5膝で47膝に所見が見られ、Lachman Testでは±が27

膝、+が16膝、++が6膝で合計49膝、Pivot Shift Testでは±が12膝、+が22膝で合計34膝に所見が見られた (図3)。KT1000による膝関節の前方動揺性の計測では、両側損傷例を除き20ポンドでの引き出しによる左右差でみると、1mm以下は31名、2mm以下との合計は54名である。2～3mmの間に16名、3～4mmでは11名、5mm以上の高度の差を示したものは8名であった (図4)。

今回の調査はスポーツ現場での調査であり、X線やMRIなどの補助診断もおこなっておらず、また関節鏡検査による確定診断を行っていないため

60kg以下	3名	30%
65kg以下	5名	46%
71kg以下	2名	12%
78kg以下	14名	74%
86kg以下	1名	9%
95kg以下	3名	23%
95kg以上	3名	21%

図1 動揺性膝関節の体重 (階級別) 別分布 (N: 95)
Fig. 1 Incidence of instability of knee joint by body weight

受傷側	左膝:	20名	65%
	右膝:	6名	19%
	両膝:	5名	16%
	左組-左膝:	11名	36%
	左組-右膝:	2名	7%
	右組-左膝:	9名	29%
	右組-右膝:	4名	13%
	両膝:	5名	16%

図2 組手と受傷側 (N: 31)
Fig. 2 Relation between Kumite and site of injuries

	+/-	+	++
ADS	23	19	5
Lachman test	27	16	6
Pivot shift test	12	22	

図3 前方動揺性検査結果 (N: 194膝)
Fig. 3 Results of examination for anterior instability of knee joint

1mm以下	1	2	3	4	5	6	7mm以上
31	23	16	11	3	3	2	3

(N: 92, 両側例を除く)

図4 KT1000値分布 (左右差、20lb)
Fig. 4 Distribution of values of knee arthrometer (KT1000), (Discrepancy between right and left at 20 lb)

前方動揺性の判定が不確実であるため一つの判定基準を設けた。片側例はLachman Testで+以上、Pivot Shift Test+, KT1000で左右差3mm以上を満たすものとした(図5)。両側例は膝部の外傷歴があり、Lachman Test・Pivot Shift Testとも+以上、KT1000では絶対値で7mm以上を満たすものとした(図6)。

この基準を明らかな前方動揺性所見の見られた31名に当てはめてみると、基準を満たすものは11名であり、これを明らかな前方動揺性のあるA群とし、基準を満たさないものをB群とすると20名となった(図7)。A・B群の選手に傷害膝関節機能を受傷以前のベストの状態を百分率で評価し、また膝関節を傷害する以前の競技能力を100%とし、現在の状態を自己評価させると、A群では膝関節機能の評価は40~85%で、平均69%となり、

1) 徒手膝動揺性検査	
Lachman test	+ ++
Pivot shift test	+
2) KT1000値(左右差、20lb)	
3mm以上	
→1)、2)を共に満たすもの	

図5 明らかな前方動揺性膝関節の基準(片側例)
Fig. 5 Criteria of anterior instability in ipsilateral knee joint

1) 膝関節外傷歴	
2) 徒手膝関節動揺性検査	
Lachman test	+ ++
Pivot shift test	+
3) KT1000値(絶対値、20lb)	
7mm以上	
→1)、2)、3)を共に満たすもの	

図6 明らかな両側動揺性膝関節の基準
Fig. 6 Criteria of anterior instability in bilateral knee joint

	A群	B群
	合基準	非基準
片側例	8/26	18/26
両側例	3/5	2/5
計	11/31	20/31

図7
Fig. 7

競技能力では60~100%で平均88%となった。B群では膝関節機能は60~100%で平均84%であり、競技能力は60~100%の平均92%となった(図8)。

動揺性膝関節の柔道への影響は横への動きに影響を感じるもの7名、再受傷のため練習時間が減少したと答えたもの4名、急な動き・踏み込みが3名ずつ、思いっきりできない・追い足に困るもの2名ずつであった(図9)。また柔道の技への影響では最も影響するものとしては大外刈であり、技をかける場合(攻め技)に影響するもの9名39%、技をかけられた場合(受け)に影響するものが15名65%であった。次いで足払いが攻め技で7名32%、受けで10名44%、大内刈がそれぞれ5名22%であった(図10)。

膝関節動揺性が明らかなA群の11名の、受傷後の戦績推移はその後向上したものの3名、不変のもの

	A群	B群
膝関節機能	40%~85% 平均 69%	60%~100% 平均 84%
柔道競技能力	60%~100% 平均 88%	60%~100% 平均 92%

*受傷前の膝関節機能・競技能力を100%とする

図8 膝関節機能と競技力の自己評価
Fig. 8 Evaluation by themselves for functional capacity of knee joint and sports ability

横への動き	7名
再受傷による練習時間の減少	4名
急な動き	3名
踏み込み	3名
思いっきりできない	2名
追い足	2名

図9 柔道への影響(N:31)
Fig. 9 Influence for performance of Judo

	攻め技	受け
大外刈	9名	15名
足払い	7名	10名
大内刈	5名	5名
体落	3名	1名
背負投	3名	0名

図10 柔道技への影響(N:32)
Fig. 10 Influence for technique of Judo

向 上	3/11
不 変	1/11
低 下	2/11
不 明	4/11

(明らかな前方動揺性膝関節者、A群)

図11 柔道の戦績推移

Fig. 11 Change of results of competition in Judo after injuries

の2名、低下したものの2名、不明のもの4名であった(図11)。

考 察

柔道競技は傷害が多いスポーツであるが、傷害が発生しても自己管理されている場合も少なくなく、また医療機関を受診したとしても重傷例は別として待ち時間が多く、試合スケジュールなどから検査や経過観察に時間を十分とることが難しいのが現状である。治療面においても手術などの外科的治療は競技復帰までに時間がかかるなどの理由で敬遠されることがしばしばである。

今回の検査では、スポーツ現場で手軽にできる徒手的な動揺性検査とKT1000による判定のみではあるが、11名に明らかな膝関節の動揺性が認められた。すなわち一割程度は医学的にかなり重傷な膝関節傷害を持った選手が、傷害関節の代償機能を模索しながらスポーツを行っていることが伺えた。しかし膝関節機能の自己評価および競技能力の自己評価で、いずれも関節機能および競技能力が低下していると感じていても、戦績で見れば必ずしも低下しているとは言えず、このような結果が治療する側と選手との間の溝となっていると思われる。人間の寿命という長い基準で考えることも必要だが、学生という期限が限られる場合もあり、特に学生スポーツはセミプロ的な社会的な面もあり選手個々へのきめ細かい対応が必要と考えられる。

また柔道への影響で見れば、動きの不自由さが

多くあげられ、合わせてみれば約50%以上となる。また傷害の繰り返しによって柔道が行えないものが4名13%前後にあり、このような場合もスポーツを行う時間が極端に少なくなり結果がだせず、関節機能の判断材料も少ないということになり、スポーツ医学的にはむしろ重要な問題と思われた。

ま と め

- 1) 大学柔道選手103名の膝関節動揺性についてスポーツ現場での横断的調査を行った。
- 2) 膝関節の明らかな前方動揺性は11名、約12%程度に認められ、膝関節機能や競技力低下に反して、成績は必ずしも低下しているとは言えなかった。
- 3) 柔道を行う上では、年数回の再受傷による柔道実践時間の減少がむしろ問題と考えられた。

参考文献

- 1) 大森啓司ら、ACL再建後のスポーツ能力、日整会誌、64：s485、1990。
- 2) Ohkoshi Y., etc., Biomechanical Analysis of Rehabilitation in the standing Position, Am J Sports Med 19: 605-611, 1991.
- 3) Cooperman JM, etc., Reliability and Validity of judgments of the Integrity of the Anterior Cruciate Ligament of the Knee Using the Lachman's Test, Phy Ther 70: 225-233, 1990.
- 4) Lephart SM, etc., Relationship Between Selected Physical Characteristics and Functional Capacity in the Anterior Cruciate Ligament-Insufficient Athlete, J Orthop Sports Phys Ther 16: 174-181, 1992.
- 5) 竹内秀樹ら、大学柔道選手を中心とした膝関節から足関節にかけての損傷・障害、臨床スポーツ医学7：4；425-429、1990。

低圧環境下における血中乳酸濃度 4 mMレベルを指標とした持続的 トレーニング負荷強度についての検討

寺尾 保 (スポーツ医学研究所)

中村 豊 (スポーツ医学研究所)

松前 光紀 (医学部脳神経外科)

山下 泰裕 (体育学部武道学科)

張 楠 (医学部生体構造機能系)

三田 信孝 (体育学部社会体育学科)

新居 利広 (体育学部体育学科)

岩垣 丞恒 (体育学部社会体育学科)

佐藤 宣践 (体育学部武道学科)

齋藤 勝 (体育学部体育学科)

Evaluation of endurance training intensity based on the 4mM level
determined by blood lactate concentration
in hypobaric environment

Tamotsu TERAO, Yutaka NAKAMURA,
Mitsunori MATSUMAE, Yasuhiro YAMASHITA,
Nan ZHANG, Nobutaka MITA,
Toshihiro ARAI, Suketsune IWAGAKI,
Nobuyuki SATO, and Masaru SAITO

Abstract

The present study is aimed at demonstrating the evaluation of endurance training intensity based on the 4mM level determined by blood lactate concentration in a hypobaric environment.

The hypobaric chamber was used for experiments at sea level and at 2,000m simulated altitude. Two male long-distance runners performed both the incremental exercise test and the submaximal exercise test at both sea level and at 2,000m simulated altitude. Treadmill speed corresponding to 4mM level during the incremental exercise test at sea level was greater than that during the submaximal exercise test. This result was the same when both tests were performed at 2,000m simulated altitude. Using the speeds to perform the endurance exercise test at sea level, blood lactate concentration closely matched the predicted value (4mmol/l) in the submaximal exercise test. However, blood lactate concentration was higher than the predicted value in the incremental exercise test at sea level, and in both tests at 2,000m simulated altitude.

The results suggest that the intensity of endurance exercise obtained in a hypobaric environment tended to be overestimated when determined through the incremental exercise test. It is thought that a more effective evaluation of endurance training intensity would be provided by conducting the submaximal exercise test in a hypobaric environment, with an exercise time of more than 10minutes.

I. 緒 言

近年、スポーツ選手のための高地トレーニングは、世界的に盛んに行われており、医学的な面から心肺機能の向上、赤血球数およびヘモグロビン濃度の増加、活動毛細血管の増加、筋肉活動内エネルギー代謝の効率化などによる組織への酸素運搬系機能の向上が証明され、これらの効果が平地および高地における競技力向上に関連しているもの²⁾と考えられている。このように高地トレーニングは、特に、陸上競技の長距離選手や水泳選手にとって非常に重要なトレーニングの一つとして定着しつつある。そこで、高地トレーニングを行う場合、標高の違いによって、生体に及ぼす効果も異なってくることが考えられる。通常、高地トレーニングの至適な高度としては、標高2,000m前後^{3,4)}であろうとされている。

一方、この高地でのトレーニングに代わる同等の効果が期待できる方法としては、低圧室を使用して低圧環境下におけるトレーニングがある。このトレーニング方法は、平地にいて標高の高い場所での高地トレーニングと同じ気圧環境、さらには温度および湿度環境を調整してトレーニングが可能である。したがって、スポーツ選手は、海外で高地トレーニング合宿の必要性がなく、さらに、山岳地帯や高原の気象条件に左右される危険性などのマイナス因子を克服し、身近で低圧環境下のトレーニングが行うことができるという利点がある。そこで、実際にスポーツ選手に対する運動能力向上を低圧トレーニングで効果を得るためには、低圧負荷条件、低圧馴化の持続時間、運動負荷強度等の設定が重要になってくる。

従来、持久的トレーニングの運動負荷強度の指標およびトレーニング効果の判定としては、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$) およびLactate Threshold (LT) が数多く用いられている。特に、競技成績との関係からみた報告では、 $\dot{V}O_2\max$ よりもLTとの間でより高い相関関係があること^{5,6)}が示されている。さらに、スポーツ選手の持久的トレーニ

ング負荷強度設定の手段としては、血中乳酸濃度を基準とする試みが開発され、前述のLTの指標の代わりに2 mMに達した時点 (LT₂) および4 mMの血中乳酸濃度に達した時点 (OBLA, onset of blood lactate accumulation) の負荷強度が用いられている。特に、OBLAの負荷強度は、LTと同様に競技成績との関連性が高く、さらに、競技およびトレーニング時の負荷強度ともほぼ一致することから、スポーツ選手を評価するためによく用いられている⁶⁾。

そこで、本研究では、スポーツ選手の競技力向上に応用するための基礎資料を得る目的で、高地トレーニングにおける至適高度を考慮にいれて、低圧室を使用して標高2,000m相当の低圧環境下における血中乳酸濃度4 mMレベルから求めた持久的トレーニングの負荷強度設定がスポーツ選手に適用するかを検討した。

II. 実験方法

1. 対象者

東海大学の陸上部に所属するスポーツ選手2名 (H. Y.とT. T.、男子、年齢19歳) を被験者とした。いずれも長距離選手であり、日頃から持久的トレーニングを行っているものである。

2. 環境条件

海面および低圧環境下の測定は、東海大学スポーツ医学研究所に設置されている低圧 (高地トレーニング) 室を使用した。本研究は、海面レベル (sea-level, 760mmHg)、低圧環境下として2,000mに相当する高度 (596mmHg) にそれぞれ調整して行った。なお、低圧室内は、CO₂濃度の上昇を防止するために、強制換気を行うとともに、環境温度を20℃、相対湿度を60%に保持するように環境制御を行った。各高度 (海面レベル、2,000m相当の高度) に到達後、約30分間の安静状態を保持し、その後、準備体操を十分に行ってから運動を開始させた。

3. 運動負荷方法

1) トレッドミル漸増負荷テスト

漸増負荷テスト (I) は、低圧室を用い、標高が海面レベル (760mmHg) と標高2,000mの気圧状態 (596mmHg) の2つの環境条件で実施した。この漸増負荷テストの方法としては、まずトレッドミルの傾斜角を0%として、8 km/hのランニング速度で2分間のウォーミングアップを行い、その後2分毎に傾斜角を3%ずつ増加させ、運動開始6分後からは、傾斜角を6%に固定してランニング速度を2分毎に1 km/hずつ増加させ疲労困憊にまで至らせた。

