

東海大学

第9号 **スポーツ医科学雑誌** 1997

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



イラスト 東 恵子

人は何処より来り何処に行かんやと云ふか  
 それに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  
 それに生ける人々にもやこひなき生現をみる  
 この現実の上には何れも哀しむ  
 ぞに勝利と敗残の人々の生涯がある  
 人々よ  
 生命の現実には人生を肯定しよう  
 不屈の精神と逞しき体軀をつくらう  
 精神と肉体との調和に生命を開拓しよう  
 かくして希望と勝利の人生の街道を善進しよう  
 されどありし日の少年の疑問は残る  
 人々よ  
 見よ人体構造の神秘を  
 見よこの作品の微妙さを  
 見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを  
 見よこの偉大なる造物主の力を  
 人々よ  
 身体髪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  
 われら蕭然として襟を正し現実を正視しよう  
 昭和四十八年四月 初春  
 松前重義

人は何処より来り何処に行かんとするか  
 それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた  
 しかし揺籃より墓場まで  
 それは生ける人々にとつてまぎ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  
 そに勝利と敗残の人々の生涯がある  
 人々よ  
 生命の現実には人生を肯定しよう  
 不屈の精神と逞しき体軀をつくらう  
 精神と肉体との調和に生命を開拓しよう  
 かくして希望と勝利の人生の街道を善進しよう  
 されどありし日の少年の疑問は残る  
 人々よ  
 見よ人体構造の神秘を  
 見よこの作品の微妙さを  
 見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを  
 見よこの偉大なる造物主の力を  
 人々よ  
 身体髪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  
 われら蕭然として襟を正し現実を正視しよう  
 昭和四十八年四月 初春  
 松前重義

**【研究論文】**

**大学柔道選手における傷害の現状**

宮崎誠司・中村 豊・山路修身・内山善康・戸松泰介 9

**柔道選手の体幹伸展力に関する研究**

——筋性腰痛との関連性について——

増田芳之・山田 彰・村上恵一・豊倉 稜 13

**大学柔道部新入生の階級別に見た形態的特徴と階級移動による身体組成変化について**

三田信孝・恩田哲也・中西英俊・寺尾 保・白瀬英春 19

**低圧環境下における持久的運動負荷時に気圧変動をさせた場合の  
血中乳酸濃度および心拍応答に及ぼす影響**

寺尾 保・恩田哲也・中村 豊・有賀誠司・松前光紀  
田辺晃久・山下泰裕・岩垣丞恒・佐藤宣践・齋藤 勝 28

**剣道の正面打突動作に関する Biomechanics 的研究**

——八段者と三段者の比較——

笹木春光・古谷嘉邦・網代忠宏・広川龍太郎 34

**少年サッカー選手におけるイメージ・リハーサルが  
ゲーム中の技術使用頻度に及ぼす影響**

内山秀一 45

**音楽と自律神経の反応について**

——音楽をトレーニングに活用するための一考察——

伊賀富栄・山本賢司・坂本奈津江・森本 章・志水哲雄・白倉克之 50

**プロスポーツ選手に対するメンタルトレーニング**

——プログラムの作成と実践経験——

山本賢司・長島克彦・伊賀富栄・三神美久 59

**スポーツによる骨軟骨障害発生に関する実験的研究（第2報）**

——関節端組織の繰り返しせん断力による損傷——

菊川久夫・戸松泰介・福田宏明・中村 豊・康井義明 68

---

## 手関節の Joint Laxity について

——測定装置の試作とその評価——

相羽達弥・戸松泰介・菊川久夫・福田宏明・中村 豊・康井義明 74

---

### 【スポーツエッセイ】

- 透明な風景の記録 文学部北欧文学科 森 信嘉 82
- スポーツは本当に健康にとって良いことか? 体育学部社会体育学科 馬場礼三 84
- スポーツウェアにみるデザイン戦略 東海大学芸術研究所 渡邊雅人 86
- 

スポーツ医科学研究所所報 89

---

あとがき 97

---



# 研 究 論 文

- 大学柔道選手における傷害の現状
- 柔道選手の体幹伸展力に関する研究  
——筋性腰痛との関連性について——
- 大学柔道部新入生の階級別に見た形態的特徴と階級移動による  
身体組成変化について
- 低圧環境下における持久的運動負荷時に気圧変動をさせた場合  
の血中乳酸濃度および心拍応答に及ぼす影響
- 剣道の正面打突動作に関する Biomechanics 的研究  
——八段者と三段者の比較——
- 少年サッカー選手におけるイメージ・リハーサルがゲーム中の  
技術使用頻度に及ぼす影響
- 音楽と自律神経の反応について  
——音楽をトレーニングに活用するための一考察——
- プロスポーツ選手に対するメンタルトレーニング  
——プログラムの作成と実践経験——
- スポーツによる骨軟骨障害発生に関する実験的研究（第2報）  
——関節端組織の繰り返しせん断力による損傷——
- 手関節の Joint Laxity について  
——測定装置の試作とその評価——

# 大学柔道選手における傷害の現状

宮崎誠司 (医学部整形外科) 中村 豊 (スポーツ医学研究所)

山路修身 (医学部整形外科) 内山善康 (医学部整形外科)

戸松泰介 (医学部整形外科)

## Injuries in university judo players

Seiji MIYAZAKI, Yutaka NAKAMURA,  
Osami YAMAJI, Yoshiyasu UCHIYAMA  
and Taisuke TOMATSU

### Abstract

Injuries of university judo athletes were evaluated by physical and X-ray examination before and after entering Tokai university and their relationship was compared. Injuries to the ankle ligaments were most common, followed by those knee ligaments. X-ray changes were frequently noted in elbow joints and lumber spines even asymptomatic examinees. Athlete with not only complains of each joint but no complaint of them. Athletes with any those with injuries before entering the university tended to repeat the same injuries after entering more often than those without. This was especially true in the ligament injury of the knee, influencing their sports performance. Prevention and through treatment for initial injuries before entering the university, i.e. in junior and high school, are necessary. It was also considered important to teach coaches the necessity of proper treatment of the initial injuries and to have facilities to do periodical medical check.