漸増負荷中、各2分間のランニングの終了時に指先から微量採血して血中乳酸濃度を測定した。

2) トレッドミル一定負荷テスト

一定負荷テスト (II) も漸増負荷テストと同様に海面レベルと2,000mレベルの2つの環境条件で行った。このテスト方法は、海面レベルが11km/h、12km/h、13km/hおよび14km/hの4速度条件、低圧環境下が10km/h、11km/h、12km/hおよび13km/hの4速度で、それぞれ10分間のランニングを行わせた。各運動の間には、10分間の休息时间を入れた。

血中乳酸濃度は、各10分間のランニング終了直後に指先から微量の採血を行って測定した。

4. 乳酸4 mMレベルの判定

漸増負荷テストおよび一定負荷テストの血中乳酸4 mMレベルの判定は、トレッドミル速度に対して血中乳酸濃度をプロットして、乳酸濃度が4 mmol/lに相当する速度を内挿法にて算出した。

5. 乳酸4 mMレベルにおける持続的トレーニング負荷強度の妥当性の検討

本研究では、各環境条件で各負荷テストで得られた4 mMレベルに相当するランニング速度で20分間の持久走を負荷して、その時の血中乳酸濃度の変動を検討することとした。

6. 測定項目および測定方法

血中乳酸濃度の測定は、glucose/lactate analyzer 2300 STAT (米国Yellow Springs Institute社製) によって行った。

III. 実験結果

1. 海面レベルにおける血中乳酸濃度とランニング速度の関係

海面レベルにおける血中乳酸濃度とランニング速度との関係を図1に示した。漸増負荷テストにおける乳酸4 mMレベルのランニング速度は、H. Y.が13.6km/h、T. T.が13.1km/hであった。一方、一定負荷テストにおける乳酸4 mMレベルのランニング速度では、H. Y.が13.2km/h、T. T.が12.4km/hとなった。両被験者とも乳酸4 mMレベルのランニング速度は、漸増負荷テスト時より

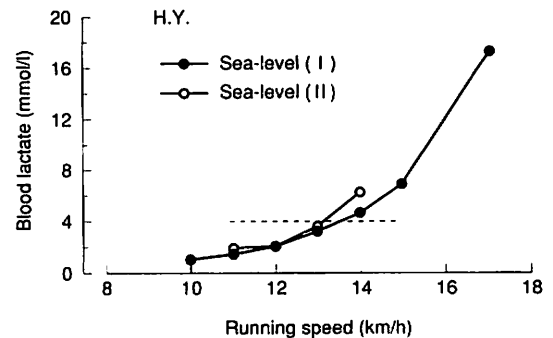
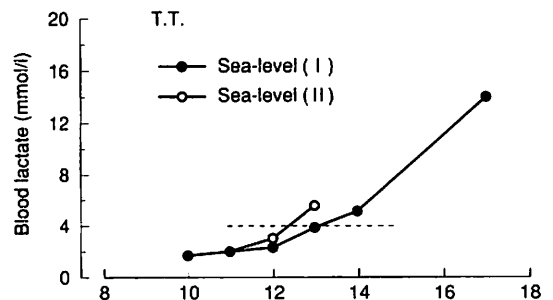


図1 海面レベルにおける血中乳酸濃度とランニング速度との関係

Fig. 1 Relationship between blood lactate concentration and running speed at sea level. (I): the incremental exercise test, (II): the submaximal exercise test.

も一定負荷テストの方が多少低い傾向を示した。

2. 標高2,000m相当の低圧環境下における血中乳酸濃度とランニング速度の関係

図2は、高度2,000mにおける血中乳酸濃度とランニング速度との関係を示した。漸増負荷テストにおける乳酸4 mMレベルのランニング速度は、H. Y.が13.0km/h、T. T.が12.2km/hとなった。一方、一定負荷テストでは、H. Y.が12.2km/h、T. T.が11.3km/hであった。両被験者とも漸増負荷テストに比較して、一定負荷テストの方が著明に低値を示した。さらに、高度2,000mの時が漸増負荷テストおよび一定負荷テストとも海面レベルの時と比較して、ランニング速度が低い時点で血中乳酸濃度の急激な増加が認められた。

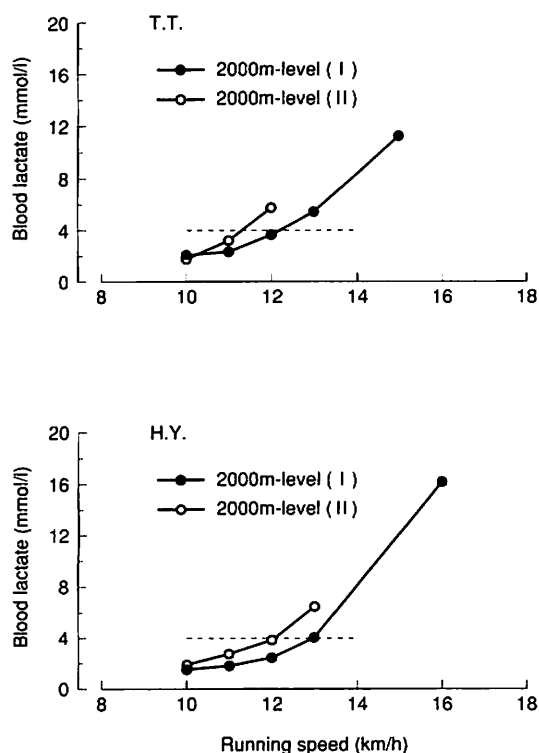


図2 標高2,000m相当の低圧環境下における血中乳酸濃度とランニング速度との関係

Fig. 2 Relationship between blood lactate concentration and running speed during hypobaric chamber in 2,000m simulated altitude. (I): the incremental exercise test, (II): the submaximal exercise test.

3. 海面レベルにおける乳酸4 mMレベルに相当する持続的トレーニング負荷強度に対する血中乳酸濃度の変動

図3には、海面レベルにおける漸増負荷テストおよび一定負荷テストで得られた乳酸4 mMレベルに相当する負荷強度を用いて、20分間のトレッドミルランニングを行った時の血中乳酸濃度の変動を示した。漸増負荷テストで得られた負荷強度では、血中乳酸濃度の定常状態がみられず、運動中に上昇傾向を示し、T. T.においては20分間の運動を持続することができなかった。一方、一定負荷テストで得られた負荷強度では、血中乳酸濃度が両被験者とも運動開始5~10分でほぼ4 mMレベルに達し、以後、運動中はこのレベルを維持していた。

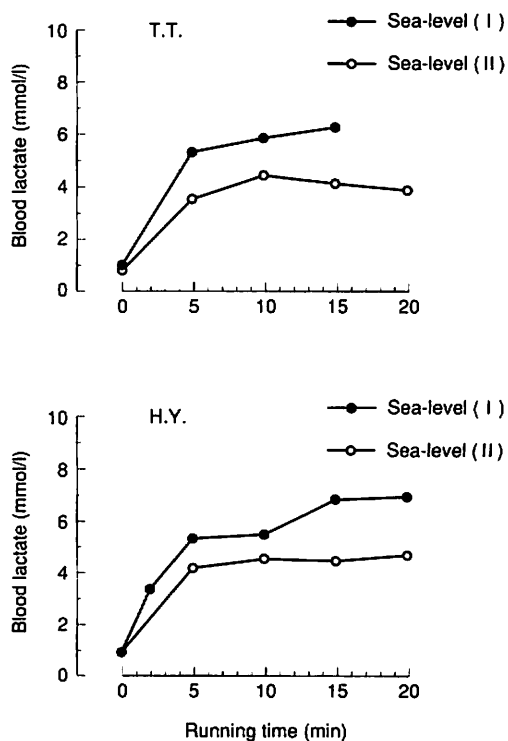


図3 海面レベルにおける乳酸4 mMレベルの持続的トレーニング負荷強度に対する血中乳酸濃度の変動

Fig. 3 Changes of blood lactate concentration during endurance training intensities based on the 4mM level determined by blood lactate concentration at sea level. (I): the incremental exercise test, (II): the submaximal exercise test.

4. 標高2,000m相当の低圧環境下における乳酸4 mMレベルに相当する持続的トレーニング負荷強度に対する血中乳酸濃度の変動

高度2,000mレベルにおける漸増負荷テストおよび一定負荷テストで得られた乳酸4 mMレベルの負荷強度を用いて、20分間のトレッドミルランニングを行った時の血中乳酸濃度の変動を図4に示した。漸増負荷テストで得られた負荷強度では、運動中、著明な血中乳酸濃度の上昇がみられ、両被験者とも10分前後で疲労困憊状態となり、運動を中止させた。次に、一定負荷テストでも両被験者において血中乳酸濃度の定常状態が見られず、H. Y.では、予測値(4 mmol/l)を大きく上回る結果となり、15分で運動持続が不可能となった。

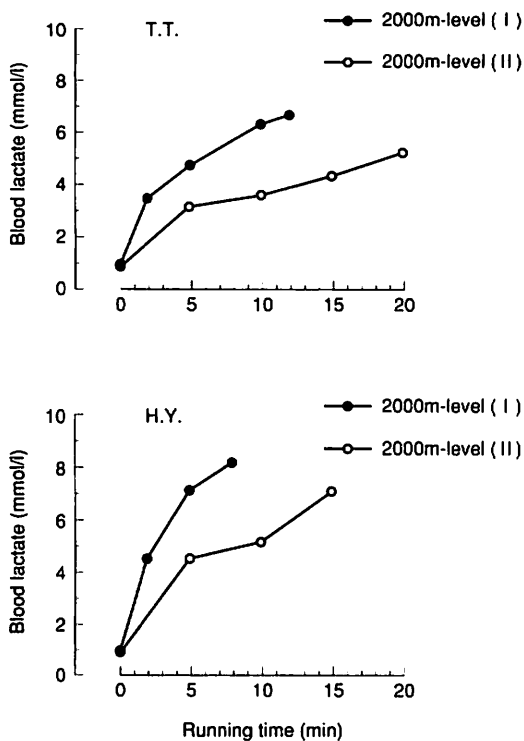


図4 標高2,000m相当の低圧環境下における乳酸4 mMレベルの持続的トレーニング負荷強度に対する血中乳酸濃度の変動

Fig. 4 Changes of blood lactate concentration during endurance training intensities based on the 4mM level determined by blood lactate concentration during hypobaric chamber in 2,000m simulated altitude. (I): the incremental exercise test, (II): the sub-maximal exercise test.

IV. 考 察

本研究では、スポーツ選手の競技力向上に応用するための基礎資料を得る目的で、低圧室を使用して低圧環境下における漸増負荷テストおよび異なる最大下運動による一定負荷テストにおいて、それぞれの血中乳酸濃度4 mMレベルから求めた持続的トレーニングの負荷強度設定がスポーツ選手にとって実際にどの程度の生体負担度になっているかを検討した。

海面レベルにおける血中乳酸濃度とランニング速度との関係では、漸増負荷テストの場合と、一定負荷テストの場合とでは、血中乳酸の応答が異なり、漸増負荷テストのように負荷強度を数分毎に漸増した場合には乳酸の増加する負荷強度が遅れることが認められた。その結果、漸増負荷テストにおける乳酸4 mMレベルのトレッドミル速度は、一定負荷テスト時よりも高い値を示した。従来、血中乳酸濃度を基準としたLT₁、LT₂およびOBLAの測定方法は、トレッドミルあるいは自転車エルゴメータを用いた漸増負荷テストによるものが一般的である。さらに、この漸増負荷テストでは、同一負荷の持続時間が1分^{4,14)}、2分¹³⁾、3分^{7,10)}、4分¹⁵⁾、5分⁷⁾、さらには10分⁶⁾などと種々であるが、測定の簡便さを考慮すると2~3分毎の漸増負荷が多く用いられている。しかし、運動に対する乳酸の産生速度と除去速度が時間的に異なっていることから、漸増負荷テストにおける同一負荷の持続時間、さらには負荷強度の漸増の大きさによって血中乳酸濃度の増加パターンが変動することが考えられた。したがって、本研究の漸増負荷テストで得られた4 mMレベルの負荷強度は、必ずしも一定負荷テストの4 mMの負荷強度と一致しないのは当然の結果であろう。

そこで、海面レベルにおける乳酸4 mMレベルでのランニング時における血中乳酸濃度の変動は、一定負荷テストの場合が両被験者とも運動開始5~10分ではほぼ4 mMレベルに達し、以後、運動終了後までこのレベルを維持していたのに対し

て、漸増負荷テストの方では定常状態がみられず、運動中に上昇傾向を示した。StegmannとKindermann¹³⁾も2分毎の漸増負荷方法より得られた乳酸4 mMレベルのランニング速度で実際に被験者を走らせた場合、ほとんどが血中乳酸濃度の定常状態が得られず、20分前後で運動の中止に至ったことを報告している。本研究でも同様の結果が得られた。したがって、数分毎の漸増負荷で求めた乳酸4 mMレベルの運動強度は、相対的に過大評価する結果となることが考えられた。トレッドミル漸増負荷テストから乳酸4 mMレベルの負荷を推定するときには漸増負荷時間を考慮する必要のあることが示唆された。さらに、血中乳酸濃度を指標とした負荷強度の設定には、競技種目も関連してくることから、小林¹⁴⁾は、長距離・マラソン選手に対しては6~10分間ランニングを用いる方法を推奨している。この方法は、従来の2~3分間の漸増法よりも時間がかかり、非効率的な面もあるが、実際の競技との関連がよくとらえられているものと示唆している。Brooks³⁾は、血中乳酸濃度が乳酸の産生と除去とのバランスの上に成り立っていることを報告している。したがって、本研究の一定負荷テストで得られた乳酸4 mMレベルでの運動は、漸増負荷テスト時よりも乳酸の産生と除去のバランスが維持されていたことが示唆されよう。

次に、高度2,000mレベルにおける血中乳酸濃度とランニング速度との関係では、海面レベル時に比較して、漸増負荷テストおよび一定負荷テストとも低速度から乳酸濃度の急激な上昇が認められた。さらに、乳酸4 mMレベルのランニング速度は、漸増負荷テストと一定負荷テストとの間の差が海面レベル時よりも大きくなる傾向を示した。低圧環境下において持久的運動を行うことは、海面レベルでの運動時に比較して、相対的運動強度が高くなり組織細胞への低酸素状態を一層増強することとなる。低酸素状態で運動を行うと筋中および血中乳酸濃度の増加すること¹⁶⁾が報告されている。低酸素下運動における乳酸の増加する理由としては、低酸素環境では筋中NADHの増

加、NADの減少がみられることから、低酸素下運動における乳酸の増加はミトコンドリア内のNADの低酸素と運動負荷の両者の相乗的効果による減少に起因している¹⁾と考えられている。また、筋中にADP、Piの増加がみられ、解糖の調節酵素を促進させて、解糖作用を速めるフィールドバック機構が働き、その結果、ピルビン酸濃度が上昇すること¹⁶⁾によるものと考えられている。いずれにしてもピルビン酸、あるいはNADHの増加は、解糖作用が促進されて乳酸の増加がみられることになる。したがって、LT、LT₂およびOBLAは、低酸素濃度に依存して移行する。

そこで、海面レベル時と同様にこれらの負荷強度は、実際に乳酸4 mMレベルを維持できるかどうかを検討した。その結果、漸増負荷テストで得られた負荷強度では、著明な血中乳酸濃度の上昇がみられ、両被験者とも10分前後で疲労困憊に至った。したがって、漸増負荷テストで得られた運動では、海面レベル時よりもさらに過大評価する傾向にあったことが考えられる。さらに、一定負荷テストでも両被験者において血中乳酸濃度の定常状態がみられず、1名の被験者では、予測値をはるかに上まわり、15分で運動を中止させた。この一定負荷テストの結果は、海面レベル時と異なっていた。したがって、乳酸の産生と除去のバランスは、海面レベルの運動よりも乳酸産生が除去能力を上まり、運動の持続時間とともに急速に上昇するようになったことが考えられる。低圧環境下の一定負荷テストは、漸増負荷テストと同様に過大評価する傾向があったと考えられる。この過大評価を解消するには、持続時間の延長(例えば、15分間、あるいは20分間)を考慮する必要があることが示唆されよう。さらに、本研究における乳酸濃度の変動から低圧室を使用した低圧環境下のトレーニングは、生体にとって極めてハードなトレーニングとなり、環境条件および運動強度の設定が不十分である場合には効果とともにオーバートレーニングの危険性のあることが考えられた。

以上、本研究の成績から、2,000m相当の低圧

環境下における乳酸4 mMレベルを指標とした持久的トレーニング負荷強度の設定には、数分毎に徐々に負荷強度を増加するような漸増負荷テストでは過大評価する傾向にあることが考えられた。この過大評価を解消するには、一定負荷テストを用い、持続時間を考慮にいれて運動強度を3~4回変えて運動を行い、それぞれの運動後の血中乳酸濃度を測定して乳酸4 mMレベルの運動強度を推定することで、より有効な持久的トレーニング負荷強度の設定を得ることになると考えられた。

V. ま と め

本研究は、スポーツ選手の競技力向上に応用するための基礎資料を得る目的で、低圧室を使用して標高2,000m相当の低圧環境下における血中乳酸濃度4 mMレベルから求めた持久的トレーニングの負荷強度設定がスポーツ選手にどのように適用できるかを検討した。

その成績を示すと次のごとくである。

- 1) 海面レベルにおける血中乳酸濃度とランニング速度との関係は、乳酸4 mMレベルのランニング速度が漸増負荷テスト時よりも一定負荷テスト時の方が低い傾向を示した。
- 2) 標高2,000m相当の低圧環境下における血中乳酸濃度とランニング速度との関係は、漸増負荷テストおよび一定負荷テストとも海面レベル時と比較して、ランニング速度が低い時点で血中乳酸濃度の急激な増加が認められた。乳酸4 mMレベルのランニング速度は、漸増負荷テストと比較して、一定負荷テストの方が著明に低値を示した。
- 3) 海面レベルにおける乳酸4 mMレベルの持久的トレーニング負荷強度に対する血中乳酸濃度の変動は、漸増負荷テストで得られた負荷強度では乳酸の定常状態がみられず、運動中に上昇傾向を示し、1名は20分間の運動を維持することができなかった。一定負荷テストで得られた負荷強度では、運動中、ほぼ4 mMレベルを維持していた。

4) 標高2,000m相当の低圧環境下における乳酸4 mMレベルの持久的トレーニング負荷強度に対する血中乳酸濃度の変動は、漸増負荷テストで得られた負荷強度では著明な血中乳酸濃度の上昇がみられ、10分前後で疲労困憊状態となり、運動を中止した。一定負荷テストでも血中乳酸濃度の定常状態がみられず、1名は予測値を大きく上回る結果となり、15分で運動持続が不可能となった。

以上、本研究の成績から、2,000m相当の低圧環境下における4 mMレベルの持久的トレーニング負荷強度の設定は、漸増負荷テストでは過大評価する傾向にあることが考えられた。この過大評価を解消するには、一定負荷テストを取り入れ、持続時間を考慮にいれて運動強度を3~4回変えて運動を行い、それぞれの運動終了後の血中乳酸濃度を測定して4 mMレベルの運動強度を推定することで、より有効な持久的トレーニング負荷強度の設定が得られることになると考えられた。

参考文献

- 1) 浅野勝己、鮮千攝、松坂晃、平木場浩二、永井純、河岡稔和：中・長距離走者の高所順応トレーニングの作業能に及ぼす影響に関する研究、筑波大学体育科学系紀要、9：195-202、1986。
- 2) 浅野勝己：高地トレーニングの基礎 —その生理学的効果について—、臨床スポーツ医学、8：585-592、1991。
- 3) Brooks, G. A.: Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17 : 22-31, 1985.
- 4) Davis, J. A., Caiozzo, V. J., Lamarra, N., Ellis, J. F., Vandagriff, R., Prietto, C. A., and McMaster, W. C.: Does the gas exchange anaerobic threshold occur at a fixed blood lactate concentration of 2 or 4mM? *Int. J. Sports Med.* 4 : 89-93, 1983.
- 5) Hagberg, J. M., and Coyle, E. F.: Physiological determinations of endurance performance as studied in competitive racewalkers. *Med. Sci. Sports Exer.* 15 : 287-289, 1983.
- 6) Hagberg, J. M.: Physiological implications of the lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 5

- (Suppl.): 106-109, 1984.
- 7) Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., and Hollmann, W.: Justification of the $4\text{-mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6: 117-130, 1985.
 - 8) 伊藤静夫、黒田善雄、塚越克己、雨宮輝也、金子敬二、原孝子：スポーツ選手のATに関する研究—第5報—各種スポーツ選手のLTについて—、平成元年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、1-12、1989。
 - 9) 川原貴：日本陸連での取り組み —長距離・マラソンの高地トレーニング—、臨床スポーツ医学、8：598-606、1991。
 - 10) Kindermann, W., Simon, G., and Kuel, J.: The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 42: 25-34, 1970.
 - 11) 小林寛道：スポーツマンのためのコンディショニング⑨ 乳酸性作業閾値 (LT) によるコンディショニング、指導者のためのスポーツジャーナル、168：6-10、1994。
 - 12) 小林寛道：スポーツマンのためのコンディショニング⑩ 体力トレーニングの立場から、指導者のためのスポーツジャーナル、171：10-14、1994。
 - 13) Stegmann, H., and Kindermann, W.: Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of $4\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. *Int. J. Sports Med.* 3: 105-110, 1982.
 - 14) 吉田敬義、竹内直文、須田吉廣：血中乳酸濃度を指標とした持久力トレーニング負荷強度の検討、デサントスポーツ科学、4：196-203、1983。
 - 15) Yoshida, T.: A comparison of lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during two kinds of duration of incremental exercise. *Ann. Physiol. Anthropol.* 5：211-216, 1986.
 - 16) 吉田敬義：anaerobic thresholdについて、臨床スポーツ医学、9：729-743、1992。

スポーツによる骨軟骨障害発生に 関する実験的研究

—関節端組織のせん断損傷に対する成熟度の影響—

菊川久夫 (医学部整形外科学)

戸松泰介 (医学部整形外科学)

中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

福田宏明 (医学部整形外科学)

康井義明 (工学部動力機械工学科)

Experimental study of cartilage-bone injuries in sports

—The difference of destruction at articular end of the pigs with maturity—

Hisao KIKUGAWA, Taisuke TOMATSU,
Yutaka NAKAMURA, Hiroaki FUKUDA,
and Yoshiaki YASUI

Abstract

In order to explain the age difference in shearing injuries of the articular bone-cartilage in sports, shear strength of the bone-cartilage junction and subchondral cancellous bone from the pig patello-femoral joint was investigated along with histological observation in fractured specimens. The strength of different layers in the adult pigs increased in order of the tensile strength for articular cartilage, the shear strength for bone-cartilage junction, and subchondral cancellous bone. The young pigs showed structural weakness of bone-cartilage junction and cancellous bone. The difference of the mechanical properties of cartilage, bone-cartilage junction, and cancellous bone in articular end, with maturity, causes the different type of bone-cartilage injuries such as osteochondritis dissecans, osteochondral fracture and chondromalacia in the young, and osteoarthritis in adults.

はじめに

若年者に見られる関節軟骨障害は、スポーツ能力の低下や選手生命を脅かすだけでなく、引退後に関節症などの障害が現れ、日常生活に支障をきたすとも限らない。

臨床的には幼若関節は、成人のそれと比較して、スポーツなどで損傷を受けやすく、関節端部

の損傷形態は成人に比べ明らかな相違が認められる。関節端部は表面が関節軟骨で覆われ、その最深層は石灰化し、軟骨下骨へと連続的に移行している。この多層構造は、表面から深層に向かうにしたがって、軟らかい軟骨から次第に硬い骨組織へと変化している。そのため各層の機械的特性の変化は、外力による損傷形態をより複雑にしている。特に、骨軟骨接合部では著しく機械的特性が異なるため、関節軟骨に加わった外力はこの境界

に集中し、破壊を起こしやすい構造上の弱点の一つとなっている。

スポーツで生ずる骨軟骨外傷はしばしば若年者に見られ、骨軟骨骨折、離断性骨軟骨炎、軟骨軟化症など多彩な病像を呈すが、成人では比較的少なく、多くが関節症類似的な関節軟骨障害であり、若年者と対照的である。

我々はその原因が関節軟骨、軟骨下骨、骨軟骨接合部のせん断外力に対する機械的特性の相違が関与するものと考え、成熟度による骨軟骨接合部近傍組織の機械的特性を調べ、関節端部の破壊形態の検討を行った。

材料および方法²⁾

本実験では、生後2～3年、体重約300kgの成熟ブタ、および生後約6ヶ月、体重約110kgの幼若ブタの膝蓋大腿関節大腿骨関節面を用いた。屠殺後-30℃で冷凍保存し、実験当日これらを室温で解冻後、ダイヤモンドカッタを用い、関節面より横断面が約5mm×5mmの正四角柱の骨軟骨複合体を作成し試料とした(図1(a))。特製の固定治具²⁾に試料を保持し、肉眼的に骨と軟骨の境界部分(以下接合部)の軟骨側(図1(b))および接合部の約2mm下部の海綿骨(図1(c))に先端が約0.5Rの圧子により、支持端から荷重点(圧子先端)まで約1mmに保ち、横断面をせん断する方向へ負荷を行った。これらにより得られた負荷-変位曲線における最大荷重値を試験片の横断面積で除した値をせん断強度として評価した。また、関節軟骨の引張試験は、関節面より海綿骨付きで幅5mmの試験片を採取し、特製の偏心ローラ²⁾に両端の骨片を固定後、破断に至るまで負荷した(図2)。試験片の伸び量は、表面にマーキングした標点の距離を、断面積については矩形と仮定し、それぞれCCDカメラを用いた非接触画像解析システムにより計測し、ひずみ量を求めた。いずれの試験においても力学試験装置にはインストロン材料試験機を用い、クロスヘッドスピードを10mm/minに設定して行った。破断後

の骨軟骨試験片は、ホルマリン固定後、光顕標本を作製し、HE染色を施行し、破壊形態の観察を行った。

結 果

骨軟骨移行部における破壊の部位は、成熟ブタと幼若ブタとで明らかな相違が認められ、成熟ブタで、実験を行った15試料のうち13例(86.7%)と、ほとんどがタイドマークを中心とする石灰化軟骨層上部において生じていた(図3(a))。また、少数ではあるが軟骨下骨板上部での破壊が2

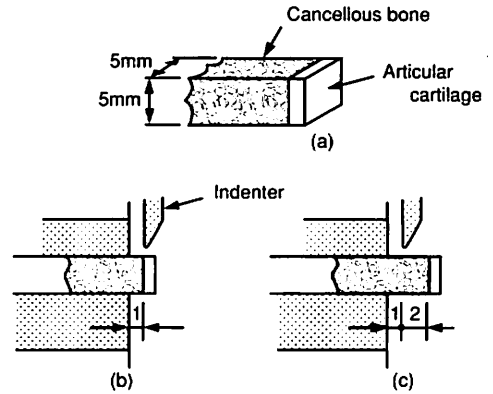


図1 骨軟骨接合部および海綿骨のせん断試験法。(a) 骨軟骨試験片。(b) 骨軟骨接合部のせん断試験。(c) 海綿骨のせん断試験。
Fig. 1 Test method of shear strength for bone-cartilage junction and cancellous bone. (a) Bone-cartilage specimen. (b) Shear test of bone-cartilage junction. (c) Shear test of cancellous bone.

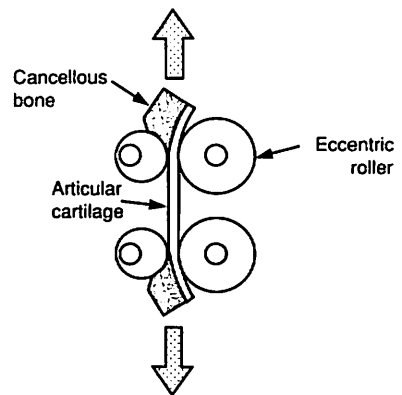
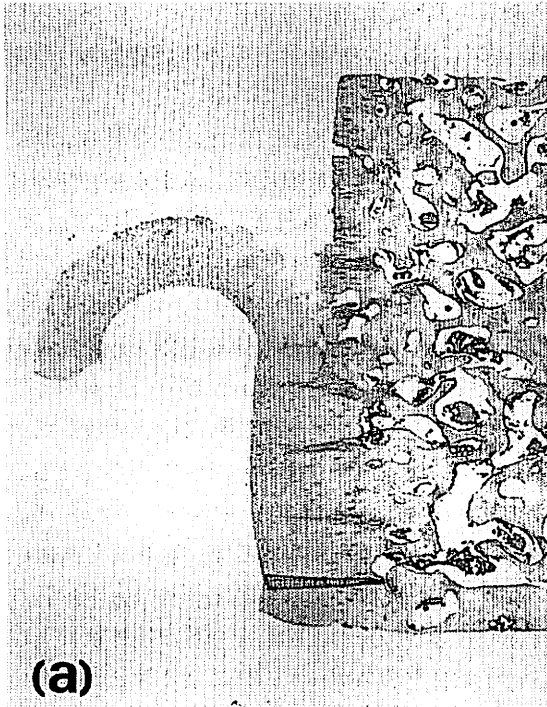


図2 関節軟骨の引張試験法。
Fig. 2 Tensile test method of articular cartilage.