## I はじめに

柔道は、その種目特性上傷害の数は多く見られる<sup>1)</sup>。受傷する頻度が複数回にわたると競技生活に問題を生じることが多い。その一方、選手は傷害を持っていても競技生活を続け、成績を残すことも可能であることもしばしばみられる。今回我々は大学生を対象に我々が作成している個人傷害記録をもとに、傷害の現状と、その中でも問題となる同一部位の複数回受傷例について、原因、予後を推察することを目的として調査し検討した。

## II 対象及び方法

調査期間は1990年4月から1994年10月とした。体育会柔道部、男子136名、女子9名、計145名を対象とした。階級別人数では-60kgから+95kgまで表1の如く存在した。個人傷害記録は、入学時検診、現場での診察結果、病院の受診記録等の内容を基に作成している(表2)。この記録をもとに、受傷の時期、入学時の状態、在学中の傷害状況のうち傷害数や療養期間等について検討した。療養期間は、受傷から稽古の中で乱取りに復帰できるまでとした。複数回受傷は、同一部位2回以

表1 階級別人数

Table 1 The number of subjects in each class

male	-60kg	17人
〃	-65kg	13人
〃	-71kg	23人
〃	-78kg	20人
〃	-86kg	19人
〃	-95kg	29人
〃	+95kg	26人
female	—	9人

表2 傷害記録の内容

Table 2 Contents of injury records

入学時検診
既往歴
直接検診
レントゲン検査
柔道部傷害記録
定時傷害検診(直接検診)
随時傷害検診・体力測定
メディカルスタッフ診療記録
病院受診カルテ

上の受傷で、稽古が不能であったり、何らかの形で療養を必要とするか、もしくは医療機関で加療を受けたものとした。

### III 結果

入学時の問診によると、145名中100名(69.0%)が大学入学前に傷害による療養歴が存在した。受傷部位別では、膝部52名、肩・肩甲帯39名、足・足関節25名、腰部15名等と入学前では膝の傷害が最も多くみられた(表3)。

在学中の傷害は、145名中133名、91.7%に認められた。在学中に受傷した133名中94名に、同一部位の複数回の受傷を認めた。在学中の受傷の療養期間は1人平均年間9.4週で、受傷回数は1人平均1.86回であった。1回当たりの部位別の療養期間は、膝部で5.94週、肩・肩甲帯で5.64週と他の部位に比べて若干長期に及ぶ傾向がみられた(表3)。

在学中の受傷を部位別で見ると、膝部、肩・肩

表3 部位別傷害数・療養期間

Table 3 Numbers and treatment periods at each part.

	入学前(人)	入学後(人)	同一部位複数回受傷(人)	療養期間(週)
肩・肩甲帯	39	83	17	5.64
肘部	15	38	6	3.02
腰部	15	54	22	4.71
膝部	52	100	56	5.94
足・足関節部	25	67	22	4.78
その他				3.67
計	100	133	94	(平均) 5.06 (週/回)
なし	45	12	51	9.4 (週/年/人)
				1.86 (回/年/人)

甲帯、足・足関節、腰部の順に頻度が多く見られ、特に膝部では145名中100名に認められた。膝部の複数回受傷数は56名と高い頻度でみられた。階級別には膝部、腰部、足・足関節で体重の重い階級、特に95kg超級に受傷が多い傾向がみられた。また同様のことが療養期間でも見られた(表4)。初回受傷の時期と大学在学中の受傷、複数回受傷と比べると、膝部では初回受傷が大学入学以前のものは56名にみられ、その内50名(89.2%)が在学中に膝部の受傷を、38名(67.8%)が同一部位に複数回の受傷をしていた。また、在学中の年間療養期間は、初回受傷が大学入学以前のものは平均6.74週に対して、大学入学後の初回受傷は2.57週と大きな差を認め、また、頻度、期間ともに初回受傷が在学中のものに比べて大きな差を認めた。肩・肩甲帯、足・足関節も同様であった(表5)。また、入学時検診でのX線所見と、在学中の受傷状況を比べると、腰部でX線上変化の認められた70名中27名38.6%に腰部の症状を有し、脊椎分離症が認められた30名中14名(46.6%)が在学中に腰部の症状発現を認め、また足・足関節のX線上、足関節動揺性や骨変化などの異常を認めた51名中に、同一部位の複数回受傷が認められ、X線上変化のないものと比べて差を認めた(表6)。

特に傷害の受傷頻度が高く治療期間も長くなる膝部についてみると、調査した95名中33名に膝崩れや亜脱臼感等の症状があり、その33名中初回



表4 階級別傷害数・療養期間  
( )内は、同一部位の複数回受傷人数

Table 4 Number of injury and treatment periods in each class

	傷害数 (回/年/人)	療養期間 (週/年/人)	膝部(人)	足・足関節(人)	腰部(人)	肩・肩甲帯(人)
-60kg	1.34	6.81	8 (4)	8 (3)	8 (2)	9 (1)
-65kg	1.73	9.86	10 (7)	9 (5)	5 (2)	8 (3)
-71kg	1.10	7.35	15 (6)	10 (3)	6 (3)	10 (4)
-78kg	1.77	8.05	12 (6)	7 (1)	8 (1)	13 (4)
-86kg	1.85	8.63	15 (9)	7 (2)	9 (1)	6 (0)
-95kg	1.23	5.30	14 (10)	11 (2)	9 (4)	9 (2)
+95kg	1.73	9.45	21 (14)	13 (4)	8 (3)	9 (3)

表5 初回受傷の時期と受傷人数、治療期間 (n=145)  
( )内は、同一部位の複数回受傷人数

Table 5 Number of injury and treatment periods at each part

初回受傷時期	膝部	肩・肩甲帯	腰部	足・足関節
入学前	56 (38)	38 (10)	15 (6)	25 (6) 人
〃	6.74	5.86	5.50	6.43 週/回
入学後	88 (18)	45 (7)	44 (16)	51 (16) 人
〃	2.57	1.96	2.34	1.98 週/回

表6 入学時レントゲン検査と受傷人数の関係 (n=109)  
在学中での傷害人数/総計 ( )内は、同一部位の複数回受傷人数

Table 6 Relation between X-ray finding in entering university and number of injury

レントゲン検査	足・足関節	腰部  分離症
異常あり	29(18)/51	27(15)/70  14/30
異常なし	22(8)/58	8(2)/39  24/39

受傷が大学入学以前のもは14名(53.8%)で、大学在学中の膝部の受傷は26名78.8%、同一部位の複数回受傷は21名63.3%であった。また、KT1000を用いた膝前後方向の動揺性検査では、左右差3mm以上又は両側7mm以上認めたものは、症状の有する33名中30名90.9%にみられた。療養期間は4.11週で在学中の初回受傷と比べて差を認めた(表7)。

## IV 考察

実際の現場では、柔道に限らず本人および指導者などの判断にまかせて適切な診断および治療を受けず練習を休むことも多い。また傷害を有していても症状がなくなった時点で練習に復帰した

表7 膝部における入学時の自覚症状と受傷頻度・治療期間・膝動揺性の関係 (n=95)

Table 7 Relation between subjective problems and number of injuries, treatment periods for injury and instability on knee joint

入学時自覚症状	入学前受傷既往	在学中受傷	複数回受傷数	膝動揺性	療養期間
あり n=33	14	26	21	30	4.11週/年/人
なし n=62	15	40	28	31	3.47週/年/人

り、また必ずしも傷害で競技能力が低下しないため、治療途中で練習に復帰したり試合に出場したり、また試合日程や学生として学業の問題や、就職などのため大学卒業までに成績を出したいという本人および周囲の期待も多くみられる等の理由で十分な治療期間がとれないため、またそれによる再受傷も多く、我々も治療に苦慮している。

今回の調査では、部位別の傷害の数および治療期間は、膝部の傷害が最も多く見られるが、膝に限らずその他の部位でも傷害の既往および入学時の検診での異常が大学在学中の外傷発生頻度及び再受傷発生率、治療期間に大きく関与している。特に膝部で複数回受傷をする例や治療期間がかかる例に、初回受傷が大学入学以前のものや膝くずれや垂脱臼感などの症状を有するものが多くみられた。また、理学的にもKT-1000を用いた膝前方動揺性検査においても靭帯損傷の所見を有していた。このことは、柔道をするにあたって大学入学以前での膝の傷害に代表されるように、若年時に於ける傷害の残存が選手生命にかかることを示唆している。