例 (13.3%) で認められた (図 3 (b))。破断強度値については、タイドマーク部損傷例が $6.0 \pm 1.8 \text{MPa}$ 、軟骨下骨板上部破断例がわずか 2 例ではあるが平均で 8.7MPa とタイドマークに比べ高値であった。幼若ブタでは、17 試料全例が軟骨下骨板上部で破壊を生じ (図 4)、強度値は $2.1 \pm 0.7 \text{MPa}$ であった。移行部における破壊の部位は異なるものの、これらを成熟ブタのタイドマークでの強度と比較すると、成熟ブタが幼若ブタの約 3 倍であった。海綿骨のせん断強度は、成熟ブタが幼若ブタの約 2.4 倍 ($p < 0.001$) 高値を示した。また、関節軟骨の引張強度は、幼若ブタが成熟ブタの約 2 倍 ($p < 0.001$) であった。破断ひずみについては、非接触システムにて計測し得た各 5 例に対して、成熟ブタが $11.7 \pm 1.8\%$ 、幼若ブタで $23.3 \pm 6.0\%$ と幼若ブタが約 2 倍 ($p < 0.001$) 高値を示した。移行部および海綿骨のせん断強度と軟骨の引張強度を比較すると、成熟ブタでは軟骨、移行部 (タイドマーク)、海綿骨と関節面から深

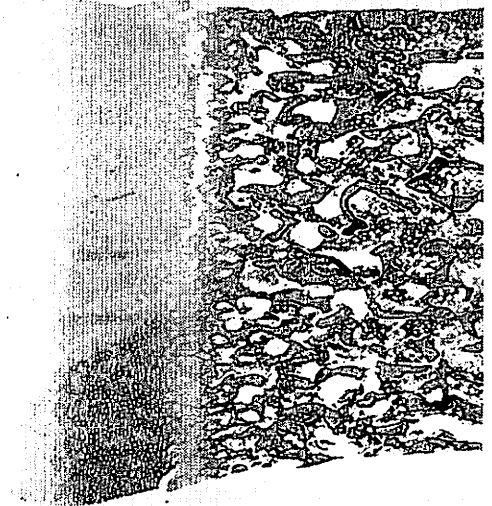
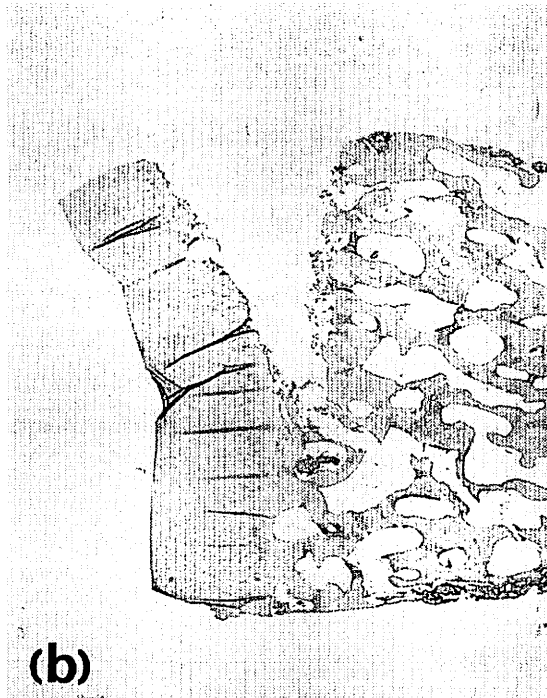


図 3 破断後の骨軟骨試験片 (HE染色、40倍)。(a) 成熟ブタ試験片のタイドマークでの破壊。(b) 成熟ブタ試験片の軟骨下骨板上部での破壊。

Fig. 3 Light micrograph of bone-cartilage specimen after shear test (haematoxylin and eosin, X40). (a) Fracture at tidemark in adult pigs. (b) Fracture at upper part of subchondral plate in adult pigs.

図 4 破断後の骨軟骨試験片 (HE染色、40倍)。幼若ブタ試験片の軟骨下骨板上部での破壊。

Fig. 4 Light micrograph of bone-cartilage specimen after shear test (haematoxylin and eosin, X40). Fracture at upper part of subchondral plate in young pigs.

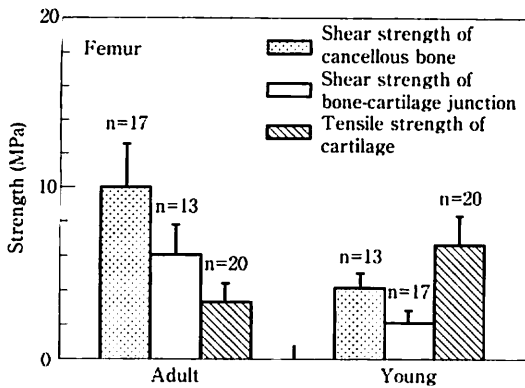


図5 成熟度による関節端部組織各層の強度の比較。
Fig. 5 Comparison of strength for various components in adult and young.

部に行くに従い強度値は大きくなり、これに対し幼若ブタでは、移行部（軟骨下骨板上部）、海綿骨、軟骨の順で大きくなっていった（図5）。

考 察

本実験における骨軟骨接合部でのせん断強度は、軟骨側に、関節面に対し平行な方向に負荷を加えて、移行部の弱点よりせん断はく離を生じさせたときの強度であり、海綿骨についてもせん断応力に加え曲げ応力を伴った破壊と考えた方が厳密であると思われる。しかし、本実験は臨床で見られる関節のせん断外傷の状況をよく模したものであり、研究の目的に対して有効な実験設定と考える。

戸松らは、スポーツ選手のように、日常的に異常肢位を繰り返したり、捻挫に類した小外傷を受ける場合や、外傷後の関節に不安定性がある場合など、関節軟骨には圧縮力だけでなく、異常方向のせん断力が加わり、これらが関節面に対し損傷的に働くとして述べている^{3),5)}。

以上のような原因から関節面にせん断力が加わる時、移行部および海綿骨にはせん断応力が、表面の軟骨には引張応力が支配的に働くものと予想される。図5における軟骨、移行部および海綿骨の強度を成熟度により比較すると、成熟ブタでは強度の低い関節面の軟骨から最初に損傷を生じやすく、強度が高く、破壊までに大きなひずみを伴

う軟骨を関節面に有する幼若ブタでは、むしろ骨軟骨移行部あるいは軟骨下骨の閉鎖型損傷^{1),4)}を生じやすいことを示唆している。

我々の実験で得られた、軟骨、移行部および海綿骨の相対的強度の成熟度による相違を実際のスポーツ外傷で見られる骨軟骨損傷と対比すれば、幼若ブタでの移行部のせん断強度の弱さから生じるであろう閉鎖型損傷は、臨床における若年者の離断性骨軟骨炎と類似した損傷であり、より浅い軟骨層で生ずれば軟骨軟化症と類似したものと予想される。一方、成熟ブタでは関節軟骨の引張強度が弱く、最大破断ひずみも小さいため、関節表面の軟骨に wear and tear によるとされる関節症の病像に近い障害が生じやすいと考えられる。

以上より、成熟度による関節端部の力学的弱点部位の相違が、変形性関節症や離断性骨軟骨炎など、年齢特有のスポーツ外傷による骨軟骨病変発生に影響する因子と考えられる。

ま と め

1. せん断負荷による骨軟骨移行部の破壊は、成熟ブタではタイドマークを中心とする石灰化軟骨層上部で多く認められ、幼若ブタでは軟骨下骨板上部での破壊であった。
2. 関節軟骨、骨軟骨移行部および軟骨下骨海綿骨各層における相対的な機械的特性の成熟度による相違は、変形性関節症や離断性骨軟骨炎など、年齢特有のスポーツ外傷に起因した骨軟骨病変発生に影響するものと考えられる。

本研究は、1995年度東海大学医学部研究助成金による援助を受けて行ったことを付記する。

参考文献

- 1) 赤坂理ほか：関節骨軟骨破壊における接線方向荷重の影響—関節骨軟骨の成熟度による相違—、日整会誌、67, S1256, 1993.
- 2) 菊川久夫ほか：成熟度がブタ膝蓋大腿関節骨軟骨の生体力学的特性に及ぼす影響、日本臨床バイオメカニクス学会誌、Vol.16, 331-336, 1995.

- 3) 戸松泰介ほか：繰り返し接線方向荷重による関節骨軟骨の障害、整形外科バイオメカニクス、Vol.12 : 387-390, 1990.
- 4) Tomatsu T. et al.: Experimentally produced fractures of articular cartilage and bone, J. Bone

Joint Surg., 74-B, 457-462, 1992.

- 5) 戸松泰介ほか：スポーツによる関節軟骨障害に関する基礎的研究—剪断荷重の影響—、東海大学スポーツ医科学雑誌、第5号、66-70, 1993.

メタセコイアの新鮮な葉に含まれる フラボノイド類の単離と化学構造

加藤鉄二 (工学研究科工業化学専攻) 本間隆夫 (工学部工業化学科)

Isolation and chemical structure of flavonoids from the fresh leaves of
Metasequoia glyptostroboides

Tetsuji KATOU and Takao HOMMA

Abstract

In this study, the methanolic extract from the fresh leaves of *Metasequoia glyptostroboides* was resolved by cellulose column chromatography and Sephadex LH-20 column chromatography, and one of the flavonoids was isolated.

The flavonoid was presumed to be Quercitrin on the basis of UV spectrum and ^1H -, ^{13}C -NMR.

1 緒 論

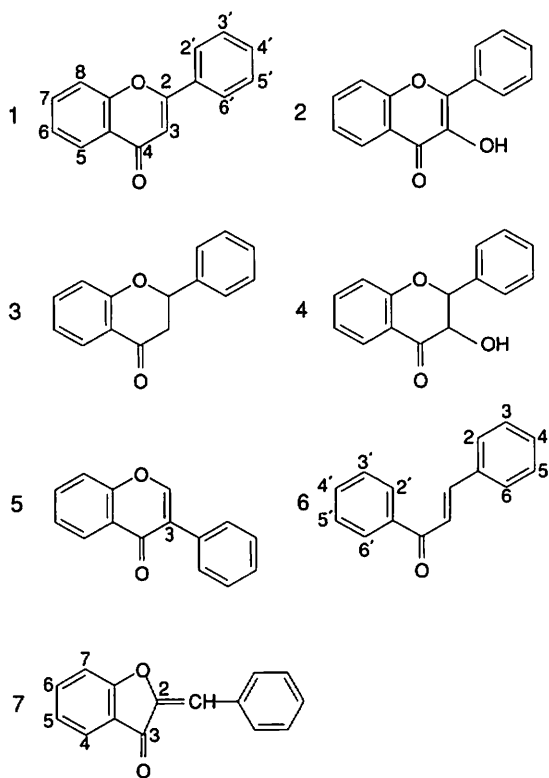
植物二次代謝産物のフラボノイドは、図1に示すように2個のベンゼン環(A環、B環)が C_5 -unitによって結合する C_6 - C_3 - C_6 の基本骨格を有するものをいう。 C_6 部分の構造は各フラボノイドによって異なり、A環に結合する酸素官能基の酸素と六員環またはオーロンなどの五員環のヘテロ環すなわちpyran環、 γ -pyrone環、pyrylium環などを形成する場合と、カルコンのようにopen chainのままの場合があり、それぞれについて酸化度が異なり、フラボノールの酸化度が最も高く、カテキン、ジヒドロカルコン最も低い¹⁾。

フラボノイドの植物における生理的役割についていくつかの仮説が提唱されている。例えば花粉の授受にあずかる昆虫をひきつけるのに役立っているという説は、フラボノール類は340~380nm

に強い吸収があり、この波長は人間には感じられないが昆虫にとっては可視部にあることは知られている。また同じ植物でも生育場所により、とくに標高差によって水酸基の数が異なるフラボノイドが含まれることが知られており、このことは光合成におけるフラボノイドの役割や、紫外線による核酸の分解防御との関連を予想させる。

本研究で用いたメタセコイアは、和名アケボノスギといいスギ科の落葉高木である。大きなものは高さ35m、胸高直径2~3mに達する。葉身は縦型、15~20mm、鈍頭、基部に関節があり、上面は緑色、無毛、中肋はへこみ、下面は中肋が突出し、その両側に4~6列の毛孔がある。

また白亜期の化石から、小枝、毬果、種子などが報告されている。三木茂博士はこれをスピッツベルゲンで採集された化石*Sequoia disticha* O.Heerと同定し、別属と考えて*Metasequoia disticha* (O.Heer) Mikiとして1941年発表した。



1. Flavone 2. Flavonol 3. Flavanone
4. Flavanonol 5. Isoflavone 6. Chalcone
7. Aurone

図1 フラボノイド類の構造

Fig. 1 Skeletons and numbering schemes for the classes of flavonoids

これは *Metasequoia glyptostroboides* He Cheng と同じものと思われる²⁾。

メタセコイアに含まれるフラボノイドについては沢田らにより落葉からHinokifravon³⁾、高橋らにより乾燥させたQuercitrin⁴⁾、S. Bechmannらにより落葉からApigenin、Luteolin、Kaempferol など⁵⁾ 報告されている。

本稿では、メタセコイアの新鮮な葉に含まれるフラボノイドを単離し、その化学構造推定をしたので報告する。

2 実験操作

2-1 使用した分析機器および化学薬品

1) 分析機器：紫外線ランプ (Model UVGL-15 25 5,366nm)、自記分光光度計 (190~500nm、

島津製作所MPS-2000)、高速液体クロマトグラフィー (島津製作所、LC-9A, RID-6A, Shin-pach CLC-ODS 6.0φ mm×0.15m)

2) 化学薬品：アビセル微結晶セルロース薄層プレート (フナコシ株式会社 FC-2020)、カラム用アビセル微結晶セルロース (フナコシ株式会社)、Sephadex LH-20 (Pharmacia)、メタノール、1-ブタノール、ヘキサン、酢酸、ナトリウムメトキシド、塩酸 (和光純薬工業株式会社 試薬特級)、ホウ酸 (関東化学株式会社 試薬特級)、水は脱イオン蒸留水を使用

2-2 実験材料

メタセコイア：1993年5月26日、東海大学湘南校舎内に植樹されているメタセコイアの新鮮な葉14.5kgを採取し、ただちにメタノール42kgに浸漬して、約2週間色素類を抽出した。

2-3 フラボノイド類の抽出操作

操作2-2で得られたメタノール抽出液を、夾雑物の除去のためセライトろ過し、ヘキサン抽出洗浄後、メタノール層を減圧濃縮、水-1-ブタノール抽出法を行った。得られたブタノール層を二次元薄層クロマトグラフィーでフラボノイドの確認を行った。