初回受傷が大学入学後のもや入学時の検診で異常の認められなかったものでは、在学中の受傷

頻度、また同一部位の複数回受傷が少ないことから、若年時における初回受傷時の的確な診断治療と治療が必要である。特に試合回数が多い高校生の時に、試合を行うだけでなく傷害に対する認識をもたせることが必要になる。具体的にはメディカルチェック体制の低年齢化への実施や、傷害に対する早期治療や予後に対する教育活動、予防的トレーニングを行うことも必要になってくる。また、大学においてはその後の競技生活にも関わってくる問題なので、4年間という短い期間でも入学時のメディカルチェック時や受傷時における早期治療が必要であり、場合によっては手術も必要になってくる。傷害の多さと治療期間が取れないという現状は、シーズンスポーツではない、つまりオフシーズンや基礎体力の向上をはかれる期間がないという柔道の悪しき一面ともいえるかもしれない。

## V 結語

### 1. 大学在学中の現状を複数回受傷を中心に検討

した。

2. 膝の外傷が頻度、複数回受傷とも多かった。
3. 入学前の傷害の有無が入学後の受傷率に反映していた。

### 参考文献

- 1) スポーツ活動中の傷害調査集大成版。財団法人スポーツ安全協会；113, 1992
- 2) 市川宣恭ら：柔道による外傷、障害。臨床スポーツ医学、1：281-288、1984
- 3) 竹内秀樹ら：一流大学柔道選手を中心とした柔道の膝関節障害について。臨床スポーツ医学（別冊）、117-119、1986
- 4) 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、425-429、1990

# 柔道選手の体幹伸展力に関する研究

——筋性腰痛との関連性について——

増田芳之・山田 彰 (医学部付属病院リハビリテーションセンター)

村上恵一・豊倉 穰 (医学部リハビリテーション学教室)

## Analysis of lumbar extension strength for Judo athletes

Yoshiyuki MASUDA, Akira YAMADA  
Keiichi MURAKAMI and Minoru TOYOKURA

### Abstract

The cause of myogenic lumbago was investigated from the stand point of lumbar extension torque. The Lumbar Extension Machine from MEDX Co.Ltd. which can measure pure lumbar extension torque was used to evaluate 32 Judo athletes in this study. Judo athletes were divided into lumbago group and normal group and measured muscle torque in lumbar maximum flexion and maximum extension position.

A study was conducted to determine the specificity of producing muscle torque in two control groups: a normal group and a lumbago group. Since no distinct differences were observed in the values of extended muscle torque between the two groups, the cause of lumbago could not be determined from the values of muscular strength.

The effects of physical exercise on the lumbago group was also studied. The group exercised on a lumbar extension machine once a week for six weeks, focusing on stretching the lumbar muscles. As a result, muscular strength was significantly improved. The effects of such exercise were particularly noticeable in the flexion position. In the flexion position, extrinsic muscles stretched more than intrinsic muscles. Therefore, muscle tension in the flexion position is more affected by extrinsic muscles, which explains the effectiveness of physical exercise.

The degree of muscle fatigue was also studied for both groups. The normal group showed less muscle torque in the extended position than the flexion position after exercise, with more muscle fatigue than the lumbago group. Before exercising, the lumbago group showed less fatigue in the extended position than the normal group. The relatively low degree of muscle fatigue shown by the lumbago group in the extended position may be due to less active intrinsic muscles.

The extension strength of the body in the upright position is evidenced by the unified strength of several muscles groups, such as the lumbar region extension muscle group and hip joint extension muscles. Consequently, to treat the lumbar muscles, each muscle involved in body extension should be evaluated separately and weakened muscles should be selectively exercised to increase muscular strength and to prevent lumbago.

## I はじめに

柔道競技は、いかに相手の安定した姿勢を崩すことができるかで勝敗が決まる。そのため自分自身の直立姿勢の安定を計るために体幹筋の筋活動

が重要となる。しかしながら、体幹筋機能や運動学に関する研究は、多方面にわたり、統一した見解が得られていないのが現状である<sup>1)~5)</sup>。本研究では、大学柔道選手の体幹伸展筋トルクの筋出力特性に着目して、筋肉性の問題で生じる腰痛症について検討した。さらに、力学的見地から、

筋・筋膜性腰痛症のトレーニング理論についても考察を加えた。

常は認められなかった。

## II 研究方法

### 1) 対象

東海大学1年在学の男子柔道選手32名を対象とした。その内過去に腰痛の既往がない23名(平均体重 $83.3 \pm 20.0$ kg)を健常群とし、今までの柔道競技活動中に1~数回、何らかの腰痛を経験した者9名(平均体重 $100.0 \pm 18.9$ kg)を腰痛群とした。彼らの腰痛発生時には医療機関受診によっても明らかな異常所見は認められず、いわゆるスポーツ性、筋・筋膜性腰痛症を示しており、練習も自己管理にて継続していた。全対象は測定時に自覚痛はなく、日本整形外科学会の腰痛疾患治療成績判定基準でも明らかな異

### 2) 測定機器

写真1に示す Lumbar Extension Machine は、体幹伸展筋群の筋力測定・筋力強化訓練機として米国 MedX 社とフロリダ大学が共同で開発・製作したもので、本邦では数少ない特殊機器である。その特徴として、下肢や骨盤をベルトやパッドで強固に固定し、股関節伸展筋群の活動に伴う骨盤の回転運動を制御して、純粋な体幹伸展筋トルクを計測することが可能とされている<sup>6)</sup>。

### 3) 測定方法

Lumbar Extension Machine を使用して、全例初回時に座位での体幹最大屈曲位と最大伸展位の肢位で背筋最大等尺性筋トルクを測定した。さらに、測定された屈曲位最大筋トルク値の50%の負

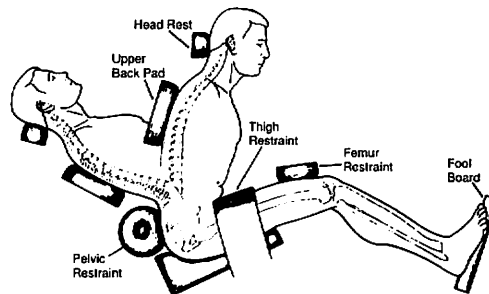
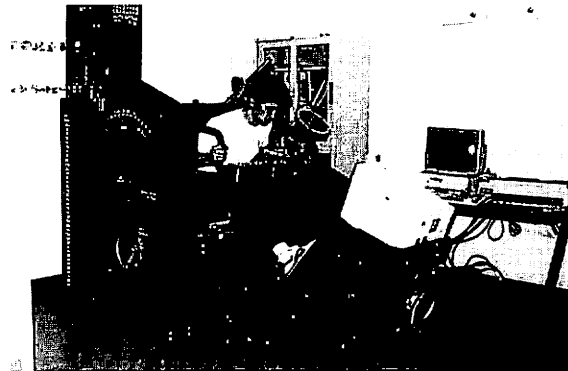