2-4 フラボノイド類の単離操作

ブタノール層を減圧濃縮乾固後、操作2-3で述べた二次元TLCの結果を参考に15%酢酸で溶出部を分離し、セルロースカラムクロマトグラフィーで単離を試みた。15%酢酸を展開溶媒とすると分画操作の過程でフラクシヨナンバー65~100のフラクション内に沈殿物が生じこれらをすべて回収した。この沈殿物420mgを、再度水を展開溶媒とするセルロースカラムで、さらにその溶出液を減圧濃縮乾固しメタノール溶液に変え、メタノールを展開溶媒とするSephadex LH-20カラムで分離し、フラボノイドの一種を単離した。単離したフラボノイドをMF-1と仮称した。MF-1を50%メタノールで再結晶し、黄色結晶57.5mgを得た。

2-5 フラボノイド配糖体(MF-1)の加水分解

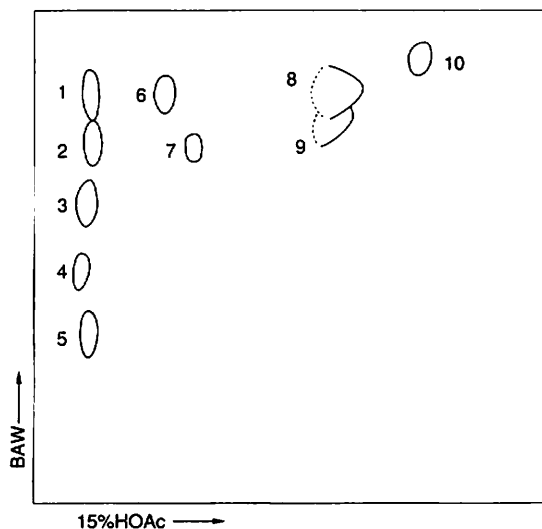
MF-1メタノール溶液に2N塩酸を加え、加熱還流を行った。冷却後、溶液を減圧凝縮乾固させ水で洗浄し、水に難溶、メタノールに易溶の結晶が得られた。

3 結果と考察

操作2-2で行った二次元薄層クロマトグラフィーの結果を図2に、またそのRf値と色調を表1に示した。

図2に示したように10個のクロマトスポットが認められ、表1に示したように各クロマトグラムスポットのUV下での色調とアンモニア蒸気下での色調より9種類のフラボノイドを確認した。これらのフラボノイド類の中で顕著なクロマトスポットナンバー8の単離を試みた。

単離したMF-1は、二次元薄層クロマトグラフィー、Rf値と色調によりクロマトスポットナンバ



BAW: 1-butanol / acetic acid / water (4:1:2, v/v)
15%HOAc: acetic acid / water (85:15, 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 from the fresh leaves of *Metasequoia glyptostroboides*

ー8と確認した

図3にMF-1のメタノール溶液のUV吸収スペクトルを示した。これはフラボノイド特有の吸収曲線をしており、348.9nm吸収極大をもつことからMF-1基本骨格はフラボノールと推定した。

またMF-1およびアグリコンのメタノール溶液と各シフト剤によるUV吸収スペクトルデータを表2に示す。シナモイル系のB環に由来するUV吸収を示す長波長側の吸収極大をBand I、ベンゾイル系のA環に由来するUV吸収を示す短波長側の吸収極大をBand IIと呼称する。シフト剤としてナトリウムメトキシド (NaOMe)、酢酸ナトリウム (NaOAc)、ホウ酸 (H₃BO₃)、塩化アルミニウム (AlCl₃)、塩酸 (HCl) を使用した。

NaOMeをMF-1のメタノール溶液に添加した

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 colour detected on two-dimensional thin-layer chromatogram

	BAW Rf値	15%HOAc Rf値	UV下	NH ₃ 蒸気 可視下	NH ₃ 蒸気 UV下
1	0.81	0.03	黄	黄	黄
2	0.71	0.03	紫	黄	紫
3	0.58	0	黄	黄	黄
4	0.43	0	黄	黄	明黄
5	0.30	0.03	黄	無	黄
6	0.82	0.16	紫	黄	薄緑
7	0.71	0.23	紫	黄	明黄
8	0.88	0.54	濃紫	黄	暗黄
9	0.81	0.52	紫	黄	黄
10	0.90	0.71	白青	無	明青

BAW: 1-butanol / acetic acid / water (4:1:2, v/v)
15%HOAc: acetic acid / water (85:15, v/v)

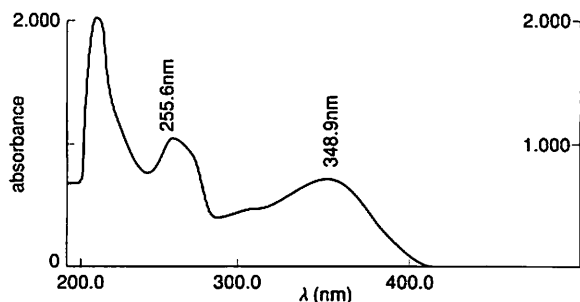


図3 MF-1のMeOH溶液のUV吸収スペクトル
Fig. 3 UV spectrum of the methanolic solution of MF-1

表2 仮称MF-2のUV吸収スペクトルのデータ
Table 2 UV spectral data of MF-1 and MF-1 Aglycone

	λ_{max} (nm)					
	MeOH	NaOMe	NaOAc +H ₂ BO ₃	NaOAc	AlCl ₃	AlCl ₃ +HCl
MF-1						
Band II	255.5 265sh 300sh	270.0	266.4	260.1	273.1 305sh	269.9 300sh 350.9
Band I	348.9	323.0 394.6	320sh 364.1	295sh 367.4	427.8	396.6
MF-1 アグリコン						
Band II	255.5 270sh 303.3	245sh	273.9 328.5	259.5 295sh	271.0 305sh	265.1 300sh 360.1
Band I	369.9	323.4	392.5	383.7	451.6	422.0

MeOH: メタノール

NaOMe: ナトリウムメトキシド

NaOAc: 酢酸ナトリウム

とき、Band Iが35.7nm長波長側へ移動したことから4'-位に水酸基が存在すると推定した。

NaOAcをMF-1のメタノール溶液に添加したとき、Band IIが10.8nm長波長側へ移動したことから7-位に水酸基の存在を推定し、NaOAcとH₃BO₃を添加したときにメタノール溶液と比べBand Iが長波長側へ移動したことからB環中に隣接する水酸基が存在すると推定した。

AlCl₃をMF-1のメタノール溶液に添加したとき、Band Iが78.9nm長波長側へ移動、さらにHClを添加してBand Iがメタノール溶液のそれと比べ、長波長側への移動が残ることから3'-、4'-位に隣接水酸基が存在すると推定した。またBand IIも同様にAlCl₃とHClの添加で長波長側への移動が残ることから、3-位または5-位のいずれかあるいは両方に水酸基が存在すると推定した。

アグリコンについても同様の推定ができ、フラボノール骨格の5-、7-、3'-および4'-位に水酸基が存在すると推定した。

以上の結果および¹H-、¹³C-NMRの結果から以下のように考察した。MF-1の母核はフラボノール類の一種であるケルセチン(5, 7, 3', 4'-テトラヒドロキシフラボノール)、または結合糖を α -ラムノースと推定し、MF-1は、ケルセチンの3-位と α -ラムノースの1-位がO-結合したケルシトリン(ケルセチン-3-O- α -ラムノシド)と推定した。

4 まとめ

- ①メタノール抽出液に含まれるフラボノイド類は、二次元薄層クロマトグラフィーにより9種類のフラボノイド類を確認した。
- ②配糖体と思われるクロマトスポットNo. 8を単離し、フラボノイド類の一種、ケルシトリン(ケルセチン-3-O- α -ラムノシド)と推定した。
- ③残りの8種類のフラボノイド類については、現在単離精製を継続中である。

参考文献

- 1) 北村四郎、村田源 原色日本植物図鑑・木本編II 保育社
- 2) 斎藤清明 メタセコイア 中央公論社刊
- 3) T.KARIYONE et al., J.Pharmac. soc. Japan (Yakugakuzassi) 78 801 (1958)
- 4) T.SAWADA., J.Pharmac. soc. Japan (Yakugakuzassi) 78 1023 (1958)
- 5) III.Mitteilung Inhalessffe von Metasequoia glyptostroboides II. Mitteilung : S. Beckmann and H.Geiger, Phytochem. 7, 1667 (1968)

ベニバナ組織細胞の暗所および 明所での誘導と培養細胞に含まれる フラボノイド類の単離および化学構造

廣瀬伸次 (工学研究科工業化学専攻) 本間隆夫 (工学部工業化学科)

Isolation and chemical structure of flavonoids from the callus of safflower
(*Carthamus tinctorius* L.)

Shinzi HIROSE and Takao HOMMA

Abstract

In this study, an attempt was made to produce flavonoids by means of tissue culture using the callus induced from the apical cell of the safflower seedlings. Flavonoids were not formed in the callus induced in the dark, but formation of five flavonoids were confirmed in the callus induced in the light. Flavonoid among these, one was isolated by cellulose column chromatography and sephadex LH-20. The isolated flavonoid was identified to be an authentic quercetin (5, 7, 3', 4'-tetrahydroxyflavonol) by using TLC, HPLC and UV/VIS spectra.

1. はじめに

近年、培養工学、遺伝子工学および細胞工学の発展で、植物組織培養により有用2次代謝産物の生産について数種の報告がある。フラボノイド類を例に用いると、パセリからクエルセチン、ケンベロール、ルテオリンおよびアピゲニン。ヒヨコマメからクエルセチンおよびケンベロール、ステビアからルチンなどが植物組織培養から生産可能である¹⁾。植物組織培養では、ヤグルマギクから得た培養細胞を用いた研究で、光によってフラボノイド生合成関連酵素であるPAL、CHS、CHFI (図1)の活性が誘導または増加することが確認され、このうちPAL、CHFIは暗所でも活性はわ

ずかに見られるが、光照射後活性が急激に増加する。CHSは暗所での活性は検出限界以下であり、光照射によってその活性が誘導されることが報告されている²⁾。パセリにおいて酵素レベル、遺伝子レベルで研究が進められ³⁾、プロモーター領域を形質転換植物により解析する研究で、特にカルコンシンターゼは光照射により誘導・促進されることが報告されている⁴⁾。

ベニバナ (*Carthamus tinctorius* L.) のフラボノイド類に関する研究は古くから多く報告されているが、ベニバナの花弁の色素に関する研究が主で、種子発芽体を材料とした研究では、1994年本間等の研究報告により10種のフラボノイド類が確認され、クエルセチン-7-O-グリコシド、ルテオリン-7-O-D-グリコシドの2種類の単離に成功

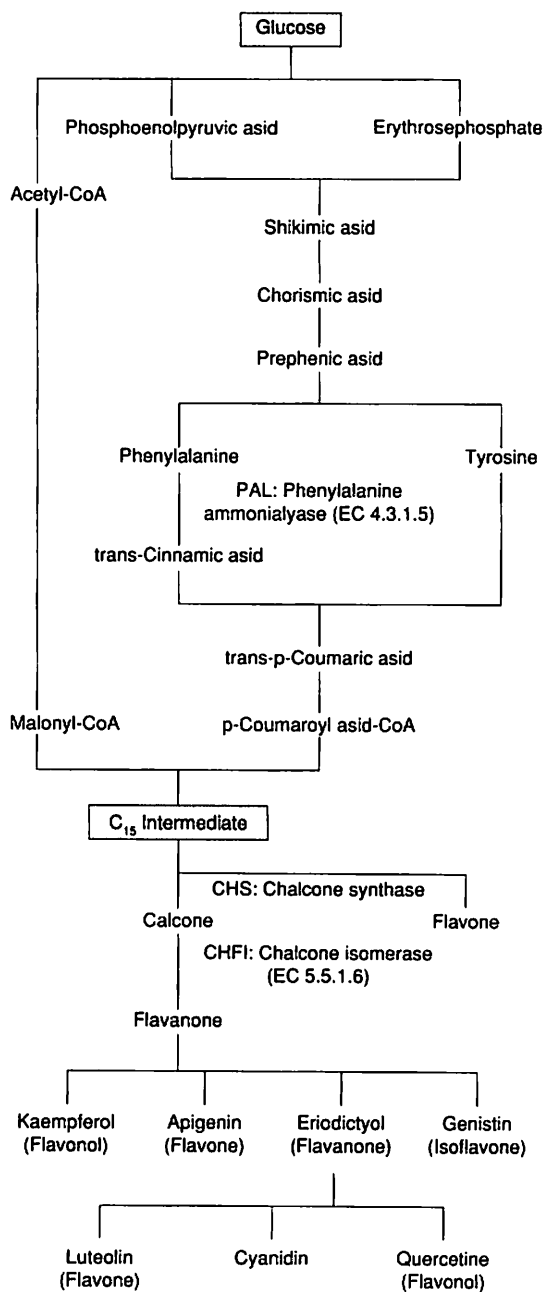


図1 フラボノイド類の生合成
Fig. 1 Biosynthetic pathways to the flavonoids

している⁵⁾。ベニバナの植物組織培養については、2段階培養法によるカルタミンの生産の研究がされているのみであり、赤色細胞が得られたことが報告されている⁶⁾。

本研究では、ベニバナ種子発芽体の成長点部分

を用い、植物組織培養によって暗所および明所での植物組織細胞の増加を検討し、植物組織細胞からフラボノイド類を抽出し、単離・精製およびその化学構造推定を目的とした。

2. 実験方法

2-1 使用した分析機器および化学薬品

1) ベニバナ種子発芽体：国産最上ベニバナ種子（山形県日東農産種苗）を一昼夜水道流水に浸漬した後、消毒済みパーミキュライト上に播種し、保温器内（暗所30℃）で発芽生育させ、約5 cm程度に成長した発芽体を得た。得られた種子発芽体は、1%オスバン液に5分間、20%ビュラックス液で5分間それぞれ浸漬・攪拌した後、クリーンベンチ内で70%エタノールに2～3秒間、滅菌水で2回洗浄滅菌した。

2) 分析機器：紫外線ランプ [Model UVGL-15 255, 366nm]、可視・紫外分光光度計 [190～500nm、島津製作所MPS-2000]、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-ODS 6.0φ mm×0.15m]

3) 化学薬品：MS培地（硝酸アンモニウム、エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム（二水和物）、硫酸亜鉛（七水和物）、モリブデン酸ナトリウム（二水和物）、塩化コバルト（六水和物）、チアミン塩酸塩、ニコチン酸 [SIGMA Chemical Company 試薬特級]、硝酸カリウム、塩化カルシウム（二水和物）、硫酸第一鉄（七水和物）、ホウ酸、硫酸第一銅（七水和物） [関東化学株式会社 試薬1級]、硫酸マンガン（四水和物）、りん酸二水素カリウム [和光純薬工業株式会社 試薬特級]、硫酸マンガン [光山薬品工業株式会社 試薬一級]、ヨウ化カリウム [有限会社宮崎商店 試薬一級]、グリシン [ナカライテスク株式会社 試薬特級]、6-ベンジルアデニン-3-β-D-グルコシド、蔗糖、寒天末（植物培地用 [和光純薬工業株式会社 試薬特級]）、エタノール、ナトリウムメトキシド、塩酸、塩化アルミニウム [和光純薬工