写真1 Lumbar Extension Machineの肢位と固定方法  
Photo 1 Restraining mechanisms of the Lumbar Extension Machine

表1 測定方法

Table 1 Procedures

健常群	腰痛群
最大屈曲位と最大伸展位での最大等尺性筋トルク測定	訓練前測定(健常群と同様の測定)
↓	↓
↓	↓
↓	最大等尺性筋トルク値の50%の負荷
↓	↓
↓	最大努力回数を1回/週×6週
↓	↓
↓	↓
↓	訓練後測定(訓練前と同様の測定)
再度最大等尺性筋トルク測定	

荷にて、最大屈曲位から最大伸展位までの全可動域におけるダイナミック運動を、最大努力回数行わせた。その直後に再度同様の等尺性筋トルクを測定し、筋疲労によるトルク変化を測定した。

腰痛群は上記一連の測定に加え、同機による筋力増強訓練をMEDX社のプロトコルに基づき施行した<sup>7)</sup>。その訓練は週1回の頻度で6週間、上記のダイナミック運動のみを施行した。さらに6週間の訓練終了後に初回時同様、一連の測定を行ない、筋トルク変化について検討した。(表1)

測定値は体重差に対する影響を考え、体重比N-m/kgに換算し処理した。

### Ⅲ 結果

(1) 初回時の各群における平均筋トルクは、健常群屈曲位691N-m/kg、伸展位428N-m/kg、腰痛群屈曲位654N-m/kg、伸展位411N-m/kgと、両群において屈曲位でのトルク発生が、伸展位より高値であった。また、筋トルク値は各個人で偏差が大きく、両群に明らかな有意差を認めなかった。(図1)

(2) 腰痛群の初回時すなわち訓練前と、訓練後の平均筋トルクを比較した。結果は屈曲位・伸展位とも訓練後が高く、屈曲位では危険率1%以下・伸展位では危険率5%以下で、筋力は有意に増強していた。(図2)

(3) ダイナミック運動前後における筋疲労の発生程度は、健常群が最大屈曲位で、691N-m/kgから581N-m/kgへ、筋トルクが84%に低下、最大伸展位では428N-m/kgから298N-m/kgへ69%に低下しており、伸展位での筋トルクがより低下するこ

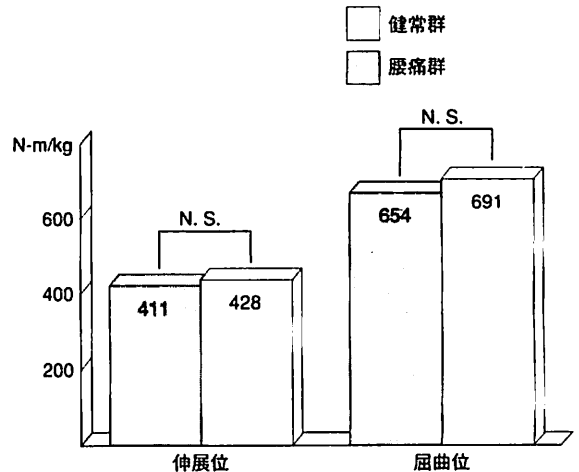


図1 初回時平均筋トルク

Fig. 1 The Mean value of muscle torque at the first examination.

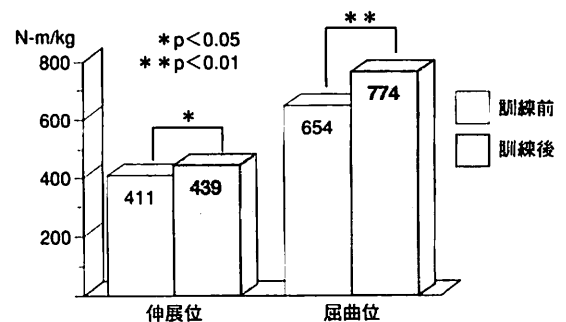


図2 腰痛群訓練前後の平均筋トルク

Fig. 2 The change of muscle torque after physical exercise in the lumbago group.

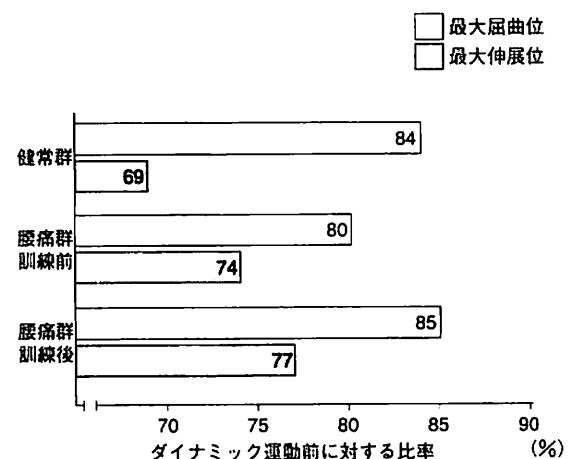


図3 ダイナミック運動前後での筋疲労率

Fig. 3 The rate of muscle fatigue with dynamic exercise.

とが示唆された。同様に腰痛群訓練前は、最大屈曲位で、654N-m/kgから526N-m/kgへ80%に低下、最大伸展位では411N-m/kgから304N-m/kgへ74%に低下と、伸展位における疲労の発生程度は健常群に比べ少なかった。訓練後は、最大屈曲位で、774N-m/kgから658N-m/kgへ85%に低下。最大伸展位では、439N-m/kgから339N-m/kgへ77%に低下と、訓練前に比べ屈曲位での疲労の発生は少なかった。(図3)

## IV 考察

### 〈体幹伸展筋出力の特性〉

スポーツ活動においての体幹伸展に作用する筋群を診た場合、その動作がClosed kinetic chainでは、いわゆる背筋群の活動だけではない。大殿筋やハムストリングスなどの股関節伸展筋の介在も確認しておくべきである。一般的な体幹伸展力の評価には、背筋力計を用いているが、これはまさにパフォーマンス全体を通じ下肢筋力も混在している。

背部伸展筋のみを観察すると、その作用は一つではなく多くの筋がそれぞれの作用をもっているのがわかる<sup>8)</sup>。Mayerらは<sup>9)</sup>、多数の体幹筋を機能的意味で分類している。伸展筋では実際のパフ

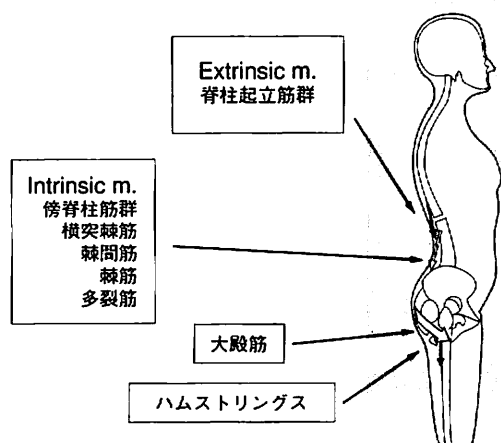


図4 体幹伸展に作用する筋群  
Fig. 4 Lumbar extension muscle group.