業株式会社 試薬一級]、次亜塩素酸ナトリウム (有効塩素 5%) [SIGMA Chemical Company 試薬特級]、オスバン液 [日本製薬株式会社]、1-ナフタレン酢酸 [関東化学株式会社 試薬特級]、微結晶セルロース薄層プレート (TLC) [フナコシ株式会社]、カラム用微結晶セルロース [フナコシ株式会社]、Sephadex LH-20 [Pharmacia]、メタノール、1-ブタノール、ヘキサンおよび酢酸は試薬一級品を蒸留し、水は脱イオン蒸留水を使用した。

2-2 暗所による組織細胞の誘導および増殖

カルスの誘導は、滅菌操作を行った種子発芽体の茎頂部分を取り出し、平板培地に植え付けを行った。使用した培地成分はMS培地 (蔗糖30g/l 寒天10g/l 28℃) を基本培地とし、植物ホルモンの検定を行ったところ、6-ベンジルアデニン-3-β-D-グルコシドを 3 μM 加えた培地でカルスの誘導、継代培養および液体振盪培養で、細胞の増殖が確認された。

2-3 フラボノイド類の抽出、分離

フラボノイド類の抽出は、液体振盪培養で得られた植物組織細胞をメタノールに10日間浸漬した後、メタノール抽出液をセライト濾過し、濾液を減圧濃縮後、ヘキサンで抽出洗浄を行った。ついでヘキサンおよびメタノールを減圧濃縮により完全に除去した後、1-ブタノール抽出を2回行い、1-ブタノール層と水層に分離した。

2-4 明所による組織細胞の誘導と増殖

ベニバナ種子発芽体は発芽した後、明所において約5cmに育成させた他は滅菌法と共に2-1の1)と同様の方法で行った。カルスの誘導は、得られた発芽体の茎頂部分をMS培地 (蔗糖30g/l 寒天10g/l 28℃) を基本培地とし、6-ベンジルアデニン-3-β-D-グルコシドを 3 μM 加えた平板培地で行った。その後の継代培養は明所に移動し、同様の基本培地で植物ホルモンの検定により6-ベンジルアデニン-3-β-D-グルコシドを 5 μM、1-

ナフタレン酢酸を加えた培地10 μM加えた培地に行い、76.67gの培養細胞を得た。

フラボノイド類の検出は、2-3と同様の操作を行った。

2-5 フラボノイドの単離、精製

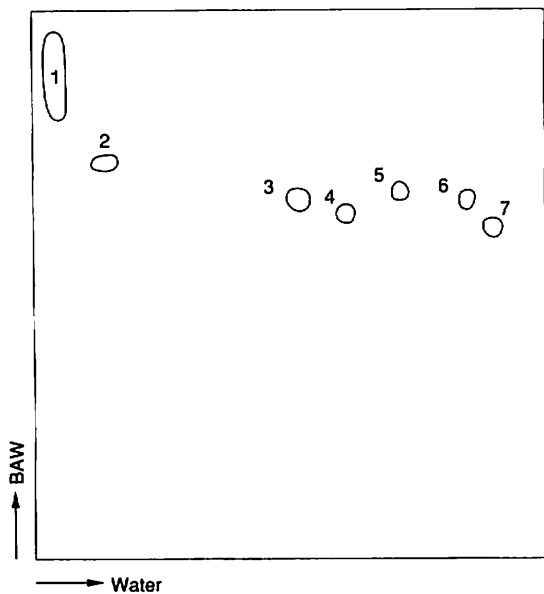
図3のクロマトグラムスポットNo.3は、水で展開するとRf値が原点から移動せず、UV下およびUV/NH₃下での呈色からフラボノイドアグリコンと推定した。ベニバナのフラボノイド類は、配糖体について報告されているが、アグリコンの状態では単離されていない。この点に注目し、以下の分離操作を行った。まずベニバナ明所植物組織細胞抽出液1-ブタノール層をセルロースカラム [展開溶媒 水] に展開し、スポットNo.1,2および3を収集し、ついでセルロースカラム [展開溶媒 1-ブタノール/酢酸/水 (4+1+5 v/v) の上層] で展開し、スポットNo.1を取り除いた。スポットNo.2と3はセルロースカラム [展開溶媒 1-ブタノール/酢酸/水 (4+1+2 v/v)] で分画した。最後に、Sephadex LH-20カラム [展開溶媒 メタノール] を用いたゲル濾過を行い、得られた淡黄色結晶をSCF-1と仮称した。

3. 結果および考察

3-1 組織細胞抽出液中のフラボノイド類の検索

操作2-3で得られた暗所によるベニバナ組織細胞抽出液1-ブタノール層の2次元TLCは、図2に示したように7個のクロマトグラムスポットが確認され、各スポットのRf値および呈色を表1に示した。しかし7個のクロマトグラムスポットはフラボノイド類特有の呈色を示さず、フラボノイド類は確認されなかった。

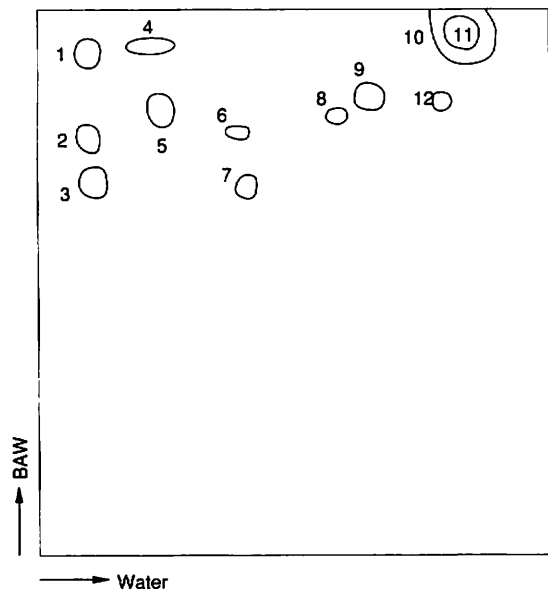
操作2-4で得られた明所によるベニバナ組織細胞抽出液1-ブタノール層の2次元TLCは、図3に示したように12個のクロマトグラムスポットが確認され、各スポットのRf値および呈色を表2に示した。フラボノイド類と推定される呈色を示したクロマトグラムスポットは、No.2,3,4,7



BAW: 1-ブタノール/酢酸/水(4+1+5, v/v)の上層

図2 ベニバナ暗所組織細胞1-ブタノール抽出液の2次元薄層クロマトグラム

Fig. 2 Two-dimensional thin layer chromatogram prepared by using crude 1-buthanol extracts of the callus induced in the dark



BAW: 1-ブタノール/酢酸/水(4+1+5, v/v)の上層

図3 ベニバナ明所組織細胞1-ブタノール抽出液の2次元薄層クロマトグラム

Fig. 3 Two-dimensional thin layer chromatogram prepared by using crude 1-buthanol extracts of the callus induced in the light

および11であった。

3-2 SCF-1の構造推定

得られたSCF-1は、UV吸収スペクトル測定により構造推定を行った。SCF-1のUV吸収と各シフト剤による吸収極大値を表3に示した。メタノール溶液中の吸収極大値は、255.5、371.2nmであり、450nm以上に吸収をもたない。これは一般のフラボノイド骨格をもち、B環を含むシナノ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2つの吸収極大値をもつことに一致する。SCF-1は展開溶媒が水においてRf値が0なの

表1 ベニバナ暗所組織細胞抽出液1-ブタノール層のTLCスポットのRf値と呈色

Table 1 Rf-value and colours detected on TLC of crude 1-buthanol extracts of the callus induced in the dark

TLCスポット No.	Rf値		呈色	
	BAW	W	UV	UV/NH ₃
1	0.83	0.00	黄色	黄色
2	0.71	0.10	緑色	緑色
3	0.60	0.47	青色	青色
4	0.56	0.56	暗紫色	暗紫色
5	0.62	0.66	青色	青色
6	0.56	0.80	暗紫色	暗紫色
7	0.53	0.85	暗紫色	暗紫色

BAW: 1-ブタノール/酢酸/水(4+1+5, v/v)の上層

W: 水

UV: 紫外線(366nm)

表2 ベニバナ明所組織細胞抽出液1-ブタノール層のTLCスポットのRf値と呈色

Table 2 Rf-value and colours detected on TLC of crude 1-buthanol extracts of the callus induced in the light

TLCスポット No.	Rf値		呈色	
	BAW	W	UV	UV/NH ₃
1	0.89	0.00	黄色	黄色
2	0.71	0.00	青色	黄色
3	0.66	0.00	薄黄色	黄色
4	0.89	0.16	青色	緑色
5	0.78	0.16	紫色	緑色
6	0.73	0.32	紫色	紫色
7	0.61	0.33	無色	黄色
8	0.75	0.52	紫色	緑色
9	0.80	0.59	緑色	緑色
10	0.92	0.79	黄色	黄色
11	0.91	0.79	青色	緑色
12	0.78	0.75	緑色	緑色

BAW: 1-ブタノール/酢酸/水(4+1+5, v/v)の上層

W: 水

UV: 紫外線(366nm)

表3 SCF-1およびクエルセチン標品のUV吸収スペクトルデータ

Table 3 UV spectral data of SCF-1 and authentic quercetin

吸収ピーク	λ_{max} (nm)					
	MeOH	NaOMe	NaOAc	NaOAc +H ₂ BO ₃	AlCl ₃	AlCl ₃ +HCl
SCF-1						
Band II	255.5 270sh 294.0	243sh	255sh 274.1 329.2	259.9 290sh 384.7	271.3 330sh 454.6	266.0 305sh 362.1 426.7
Band I	371.2	330.1	392.2			
quercetin						
Band II	255 269sh 301sh	247sh	257sh 274 329	261 303sh 388	272 304 333 458	265 301sh 359 428
Band I	370	321	390			

MeOH: メタノール

NaOMe: ナトリウムメトキシド

NaOAc: 酢酸ナトリウム

で、アグリコンであると推定される。

メタノール溶液中でのBand Iが371.2nm (352~385nm)に現れたので、フラボン骨格の3位的位置に水酸基が存在するフラボノール骨格と推定される。シフト剤添加時の吸収極大値の移動は、塩化アルミニウムを添加したときBand Iに長波長シフトが見られたことから3位または5位もしくはその両方に水酸基の存在が予想され、さらに塩酸を添加すると305nmにショルダーが出現することからB環上に隣接水酸基の存在が推定される。

酢酸ナトリウムを添加するとBand IIに20nmの長波長シフトが現れることからB環上の3'位、4'位およびA環上の7位に水酸基の存在が推定される²⁾。

以上の結果から考察してSCF-1は、フラボノール類の1種であるクエルセチン(5, 7, 3', 4'-Tetrahydroxyflavonol)と推定し、標品のUV吸収スペクトルデータ、TLCおよびHPLCとの比較により確認した²⁾。

3-3 まとめ

フラボノイド生合成は、光により誘導・促進されることが報告されている²⁾。ペニバナ組織細胞を用いた本実験結果より、ペニバナ組織細胞内でのフラボノイド生合成についての次の3つの点を明らかにした。

- ① 暗所で生育させた組織培養細胞の抽出液には、フラボノイド類は確認できなかった。
- ② 明所で生育させた組織培養細胞の抽出液では、フラボノイド類と推定できる5つのクロマトグラムスポットを確認した。
- ③ 2-5で述べた単離操作によって、1種を単離しSCF-1と仮称した。仮称SCF-1はUV吸収スペクトルおよびシフト剤による極大吸収の移動度から、quercetinと推定し、標品との比較により確認した。

参考文献

- 1) 田中秀夫、高山真策、真野佳博、林 隆久および猪口雅彦『植物細胞工学』、株式会社オーム社、1992
- 2) 武田幸作編『化学と生物』、Vol. 31、No. 9、p. 563、1993
- 3) Hauffe K. D., Hahlbrock K. and Scheel D., Z. Naturforsch., 41c, 228, 1986
- 4) Kaulen H., Scheel J. and Kreuzaler F., The EMBO journal, vol. 5, no. 1, 1986
- 5) 本間隆夫、博士論文『フラボノイド配糖体に関する生物化学的研究』、1994
- 6) Wakayama S., Kusaka K. and Kanehira T., Z. Naturforsch., 49c, 1-5, 1994
- 7) Mabry T. J., Markham K. R. and Thomas M. B., [The systematic identification of flavonoids], 1970

Sports

Essay

スポーツエッセイ

荻原公世
井上義雄
豊田 正



イラスト 東 恵子

自転車ミーハー50年のつぶやき

学生相談室

荻原 公世

学会で数日留守をしている間に、K先生の筆跡で「専門分野からみたスポーツについて」の執筆依頼メモがあった。生来の物臭から、お断りする理由を考えるよりは、書くほうが楽かなとお引受けした次第である。

私の日常の仕事は「学生相談」である。そのためか、教職員の方々から相談を持ちかけられたり、あるいはちょっとご意見をなど求められることがある。内容はご自身のことであったり、ご家族のことであったりと多種多様である。しかし整理してみると、心身の健康に係わるものが、圧倒的に多いのである。

おりしも、秋の健康診断のシーズンのたけなわ。誰彼によく話しかけられるが、大抵は健康診断を受けない理由の話である。共通していることは検査を受けて、「ひっかかるのが怖い」、つまりはなんらかの疾病につながるようなことが分かることを恐れているように感じ取れる。

仮にA先生としよう。大学での定期健康診断を、ここ数年受けていない。理由は「ひっかかるのが怖い」である。B先生、起床するとすぐにコンピューターの電源を入れ、メールを読む。授業や学生指導にあたり、その間にもコンピューターをのぞく。帰宅後も大学をあとにしてからのメールを読む。車通勤で学内の移動も巡回バスか、自分で運転する。数日を経ずして、両先生とも成人病の初期症状で検査入院をしたとのことであった。

スポーツサービスセンター（SSC）で、用具の貸出やさまざまな企画をおこなっている。ジャズダンス、ゴルフ、スキー教室、'95年4月には15号館1階でのフィットネスセンターでの「フィットネス」、プールでのスキューバダイ