ォーマンスに参与している Extrinsic muscles と、椎体のスタビリティーに参与している Intrinsic muscles とに分類できると考えられる。(図4)

### 〈筋力と表出運動量の力学的モデル〉

生体内での筋走行は様々であるが、力学的見地から大きく分類すれば、並列系と、直列系に分けられる。図5にそのモデルを説明する。

図中の楕円は、張力を発生させる筋力と考える。数値は仮に最大発揮筋力値と捉える。正円は表出された運動量と捉える。

並列系の筋肉の並び方は体幹筋に代表される。図の並列系左側は、10の最大発揮筋力値を2つ並べたもの、中央はそのうち1つが弱ったものであり、並列系ではすべての筋力の合計が限界運動値となる。したがって、1つが弱れば表出された運動量は、直接影響を受ける。ところが、トレーニング方法が不適切だと、右側のように弱化した筋がそのまま、見かけ上の表出運動量の回復は可能となってしまう。それに対し、四肢筋に代表されるような直列系の場合では、並列系とは異なる。直列系左側は同じ2つの筋肉を並べたものだが限界値は10である。中央は1つの筋肉が弱ったものであるが、直列系の場合は2つの筋肉を統合した運動系の最も弱い筋が限界運動値となる。他の10の筋をいくらトレーニングしてもその結果は変わらない。

スポーツ選手は往々にして走力とかジャンプ力

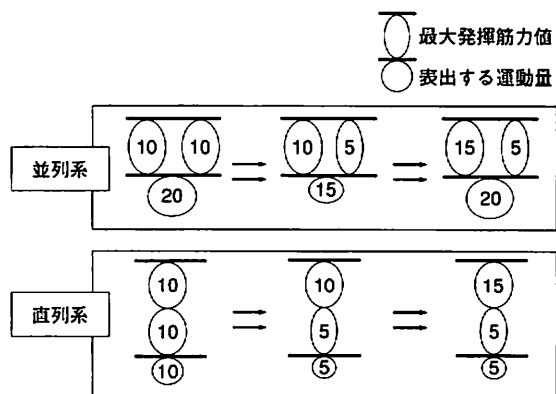


図5 筋力と運動量の力学モデル  
Fig. 5 Biomechanical model of muscular strength and performance.

とかのスポーツ能力により評価を受けることがある。しかし、このような表出された能力だけから評価するのは危険であり、その運動系に関わるより内部の筋肉を個々に評価し判別していく必要性が確認できる。

このような背部伸展筋群のメカニズムを前提として前項の結果(1)~(3)について考察する。

結果(1)は、健常群と腰痛群の筋トルク発生に特異性があるか検索したものである。研究当初、傍脊柱筋群を含めた体幹伸展筋群の活動が、腰痛群で弱いことが予想された。しかし、健常群との比較で伸展筋トルク値に明らかな差はなく、腰痛発生原因を単に筋力値のみから検索できなかった。また、両群において、最大伸展位での筋トルクが低下することは、筋生理学的な長さ張力関係から、伸展位での筋張力発生が屈曲位より不利であることが考察できる。

結果(2)は、腰痛群のみであるが、トレーニング効果について検索した。対象とした柔道選手は、体幹伸展に作用する下肢筋を含め、全例がほぼ毎日、高度なトレーニングを行っている。特に脊柱起立筋群や、大殿筋など大きな筋群は、トレーニングしやすく体表面からも容易に発達が確認できる。ところがさらに、体幹筋の選択的な訓練を施行することで有意に筋力強化が可能であることが示された。腰痛群の訓練後では、図1の健常群初回測定時を上回る高い筋トルク発生を示していた。

訓練効果は特に体幹屈曲位において著明であり、筋力を力学的モデルおよび、筋生理学的長さ張力関係から考察すると、屈曲位では、並列関係の筋群のなかで、筋長の短いIntrinsic musclesよりも筋長の長いExtrinsic musclesが筋張力を発揮しやすく、よりトレーニング効果が有効であったと考えられる。また、その後の調査でも腰痛群において、痛みの再発は認められず本器によるトレーニングは有効であった。

結果(3)は、ダイナミック運動による筋疲労の発生程度について両群を検索したものである。健常群では伸展位で筋疲労の発生がより生じ、筋

トルク値が低下した。腰痛群訓練前では、健常群に比べ屈曲位と伸展位で筋疲労の発生程度に大きな差はなかった。健常群がダイナミック運動後に伸展位で筋疲労の影響を強く受けることは、長さ張力関係において伸展位で筋トルク発生しやすいIntrinsic musclesの筋持久性低下によるものと推察できる。腰痛群の伸展位においての筋疲労が比較的少ないのは、このIntrinsic musclesの筋活動が少なかったことも推察できる。腰痛群訓練後では、屈曲位と伸展位の疲労差が健常群に近似してきており、伸展位での筋活動が活性化された影響とも考えられる。

以上の背景を踏まえると、今回使用したLumbar Extension Machineは、屈曲位では比較的大きな筋力が発揮できるExtrinsic musclesが、伸展位では日常のトレーニング方法では訓練しにくい、深部の傍脊柱筋群などIntrinsic musclesの筋持久性もしくは筋活動性が有効に訓練できたために効果が上がったものと思われる。柔道競技特性としては、体幹伸展位での腰椎固定性を高めるため伸展筋筋活動が多量に要求される。したがって伸展位での筋活動に着目し、腰痛発生因子を考察したが、今回の研究では、固体差におけるIntrinsic musclesの持久性が低下した者が腰痛を生じる可能性が高いのか、又は、腰痛群は何等かの理由でIntrinsic musclesのトレーニングが不十分なのかは、はっきりしなかった。いずれにしても従来の腹筋と背筋の筋バランスのトレーニングにとどまらず、それぞれの伸展筋の評価と、その作用を考慮したトレーニング方法の確立が、柔道競技に限らずスポーツ性筋性腰痛の発生予防の一つとして必要と思われる。

体幹伸展作用は、腰部筋のIntrinsic musclesとExtrinsic musclesの並列系だけではない。これに加え、大殿筋・ハムストリングス等の股関節伸展筋群との直列系も考慮しなければならない。したがってClosed kinetic chainでの運動系においては、腰部筋より筋張力の弱い股関節伸展筋群のトレーニングが重要となる可能性が推察される。今後、この関連性についても研究を続けていきたい。

## V まとめ

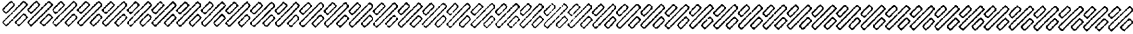
- ① Lumbar Extension Machine を使用し、柔道選手の体幹伸展筋トルク値の検索を行った。同時に、力学的見地から筋性腰痛の発生メカニズムについて検討した。
- ② 背部伸展筋等尺性筋トルク値は、両群で有意な差は認められなかった。
- ③ 腰痛群における筋力増強訓練は週1回で6週間の低頻度であったが、訓練後は有意に増強した。
- ④ 腰痛群の体幹伸展位での筋疲労を含めた筋活動性は、健常群より低い傾向が示唆された。
- ⑤ 筋性腰痛の発生メカニズムの1因子として、その運動系に関与する個々の筋肉について、分離した評価とトレーニングの必要性が示唆された。