Essay

ピングの教室が開催された。私自身もこのうちのつか二つに参加した。外見上は参加したほとんどの人が普通以下の太り具合であった。

一方、学生相談室でも、学生教職員を対象にしたグループ活動を主催したが、スリムな人がほとんどであった。

履修相談の中で、以外にあるのが「体育の授業に出たくない」「履修してはいけないのか」ということである。慢性疾患があるとか、小学校以来体育の授業を見学してきたなどひとしきり熱弁をふるう。

そんなとき、本学の創設者である松前重義先生の「汝の体くを養え」の話をする。また、さまざまな分野で活躍し、功績をたてている大家が目白押し。そういう先生方から学べるチャンスであると話すと、目がキラキラと輝いてくる。

自転車に乗り始めて50年が過ぎようとしている。そんなある日、静岡・伊豆修善寺のサイクルスポーツセンターで自転車の走り方を習う機会があった。ハンドルやブレーキの操作、坂道の走り方などなどであった。ちょっとしたことであったが、安全でしかも肩ひじに疲れが出ない乗り方になった。このことは私自身の夢の実現へ近づく一歩になった。

また、かなづちであった私が、M先生の助言を得て汗と涙の年月を経て、クロールを50mをとにかく泳ぎきることができた。つい数日前のことである。もちろん参加賞のメダルは大事に部屋に飾ってある。

どうひいき目にみても、「スポーツ」とはいえないミーハー的な楽しみ方をしている。また、スポーツ医科学研究所の活動をほとんど知らないことをよいことに、ミーハー的な視点と、上述したようなことをふまえて次のようなことを夢みた。

一つに、「運動プログラム」の提供と、効果の測定が受けられること。楽しく・気軽に・継続的に、そして健康診断が心待ちになるようなプログラムであること。さらには、S・S・C企画との有機的な連携があればと思う。

二つに、仮称「スポーツ博物館」の設置を提案したい。常設とイベントに分けてなんて考えて、ミーハー的に私の参加賞も展示してもらうなんて大胆発言。体育ざらいの学生も減少するだろうし、本学に入学した喜びと誇りが持てるのではないだろうか。

また、卒業生や地域の人々にも、新たな喜びをもたらす。これぞまさにスポーツの効用ではないかと考えられる。

Essay

私の苦手なスポーツ歴

教養学部生活学科

井上 義雄

私は小さい頃からスポーツが苦手であった。小学生の頃、運動会が苦痛であった。それは徒競争があったからである。徒競争は全員参加で、必ず走らなければならない。順番が来るまで腰を屈めて待っている。段々、胸が高まっていくのが分かる。「位置について!」「用意!」「ドン!」一斉に走り出す。団子になって我先にと走るので密集状態になる。ここから先が何ともいえないほど辛かった。密集状態で走りにくく、つまずきそうになるので先にいきいたい人に道を譲ってしまうのである。人より先に走ったことがないので、必ず道を譲る結果になり、必然的に1着、2着、3着になれなかった。この人達はそれぞれの旗の下に並んでいて、徒競争が終わると校長先生から賞品をいただいた。しかし、私は賞品をいただくどころか、競争が終わるとすぐに退場するということがずーっと続いた。どうしたら速く走ることが出来るのか幼心に考えたことを昨日のここのように覚えている。答えはわからない。ただ、走っているときのスッー、ハッハーという呼吸のリズムにあわせて顔の筋肉が妙に上下に揺れていたことを思い出すだけである。

走ることが駄目なら水泳はというとこれもまったく駄目で、泳げない。小学校、中学校と水泳の時間があったが泳ぐことが出来なかった。もっとも、このようにしたら泳げるようになりますよといった指導を受けたこともなかったように思う。高校に入って、夏休みに水泳の講座があった。全く泳げない人も親切に教えてくれた。まず、平泳ぎの形を教わった。両手を耳の脇につけて背伸びをし、そのまま両手を漕ぐようにしながらかくと同時に膝を曲げる。それか

Essay

ら勢いよく背伸びをする。この指導方法にはとても感心した。自分が泳いでいるような感じにさえなった。家に帰ってきてでも練習した。そのおかげで1週間で25mを平泳ぎで泳げるようになった。言葉では言い表せないほど感激したことを覚えている。自分には出来ないだろうと考えていた「運動」が他の人と同じようにできるのだ！ 大袈裟に言えば私の人生のなかでの大事件であったと思う。私にも出来る「スポーツ」があるという大発見であったように思う。

これを契機にいろいろなスポーツに挑戦した。しかし、もともと不得手なことなのでうまくこなせるものはなかった。野球、バットを振っても球に当たらない。ゴロはトンネルする。一塁まで投げると肩が抜けそうに痛かった。卓球、球が相手のコートに入らない。テニスも同様であった。こうして、私のスポーツ歴は終わってしまうのか？ せめて体の敏捷性を問わない「運動」はないだろうかと考え、大学では「ワンダーフォーゲル」に入った。スポーツとは言い難いが野山を歩き回った。その間にも、思い出したように「スポーツ」を手がけたがうまくいかなかった。

ところが、東海大学に赴任してきてからあるとき、テニスの壁打ちを試してみた。どういう訳か球が返ってくるのではないか！ 打ち返す。返ってくる！ また打ち返す、返ってくる！ とても嬉しかった。いままでといえば、壁打ちしても一回打ってはあらぬ方向へいったボールを探しにいくの連続で続いた試しがなかったのに！ どうして出来るようになったのか分からない。多分、壁の位置、角度、回りの空間など練習に適した道具が用意してあったからであろう。壁打ち練習の成果はコートに出ても発揮され、ちゃんと相手コートに入ってくれる。相手のボールを上手に相手コートにいれることが出来る！ 素晴らしいことである!! あの優雅なテニスが出来ようになればなーという永年の願望がかなったのである。スライスサーブ、フラットサーブ、ボレー、スマッシュなどいろいろなテクニックまで身につけることが出来た。いまでは同僚の先生方と試合が出来るようになり、テニスを楽しんでいる。

授業、学生実験指導、卒業研究指導など研究、教育に忙しく時間を費やしていると肉体的、精神的に疲労する。しかし、テニスをした翌日の方が毎日の疲労感に比べて爽快であって、難しいことにまた、挑戦しようという気にもなる。「スポーツ」は義務からの解放を意味する言葉を語源とすると何かの本で読んだ記憶がある。充実した仕事をこなし、リフレッシュしてから、さらに充実した仕事をこなす。このような「スポーツ」を実感できるようになった自分を豊かになったとさえ感じる。まさに、「スポーツ」は教員にこそ必要なものではないでしょうか。

学生が練習している脇で申し訳なさそうに遠慮しながら空いているコート

探していると、ふと、教職員が使えるテニスコートがあればなあと思う今日この頃である。

肝機能の回復について

理学部物理学科

豊田 正

先月受けた本学の定期健康診断の面接が先週、15号館であった。面接の担当は美しい看護婦さんで、私の健康診断データを見ながら、身長割に体重が多すぎると、肝臓に関する何とかという数字が正常範囲から外れていること、そしてその原因は運動不足と、とくに飲酒にあると考えるべきであることを図が沢山のっているパンフレットを用いながら解りやすく説明してくれた。酒は2合までなら、一晩寝るうちに肝臓が分解してしまうがそれを越えると分解できない分が蓄積され、やがて肝硬変のような危険な病気になることが非常な説得力をもって理解できた。何事も問題意識をもって学ばなければ理解もできないし身にもつかないんだよと学生には言ってきたが、その通りだとおもう。看護婦さんの話しは解りやすく、恐いほどの説得性に満ちていた。

その日の帰り、新宿で小田急線の改札を出ると、歳のせいか、先程の看護婦さんの話しはすっかり忘れて、軽く一杯やりたくなった。いきつけのバーはまだ客はおらず、生ビールを飲みながらマスターと話しはじめたところで看護婦さんの講義を思い出した。マスターは商売上の思惑からかもしれないが、酒をやめるより、運動をするほうが大切だと、かなり本気で、やや強引な理論を展開してきた。一日の仕事の後のせっかくの生ビールの味を、不毛の議論でだい

Essay

なしにはしたくないので、そりゃあ、僕は、君の言うことを信じるよ、と話をあわせたら、今日は店のサービスにしましょう、ということになって、かなり飲んでしまった。

その次の日は仕事が忙しく、健康診断の結果と看護婦さんからの警告については考えることはなかった。日曜日になって、急に、このまま酒もやめず運動もしないと必ず身体を壊すといういくらかの恐怖感に押されて、都心のホテルにあるスポーツジムに行くことにした。普段、スポーツなどともにやっていないので、いざとなると、そんなところしか思い浮かばない。スポーツジムといっても自転車のような機械とか、ウエイトトレーニングの機械は触ったこともないし、エアロビクスは恥ずかしいので、結局、プールで泳ぐことにした。水泳は小学校のころは得意で、たしか4年のとき、25メートルを平泳ぎで19秒で泳いだような気がする。面倒なので準備運動のかわりにサウナに入って、冷水を浴びてからプールに入って泳ぎはじめた。水の中は快適で、久しぶりに魚になったような気分泳ぎまくった。1時間ほど泳いだところで、足の先がおかしいなと思ったら、やはり右足のふくらはぎがつってしまった。準備運動をしなかったのがいけないのか、ふだんの運動不足がいけないのかわからない。おそらく後者だと思う。何年も前、以前いた大学でセミナーの学生とスキーにいったとき、初日おおいに滑り気分爽快だったが、その夜、右足の腿がひどくつって学生が数人がかりで足を引っ張ったりもんだりしてくれたことがあるが、あれも運動不足によるものだったと思う。実際、次の日からは準備運動をしなくても平気だった。泳いだあと、更衣室の体重計で測ったら、1キロ以上減っていた。サウナで汗をかいたからか、運動でカロリーを消費したからか、その両方によるのか、よく分からないが、とにかく嬉しかった。単純計算では10回で10キロ程度減量できそうである。ホテルの帰り、ビールが飲みたくなったが、せっかく減った1キロを大切にしようという気持ちが強く、誘惑に負けることはなかった。それ以来、まだ数日しかたっていないが、アルコールよりも運動をすることを身体が求めているような気がする。だから、あまり飲んでいない。

今度、あの看護婦さんにあったら、私のような患者(?)には、酒を控えることより運動することを強く薦めたほうが効果的だと話そうと思っている。

Essay

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

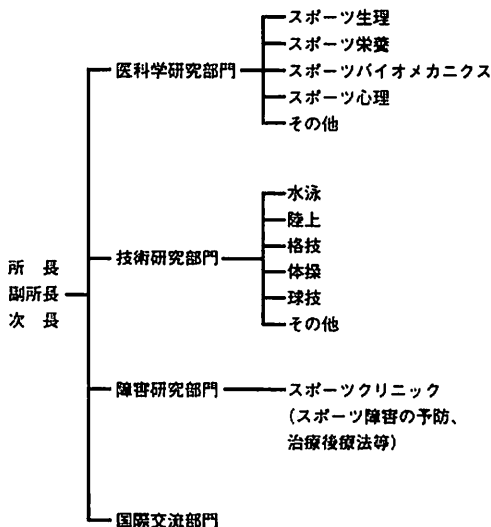
昭和62年10月1日

4. 設置目的

本研究所以の設置の目的は、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)医科学研究部門

(2)技術研究部門

(3)障害研究部門

(4)国際交流部門

第6条 本研究所は、本学湘南校舎に置く。

第2章 組織

第1節 所長・次長

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

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

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

第2節 職員

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

その定員は別に定める。

第3節 研究所員

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

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

第4節 研究員

第12条 本研究所に研究員若干名を置き、付託された研究事項に従事する。

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

第5節 嘱託

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

第6節 研究生

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

第7節 委託研究および派遣員

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

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

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 研究所員会議は下記の事項を審議する。

(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

I. 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、完成したものに限る。
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、I、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、または特別の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、A

4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 (1995. 4. 1)

- 1 委員長 古谷 嘉邦
- 2 委員 山本 芳孝
- 3 委員 真下 悟
- 4 委員 三田 信孝
- 5 委員 寺尾 保

1995年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

1. 所長 齋藤 勝 体育学部教授(体育学科・体育学)
2. 副所長 佐藤 宣踐 体育学部教授(武道学

科・柔道)

3. 次長 古谷 嘉邦 体育学部教授 (体育学科・バイオメカニクス)
4. 次長 戸松 泰介 医学部助教授 (大磯病院・整形外科学)
5. 所員 寺尾 保 スポーツ医科学研究所講師 (運動生理学)
6. 所員 中村 豊 スポーツ医科学研究所助手 (整形外科学)
7. 所員 岩垣 丞恒 体育学部教授 (社会体育学科・運動生理学)
8. 所員 岡 哲雄 医学部 教授 (薬理学)
9. 所員 山本 芳孝 開発技術研究所教授 (総合科学技術研究所副所長)
10. 所員 真下 悟 理学部 教授 (物理学科)
11. 所員 本間 隆夫 工学部 教授 (工業化学科)
12. 所員 福田 宏明 医学部 教授 (整形外科学)
13. 所員 村上 恵一 医学部 教授 (リハビリテーション学教室)
14. 所員 吉川 政夫 体育学部教授 (社会体育学科・心理学)
15. 所員 山下 泰裕 体育学部助教授 (武道学科・柔道)
16. 所員 松前 光紀 医学部 講師 (脳神経外科学)
17. 研究員 椎名 宮雄 開発工学部教授 (情報通信工学科)
18. 研究員 志水 哲雄 教養学部教授 (芸術学科・音楽学)
19. 研究員 白倉 克之 医学部助教授 (精神科学)
20. 研究員 田辺 晃久 医学部助教授 (内科学1)
21. 研究員 三田 信孝 体育学部助教授 (社会体育学科・健康学)
22. 研究員 新居 利広 体育学部助教授 (体育学科)
23. 研究員 内山 秀一 体育学部講師 (体育学科)

1995年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

東京箱根往復駅伝競技会に関する総合的研究

—長距離選手の身体的能力の向上と栄養補給について—

「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規定

- | | |
|-----------|----------------------------------|
| 所長 齋藤 勝 | 長距離選手の栄養調査の解析とその改善に関する研究 |
| 副所長 佐藤 宣践 | 長距離選手の栄養調査の解析とその改善に関する研究 |
| 次長 古谷 嘉邦 | 長距離走に関するバイオメカニクスの研究 |
| 次長 戸松 泰介 | 長距離選手の膝関節障害に関する研究 |
| 所員 寺尾 保 | 長距離選手に対する運動生理学的能力の向上と栄養補給に関する研究 |
| 所員 中村 豊 | 関節障害における陸上競技選手の特性についての研究 |
| 所員 岩垣 丞恒 | 長距離選手に対する運動生理学的能力に関する研究 |
| 所員 岡 哲雄 | 栄養と薬物摂取に関する研究 |
| 所員 山本 芳孝 | スポーツ医科学の光学計測に関する研究 |
| 所員 真下 悟 | 栄養状態と水分代謝ことに皮膚含水量と発汗に関する研究 |
| 所員 本間 隆夫 | 栄養ことに生理活性を有するフラボン配糖体の生理作用についての研究 |
| 所員 福田 宏明 | 腱・靭帯・関節包の強度測定、修復機転に関する研究 |
| 所員 村上 恵一 | スポーツ選手のリハビリテーションに関する研究 |

所員	吉川 政夫	スポーツ心理学的な対策に関する研究
所員	山下 泰裕	長距離選手の脂質補給に関する研究
所員	松前 光紀	長距離選手の脳血流量に関する研究
研究員	椎名 宮雄	運動の計測とその学習機序に関する研究
研究員	志水 哲雄	音楽がスポーツ選手に与える影響についての研究
研究員	白倉 克之	スポーツ心理学的な対策に関する研究
研究員	田辺 晃久	長距離選手における心機能と心臓自律神経機能の評価に関する研究
研究員	三田 信孝	長距離選手の栄養調査とその改善に関する研究
研究員	新居 利広	長距離選手の競技力向上に関する研究
研究員	内山 秀一	スポーツ心理学的な対策に関する研究

会議に先立ち、今年度スポーツ医科学研究所所員並びに研究員の紹介がなされた。

議題

1. 報告事項

1) 1994年度報告

(1)決算報告(齋藤 勝所長)

所長より、1994年度スポーツ医科学研究所決算報告について詳細な説明がなされ、スポーツ医科学研究所配分子算額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それぞれ使用された旨報告があり、承認された。

(2)東海大学スポーツ医科学雑誌第7号の発行について(古谷嘉邦)

編集委員長より、東海大学スポーツ医科学雑誌第7号の発行について経過説明があり、前年度同様3月初旬に発行されたことが報告された。

尚、別刷り5部は事務所に提出するよう要望があった。

2. スポーツ医科学研究所の現状について(齋藤 勝所長)

齋藤 勝所長より、「15号館完成に伴い約120種の機器を備えたトレーニングルーム・フィットネスセンターが設置された。機能測定室については予算の関係で今年度6月頃に機器が納入される予定である。一方、スポーツ医科学研究所の設備・備品・機器等はほとんど設置されておらず、今後徐々に充実させていく予定である。ついてはまず、共通のテーマを低圧室を利用した陸上競技長距離走者の競技力向上(箱根駅伝での成果をねらって)とし、それに関係する設備・機器等の充実を優先的に行っていくてはどうか。」との提案がなされ、各所員・研究員の合意を得た。

3. 1995年度の計画について

1) 予算について(齋藤 勝所長)

1995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：1995年4月13日(木) 17:00~19:00

場所：湘南校舎15号館6階カンファレンスルーム

出席者(順不同・敬称略)：齋藤 勝・古谷嘉邦・戸松泰介・寺尾 保・中村 豊・岩垣丞恒・山本芳孝・真下 悟・本間隆夫・福田宏明・吉川政夫・志水哲雄・白倉克之・田辺晃久・三田信孝・新居利広・内山秀一

欠席者(順不同・敬称略)：佐藤宣踐・岡 哲雄・村上恵一・山下泰裕・松前光紀・椎名宮雄

議事進行：寺尾 保

1995年度の予算については、前所長 中野昭一教授名により、1995年度部門研究所研究計画書が東海大学総合研究機構に提出されている。

今年度は、スポーツ医科学研究所の現状を考慮し、これまでの個人研究費の配分は避け、共通のテーマに関する機器・設備・備品に対して優先的に使用していく旨、提案され承認された。尚、必要最低限度の設備・備品（机・椅子・水道・流し台等）については、「施設・機材委員会」を設置し、検討したうえで所員・研究員会議の承認を得て申請していく旨、確認された。

2) スポーツ医科学雑誌第8号の発行について
(齋藤 勝所長)

スポーツ医科学雑誌第8号の発行については、これまで通り古谷嘉邦教授が編集委員長としてすすめていく旨、確認された。また、同委員に寺尾 保専任講師が加わる旨、承認された。

3) スポーツ医科学研究所施設・機材委員会の設置について (齋藤 勝所長)

(1)スポーツ医科学研究所施設・機材委員会の設置は審議の上決定され、以下の所員・研究員によって構成されることが承認された。

齋藤 勝・佐藤宣践・古谷嘉邦・戸松泰介・寺尾 保・中村 豊・岩垣丞恒・真下 悟・内山秀一(順不同・敬称略)

(2)スポーツ医科学研究所施設・機材委員会での検討事項

- ・研究室・実験室の配置および利用方法などについて
- ・設備・備品の設置
机・椅子・水道・蛇口・流し台・実験台などの必要最低限度の設備・備品類の設置は早急に望まれる。また、その仕様・型などについては既に提出済みの図面・書類などを参考にする。
- ・低圧室の運転・利用について
- ・各学部・保健管理センターなどのかかわり
- ・火気責任者・鍵の管理について

火気責任者を決め、庶務課へ提出する。また、大学院生・研究生・共同研究者等の鍵の貸し出しについては、名簿を作成し、8号館守衛室へ登録する。

以上
(文責・内山)

1995年度 第2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：1995年5月17日(水) 17:00~19:00

場所：湘南校舎15号館6階カンファレンスルーム

出席者(順不同・敬称略)：齋藤 勝・佐藤宣践・古谷嘉邦・戸松泰介・寺尾 保・中村 豊・岩垣丞恒・山本芳孝・村上恵一・吉川政夫・志水哲雄・三田信孝・新居利広・内山秀一

欠席者(順不同・敬称略)：岡 哲雄・山下泰裕・松前光紀・椎名宮雄・真下 悟・本間隆夫・福田宏明・白倉克之・田辺見久

議事進行：寺尾 保

1. 報告事項

1) 初期運営方針について (齋藤 勝所長)

(第1回スポーツ医科学研究所所員・研究員会議以降の経過報告と今後の方針)

所長より、第1回スポーツ医科学研究所所員・研究員会議以降の経過報告と今後の方針が以下の通り報告された。

・15号館(スポーツ医科学研究所・トレーニングセンターなど)の見学希望を地域住民・マスコミなど多方面から依頼されている。このような依頼に際して必要な資料等は寺尾所員を中心に現在作成中である。

・先だって、15号館に関するスポーツ医科学研究所・体育学部・保健管理センターの各代表が集ま

り、相互関連等を含め、以下の事項が検討された。

スポーツ選手に対する専門的かつ詳細なメディカルチェック（保健管理センター）

→体力・運動機能測定

→データの保存蓄積（スポーツ医科学研究所）

→データの分析・評価（スポーツ医科学研究所・保健管理センター等）

→各運動クラブ・スポーツ医科学研究所

トレーニングの指針やスポーツ医科学に関するデータに利用

なお、スポーツ医科学研究所と保健管理センターとの間では週に1回程度のミーティングを実施している。

・現在、既に寺尾所員を中心に低圧室が稼働している。また、本年度の研究テーマとの関わりからも、専任所員が中心となり低圧室利用に関する生理学的実験機材購入計画を立案し、順次購入していく。

なお、低圧室を利用した実験に際しては松前所員も加わっている。

・15号館6階の資料室には、視聴覚機材も漸次設置していく。

・水道と流し台の設置については、予算は総合研究機構にて確保してあることから、必要な箇所から順次設置していく。

・人事について96年度には、特にトレーニングやそのプログラミングに関する実践・指導・研究ができるような人材を所員として確保したい旨、大学側各部局と交渉中であり、6月中旬に申請する予定である。その候補資格については、修士あるいはそれと同等の能力を有する者とする。なお、推薦があれば6月上旬頃までに頂きたい。

2) 施設・機材管理委員会（仮称）（古谷嘉邦次長）
スポーツ医科学研究所における鍵の取り扱い、

火気責任者、機材の有効利用などについて、資料にもとづき報告された。

なお、所員・研究員以外の鍵の貸し出しについては「カード方式」によることが承認された。

3) スポーツ医科学雑誌第8号について（古谷嘉邦編集委員長）

スポーツ医科学雑誌第8号の投稿申込は6月15日である旨、報告された。

4) スポーツ医科学研究所の今後の活動について（齋藤 勝所長）

テーマ「箱根駅伝……」に關して、その目標達成のためのアプローチの仕方（分野・方法等）を総合的に整理したうえで、各所員・研究員の専門性を活かしながら活動していく。また、このテーマに関する勉強会などの開催も提案された。

次回開催日程：1995年6月21日（水）17:00 15号館6Fカンファレンスルーム

以上
（文責・内山）

1995年度 第3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：1995年6月21日（水）17:00～19:00

場所：湘南校舎15号館6階カンファレンスルーム

出席者（順不同・敬称略）：齋藤 勝・佐藤宣哉・古谷嘉邦・戸松泰介・寺尾 保・中村 豊・岩垣丞恒・村上惠一・吉川政夫・真下 悟・松前光紀・白倉克之・田辺晃久・本間隆夫・三田信孝・内山秀一

欠席者（順不同・敬称略）：岡 哲雄・山下泰裕・椎名宮雄・福田宏明・山本芳孝・志水哲雄・新居利広

議事進行：寺尾 保

1. 報告事項

1) 第2回スポーツ医科学研究所所員・研究員会議以降の経過報告（齋藤 勝所長）

所長より、第2回スポーツ医科学研究所所員・研究員会議以降の経過報告が、以下の点についてなされた。

- ・15号館利用案内（案）が作成された。尚、教職員・一般学生への開放は後期からになる予定である。
- ・これまで各運動クラブと保健管理センターとで行っていた「THCSC」の活動内容（スポーツ選手のメディカルチェック）をスポーツ医科学研究所と保健管理センターがタイアップして行う。ついては、7月4日にミーティングを行う予定である。
- ・プロジェクト研究に関しての具体案が寺尾保所員を中心に作成された。
- ・機器の移動について
運動生理学実験室に、岩垣丞恒所員の協力により7号館から運動生理学関連の機材が移動された。また、古谷嘉邦次長の協力により「メラック」を運動学関係の実験室に移動し、2次元の動作解析システムについても移動の予定である。
- ・来年度、フィットネスセンター・トレーニングルーム・プール等を中心に活動できる専任教員を公募する。候補者がいればご推薦頂きたい。
- ・各研究室等の流し台ならびに蛇口については、希望順位をつけて、総合研究機構に提出済みである。

2) 15号館5階の利用法について（戸松泰介次長）

・医学部よりいくつかの機器を移動する予定である。5階の医療関連の施設については現在検討中である旨、報告された。

3) スポーツ医科学研究所での雑誌購入（新規）について（寺尾 保所員）

・これまでの購入雑誌以外に新規で購入希望の雑誌があれば、7月15日までにお申し込み頂きたい旨、報告された。

4) スポーツ医科学雑誌第8号について（古谷嘉邦編集委員長）

・現在までに13件の掲載申し込みがあった旨、報告された。

2. 審議事項

1) 15号館利用案内(案)について(中村 豊所員)

・資料に基づき、15号館利用のアウトラインが説明され、承認された。

2) プロジェクト研究について(寺尾 保所員)

・資料に基づき説明され、各所員・研究員から意見が出された。それらを参考にできるだけ早期に実施していくことが確認された。

3. その他

- ・各研究室の鍵管理責任者に「鍵貸し出しカード」が配布された。

以上

(文責・内山)

1995年度 第4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：1995年10月27日（金）17:00～18:30

場所：湘南校舎15号館6階カンファレンスルーム

出席者（順不同・敬称略）：齋藤 勝・古谷嘉邦・寺尾 保・中村 豊・村上恵一・岡 哲雄・吉川政夫・真下 悟・松前光紀・山下泰裕・椎名宮雄・山本芳孝・本間隆夫・三田信孝・

志水哲雄・新居利広・内山秀一

欠席者（順不同・敬称略）：佐藤宣践・戸松泰介・

福田宏明・白倉克之・田辺晃久・岩垣丞恒

議事進行：寺尾 保

1. 報告事項

1) 第3回スポーツ医科学研究所所員・研究員会議以降の経過報告（齋藤 勝所長）

所長より、第3回スポーツ医科学研究所所員・研究員会議以降の経過報告がなされた後、各担当者より詳細な報告がなされた。

・プロジェクト研究に関して（寺尾 保所員）

現在、陸上競技部長距離走者を被験者に、低圧室を利用し、基礎的実験を兼ねたトレーニングを行っており、その途中経過について報告された。また、低圧室等での実験・トレーニングに際しては、事前に同意書を取るなどの処置が必要ではないかとの意見が出され、被験者には同意書を取る旨、確認された。

・機器について

伊勢原校舎より、9月に整形・リハビリ関連の4機器を移動した旨、報告された。（中村 豊所員）

運動生理学および運動学関連の機器（メラックなど）が7号館より移動された。機能測定室（1F）に機器が納入され、稼働している旨、報告された。（齋藤 勝所長）

・メディカルチェックに関して（中村 豊所員）

健康管理センターとの関連で来年度より、実施するべく検討中である。また、B1トレーニングセンターにてスポーツ選手を対象に検診を行っており、今後は理学療法士などによるサポートも検討中である旨、報告された。

・スポーツ医学勉強会について（中村 豊所員）

月に1度、スポーツ医学勉強会を実施している旨、報告された。今後は関係の各教員にも連絡する旨、所長より依頼された。

あとがき

【東海大学スポーツ医科学雑誌】は今回で、第8号の刊行となりました。

昨年3月には待望の建物も落成し、すばらしい「スポーツ医科学研究所」ができました。

これからは、このすぐれた研究施設を存分に活用し、スポーツ医科学の研究成果を、より多くこの「スポーツ医科学雑誌」に掲載・発表することが、我々の使命と考えています。

今回は、研究論文13、スポーツエッセイ3、および巻頭に「東海大学スポーツ医科学研究所の歩みと今後」と題して、新しく着任された齋藤勝所長よりこれからの研究所のあり方および運営方針について述べていただきました。今後も皆様方から多くの投稿を願っています。

最後になりましたが、第8号刊行にあたって御協力いただいた、東海大学関係各位、東海大学出版会各位、特に川上文雄製作課長に厚く御礼申し上げます。

1996年1月

編集委員長 古谷 嘉邦

「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 山本 芳孝
〃 真下 悟
〃 三田 信孝
〃 寺尾 保

東海大学スポーツ医科学雑誌 第8号 1996

発行日———1996年3月20日

編集———東海大学スポーツ医科学雑誌編集委員会

発行者———東海大学スポーツ医科学研究所 齋藤 勝
〒259-12 神奈川県平塚市北金目1117 TEL0463-58-1211

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