本研究の一部は、第30回日本理学療法士学会にて報告した。

## 参考文献

- 1) 田中正一：体幹の筋力と評価。総合リハ 22：211-216, 94
- 2) 山本博司：腰痛発生のメカニズム。理学療法 4：407-416, 87
- 3) 高柳清美ら：トルクマシーンによる筋力増強法。理学療法 7：263-273, 90
- 4) 後藤博史ら：腰痛患者の体幹筋力測定。理学診療 4：22-25, 93
- 5) 李俊熙ら：体幹の運動学と体幹機能評価法。総合リハ 21：361-367, 94
- 6) Fulton MN et al: Rehabilitation and testing conservative treatment for lower-back and cervical problems. Rehab. Management 3:1-40, 90
- 7) Pollock ML et al: Effect of resistance training on lumbar extension strength. American Orthopaedic Society Medicin 17:624-629, 89
- 8) Bogduk N, et al：脊椎の臨床解剖, 66-84, 医学書院, 89
- 9) Mayer TG: Lumbar musculature: Anatomy and function. The Spine 3:89-97, 92





# 大学柔道部新入生の階級別に見た形態的特徴と階級移動による身体組成変化について

三田信孝 (東海大学体育学部社会体育学科) 恩田哲也 (東海大学スポーツ医科学研究所)  
中西英俊 (東海大学体育学部武道学科) 寺尾 保 (東海大学スポーツ医科学研究所)  
白瀬英春 (東海大学体育学部武道学科)

A study on the body characteristics of new Judo recruits and thier change in weight category

Nobutaka MITA, Tetsuya ONDA  
Hidetoshi NAKANISHI, Tamotsu TERAO  
and Hideharu SHIRASE



## Abstract

The aim of this investigation was to increase knowledge about health management especially in the area of weight control of Judo players.

Several weight categories of recruits were examined to obtain their morphological and physiological characteristics during the period of 1989 to 1995. Third and 4th years students were also studied who had changed weight category since entrance to the university.

The following results were obtained.

1) Morphological characteristic of new recruits compared with an average person of the same age. Men in +95kg and -95kg weight category were taller, heavier and had a high percentage of body fat, especially in the torso area. -71kg and -65kg are slightly shorter, heavier and had a low percentage of body fat. Thickness distribution of subcutaneous fat was found to be almost equal on the limbs and torso. -78kg and -86kg were found to be the same height but heavier.

2) Comparison with Japanese top class Judo players. It was found that from the time of entrance to the university each Judo player in all weight categories had reduced excess fat. Hence they had developed a margin in which to be able to increase less body mass.

3) For those athletes who loss weight via dieting in order to drop to a lower weight category, both levels of fat and lean body mass were reduced. For those who gained weight to move up a weight category, it was found that although the level of fat increased the percentage of lean body mass also increased but to a greater extend.

## I. はじめに

柔道競技は体重による制限のある階級と制限がない階級がある。体重の制限がある階級の多く者は、試合前において各々の階級の体重調整として、食事を制限するなどの減量に努めるのが一般的である。中にはかなり無理をして体重を短期間に減らす者も少なくない。

また、「現在の階級には他に強い者がいるから」、「トレーニングにより筋肉が増え、体重が増えたから」等の理由により、体重を増加、あるいは減少させて階級を変更する者も見られる。

短期間の急激な減量は、身体に多大の負担をかけることが知られている<sup>1)</sup>が、特に水分の減少は血液の濃縮を起こし、心臓の負担が増大する。発汗による塩分の減少は電解質異常から痙攣を引き起こすことなど、体重制限をする者にとって減量時の身体に対する負担の増大は大きな影響を持つ。

そこで、本研究は、1989年から1995年の入学生に対して、メディカルチェックとして実施した運動負荷心電図測定の際に、同時に計測した身体的特徴、および1995年度の3・4年生部員に関して入学時と異なる階級へ移動した者について、その身体組成変化を検討し、今後の柔道選手の健康管理、特にウエイトコントロールに関する方向性を追求することを目的とするものである。

## II. 方法

### 1. 対象者

対象者は本学体育会柔道部員で、1989年～1995年度入学生 178名である。それぞれを入学時に測定した体重で階級別に分けた。このうち、1992年度と1993年度入学生で入学時と異なる階級に移動した者について、入学時と階級移動後の形態的特徴について測定を行った。

入学時は1992年、1993年4月～5月に、階級移

動後は、1995年10月に測定を実施した。

### 2. 測定項目

形態測定に関しては、身長、体重、上腕背部、肩甲骨下部、大腿部前面、腹部臍横の皮下脂肪厚を測定した。

体重は、タニタ社製精密デジタル体重計により、衣服を考慮して50g単位まで測定した。各部位の皮下脂肪厚は榮研式皮脂肪計を用いて、0.5mm単位まで3回測定し、近い2つの値の平均値を測定値とした。肩甲骨下部と上腕背部の皮脂肪厚値から長嶺らの式を用いて体脂肪率を求めた。

入学時に関しては、上記項目以外に安静時血圧、安静時心拍数、自転車エルゴメーターによる最大酸素摂取量の測定を実施した。自転車エルゴメーターによる運動負荷は、毎分50回転のペダリングで、目標心拍数は被験者の予測最大心拍数の85%とした。今回の被験者においては約170拍/分であった。運動は負荷開始後3分ごとにYMCA法により負荷強度を増加させ、第4段階からは、3分ごとに25ワットずつ増加させて、目標心拍数に到達させた。運動時の運動強度と心拍数からオストランド法によって最大酸素摂取量を求めた。

## III. 結果及び考察

1995年度3～4年生部員において60名中25名(41.7%)が入学時と違う階級に移動していた。入学時より軽い体重の階級へ移動した者(25名中10名)の中には、体重を減らす事には成功したが、無理な減量により、脂肪を減らしたが、同時に筋肉も減ってしまい、よい競技成績を残すことができなかった者も存在する。入学時より重たい体重の階級へ移動した者は、25名中15名であった。

### 1. 入学時における階級別の形態的特徴(表1)

表1に入学時の階級別にみた、対象者の人数、身長、体重、体脂肪率の平均値、標準偏差を示した。対象者は、1989年から1995年に入学した本学

表1 被験者の身体的特徴 (入学時)

Table 1 Physical characteristics of subjects by each weight category (freshman)

category	number	height (cm)	body weight (kg)	% Fat (%)	Fat (kg)	LBM (kg)
+95kg	46	178.6 ± 5.6	116.0 ± 15.9	26.5 ± 8.8	30.9 ± 14.6	85.1 ± 10.5
-95kg	24	177.5 ± 4.4	89.4 ± 2.4	16.9 ± 3.6	15.1 ± 3.0	74.3 ± 3.5
-86kg	33	173.5 ± 4.4	81.7 ± 2.3	15.2 ± 4.5	12.4 ± 3.7	69.3 ± 3.8
-78kg	33	171.8 ± 3.8	74.0 ± 1.4	13.3 ± 1.8	9.8 ± 1.3	64.4 ± 2.4
-71kg	31	168.0 ± 3.4	67.5 ± 1.6	12.7 ± 1.8	8.6 ± 1.3	58.9 ± 1.7
-65kg	12	164.2 ± 3.8	63.0 ± 1.4	11.5 ± 3.3	7.7 ± 1.2	55.3 ± 1.7

category	number	skinfolds (mm)			
		triceps	subscapula	abdomen	thigh
+95kg	46	18.1 ± 8.9	26.4 ± 10.3	30.9 ± 11.1	15.7 ± 7.0
-95kg	24	11.6 ± 3.6	15.2 ± 4.2	18.9 ± 6.1	12.6 ± 4.3
-86kg	33	9.4 ± 3.7	18.3 ± 10.4	14.0 ± 6.4	10.5 ± 4.9
-78kg	33	8.3 ± 2.4	10.8 ± 2.2	9.9 ± 3.1	9.2 ± 1.9
-71kg	31	7.9 ± 2.5	11.0 ± 3.8	10.1 ± 4.5	9.0 ± 2.8
-65kg	12	7.0 ± 2.5	9.6 ± 2.8	7.6 ± 2.4	7.6 ± 1.5

category	number	rest HR (B/min)	blood pressure (mmHg)		VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)
			systolic	diastolic	
+95kg	46	62.0 ± 8.5	130.6 ± 10.8	72.7 ± 12.5	44.4 ± 5.7
-95kg	24	58.8 ± 7.3	126.2 ± 12.8	66.9 ± 13.3	55.3 ± 8.1
-86kg	33	56.3 ± 8.2	123.5 ± 11.1	65.4 ± 11.7	59.8 ± 7.8
-78kg	33	57.2 ± 9.4	121.2 ± 12.1	68.1 ± 11.8	62.5 ± 6.7
-71kg	31	59.1 ± 8.1	118.3 ± 13.2	62.8 ± 11.7	64.5 ± 7.4
-65kg	12	56.1 ± 6.8	117.4 ± 11.9	68.2 ± 17.1	69.7 ± 11.3

柔道部男子新入生合計 178名である。なお、60kg以下級の者は、1名のみであったため、本研究においては65kg以下級に含めた。

1) 身長

身長は、65kg以下級では平均値、標準偏差が164.2 ± 3.8cmであった。71kg以下級は、168.0 ± 3.4cmであり、65kg以下、71kg以下の者は、この年代の平均値 (今回の被験者では、平均18.1 ~ 18.3歳、都立大の日本人の体力標準値第4版<sup>2)</sup>、18歳が170.5cm) より低い値であった。78kg以下級は、171.8 ± 3.8cmであり、この年代の平均値に近い値であった。86kg以下級は173.5 ± 4.4cm、95kg以下級は、177.5 ± 4.4cm、95kg超級は、178.6 ± 5.6cmであった。

2) 体重

体重は、65kg以下級では平均値、標準偏差が

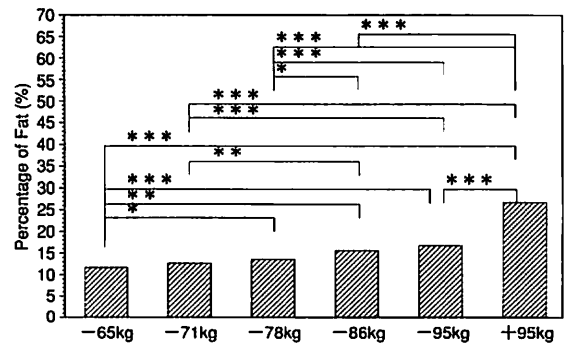


図1 階級別体脂肪率 (平均値)

Fig. 1 Percentage of Fat in each Weight Category (means)  
\*: p<0.05, \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001

63.0 ± 1.4kgであった。71kg以下級は、67.5 ± 1.6kgであった。78kg以下級は、74.0 ± 1.4kgであった。86kg以下級は81.7 ± 2.3kg、95kg以下級は、89.4 ± 2.4kg、95kg超級は、116.0 ± 15.9kgであった。すべての階級においてこの年代の平均値 (都

立大の日本人の体力標準値<sup>2)</sup>：62.0kg)より重い事が認められた。

### 3) 体脂肪率 (図1)

体脂肪率は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $11.5 \pm 3.3\%$ であった。71kg以下級は、 $12.7 \pm 1.8\%$ であった。78kg以下級は、 $13.3 \pm 1.8\%$ であった。86kg以下級は $15.2 \pm 4.5\%$ 、95kg以下級は、 $16.9 \pm 3.6\%$ 、95kg超級は、 $26.5 \pm 8.8\%$ であった。86kg以下級以上の階級では、体脂肪率が北川ら<sup>3)</sup>の報告の男子13%よりも高い傾向にあった。

### 4) 体脂肪量

体脂肪量は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $7.7 \pm 1.2\text{kg}$ であった。71kg以下級は、 $8.6 \pm 1.3\text{kg}$ であった。78kg以下級は、 $9.8 \pm 1.3\text{kg}$ であった。86kg以下級は、 $12.4 \pm 3.7\text{kg}$ であった。95kg以下級は、 $15.1 \pm 3.0\text{kg}$ であった。95kg超級では $30.9 \pm 14.6\text{kg}$ であった。体脂肪量は、体重が重くなるほど多くなる傾向が認められた。65kg以下級と71kg以下級の間のみ両者間に有意な差は認められなかった。86kg以下級と95kg以下級の間には、1%の危険率で有意な差が、それ以外の階級間では0.1%の危険率で有意な差が認められた。

### 5) 除脂肪量

除脂肪量は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $55.3 \pm 1.7\text{kg}$ であった。71kg以下級は、 $58.9 \pm 1.7\text{kg}$ であった。78kg以下級は、 $64.4 \pm 2.4\text{kg}$ であった。86kg以下級は、 $69.3 \pm 3.8\text{kg}$ であった。95kg以下級は $74.3 \pm 3.5\text{kg}$ であった。95kg超級は、 $85.1 \pm 10.5\text{kg}$ であった。除脂肪量は、体重が重たい階級になるほど多く、全ての階級間で0.1%の危険率で有意の差が認められた。

### 6) 上腕背部皮下脂肪厚

上腕背部の皮下脂肪厚は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $7.0 \pm 2.5\text{mm}$ であった。71kg以下級は、 $7.9 \pm 2.5\text{mm}$ であった。78kg以下級は、 $8.3 \pm 2.4\text{mm}$ であった。86kg以下級は、 $9.4 \pm 3.7\text{mm}$ であった。95kg以下級は $11.6 \pm 3.6\text{mm}$ であった。95kg超級は $18.1 \pm 8.9\text{mm}$ であった。上腕部の皮下脂肪厚は、体重が重い階級になるほど多くなる傾向が認められた。

階級の近い65kg以下級と71kg以下級、78kg以下級、71kg以下級と78kg以下級、86kg以下級、78kg以下級と86kg以下級、86kg以下級と95kg以下級の間では、それぞれの平均値において、有意な差は認められなかった。65kg以下級と86kg以下級の間には5%の危険率で、それ以外の階級間では、1~0.1%の危険率で有意な差が認められた。

### 7) 背部 (肩甲骨下部) 皮下脂肪厚

背部の皮下脂肪厚は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $9.6 \pm 2.8\text{mm}$ であった。71kg以下級は、 $11.0 \pm 3.8\text{mm}$ であった。78kg以下級は、 $10.8 \pm 2.2\text{mm}$ であった。86kg以下級は、 $18.3 \pm 10.4\text{mm}$ であった。95kg以下級は $15.2 \pm 4.2\text{mm}$ であった。95kg超級は $26.4 \pm 10.3\text{mm}$ であった。背部の皮下脂肪厚は、体重が重い階級になるほど多くなる傾向が認められた。65kg以下級と71kg以下級、78kg以下級、86kg以下級と95kg以下級の間では、有意な差は認められなかった。それ以外の階級間では、全て0.1%の危険率で、それぞれの間に有意な差が認められた。

### 8) 腹部皮下脂肪厚

腹部皮下脂肪厚は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $7.6 \pm 2.4\text{mm}$ であった。71kg以下級は、 $10.1 \pm 4.5\text{mm}$ であった。78kg以下級は、 $9.9 \pm 3.1\text{mm}$ であった。86kg以下級は、 $14.0 \pm 6.4\text{mm}$ であった。95kg以下級は $18.9 \pm 6.1\text{mm}$ であった。95kg超級は $30.9 \pm 11.1\text{mm}$ であった。腹部の皮下脂肪厚は、体重が重い階級になるほど多くなる傾向が認められた。65kg以下級と71kg以下級、71kg以下級と78kg以下級の間には、有意な差が認められなかった。65kg以下級と78kg以下級の間には5%の危険率で、それ以外の階級間には1~0.1%の危険率で有意な差が認められた。

### 9) 大腿部皮下脂肪厚

大腿部 (前面) 皮下脂肪厚は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $7.6 \pm 1.5\text{mm}$ であった。71kg以下級は、 $9.0 \pm 2.8\text{mm}$ であった。78kg以下級は、 $9.2 \pm 1.9\text{mm}$ であった。86kg以下級は、 $10.5 \pm 4.9\text{mm}$ であった。95kg以下級は $12.6 \pm$

4.3mmであった。95kg超級は $15.7 \pm 7.0$ mmであった。腹部の皮下脂肪厚は、体重が重い階級になるほど多くなる傾向が認められた。65kg以下級と78kg以下級の間に5%の危険率で、65kg以下級と95kg以下級、95kg超級の間に1%の危険率で有意な差が認められた。71kg以下級及び78kg以下級は、95kg以下級と1%、95kg超級と0.1%の危険率で、それぞれ有意な差が認められた。86kg以下級は95kg超級と1%の危険率で有意な差が認められた。それ以外の階級間では、有意な差が認められなかった。

#### 10) 安静時心拍数

安静時心拍数は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $56.1 \pm 6.8$ 拍/分であった。71kg以下級は、 $59.1 \pm 8.1$ 拍/分であった。78kg以下級は、 $57.2 \pm 9.4$ 拍/分であった。86kg以下級は、 $56.3 \pm 8.2$ 拍/分であった。95kg以下級は $58.8 \pm 7.3$ 拍/分であった。95kg超級は $62.0 \pm 8.5$ 拍/分であった。95kg超級は他の階級と比較して、やや高い傾向が認められた。95kg超級は、65kg以下級、78kg以下級と5%、86kg以下級と1%の危険率で有意な差が認められた。

#### 11) 安静時血圧

安静時血圧について、収縮期血圧は、65kg以下級が $117.4 \pm 11.9$ mmHg、71kg以下級が $118.3 \pm 13.2$ mmHg、78kg以下級が $121.2 \pm 12.1$ mmHg、86kg以下級が $123.5 \pm 11.1$ mmHg、95kg以下級が $126.2 \pm 12.8$ mmHg、95kg超級が $130.6 \pm 10.8$ mmHgであった。体重が重たい階級は、他の階級と比較して、収縮期血圧が高い傾向が認められた。95kg以下級は71kg以下級と5%、95kg超級は65kg以下級、86kg以下級と1%、71kg以下級、78kg以下級と0.1%の危険率でそれぞれ有意差を認めた。それ以外の階級間においては、有意差が認められなかった。

拡張期血圧は、65kg以下級が $68.1 \pm 17.1$ mmHg、71kg以下級が $62.8 \pm 11.7$ mmHg、78kg以下級が $68.1 \pm 11.8$ mmHg、86kg以下級が $65.4 \pm 11.7$ mmHg、95kg以下級が $66.9 \pm 13.3$ mmHg、95kg超級が $72.7 \pm 12.5$ mmHgであった。95kg超級は、他の階級と比較

して拡張期血圧が高い傾向が認められた。95kg超級は、71kg以下級と0.1%、86kg以下級と5%の危険率で有意な差が認められた。

#### 12) 体重当たりの最大酸素摂取量

体重当たりの最大酸素摂取量は、65kg以下級では平均値、標準偏差が $69.7 \pm 11.3$ ml/kg/分であった。71kg以下級は、 $64.5 \pm 7.4$ ml/kg/分であった。78kg以下級は、 $62.5 \pm 6.7$ ml/kg/分であった。86kg以下級は、 $59.8 \pm 7.8$ ml/kg/分であった。95kg以下級は $55.3 \pm 8.1$ ml/kg/分であった。95kg超級は $44.4 \pm 5.7$ ml/kg/分であった。体重が重たくなるほど最大酸素摂取量は、減少する傾向が認められた。65kg以下級と71kg以下級、71kg以下級と78kg以下級、78kg以下級と86kg以下級の間には有意な差が認められなかった。65kg以下級と78kg以下級、71kg以下級と86kg以下級、86kg以下級と95kg以下級は、それぞれ5%の危険率で、65kg以下級と86kg以下級は1%、それ以外の階級間には0.1%の危険率で有意な差が認められた。

以上、柔道部新入生の形態的特徴と生理学的特徴についてその結果をみてきたが、大学柔道選手は、体重の制限がない95kg超級者は、身長、体重、体脂肪率、各部位の皮下脂肪が有意に高いことが認められた。北川らの報告<sup>3)</sup>によると、アスリートとしては、日本人では5~10%が望ましいと考えられる。ただし、柔道部員に関しては、体脂肪が多く、体重が重たい事の利点として、大きな慣性を生じるので、崩しにくい、動き始める際には大きなパワーを生じる、押さえ込みには有利であることが考えられると述べている。この点から見ても、95kg超級者においては、形態的には柔道競技に合った状況にあることが考えられる。しかし、運動生理学的な面から見ると、体重当たりの最大酸素摂取量は有意に低く、安静時心拍数、安静時血圧において有意に高値を示した。

このことから、95kg超級の者は、体幹部、特に腹部に皮下脂肪が多い、腹部肥満型の体形であり、血圧が高いなど、すでに成人病の予防を考える必要がある状態にある者も存在する事が示唆さ

れた。我々が行った運動負荷心電図結果によると、柔道選手は一般人よりも不整脈などの心電図異常が多く、約50%の者に異常所見を認めている。特に身長が高く、体脂肪率が高い95kg超級者においては、心臓の虚血性変化や心室性期外収縮など、心臓に対する負担が多いことを示唆する所見が多い事を報告<sup>4)</sup>している。

一方、95kg以下の者は、全体的に見ると、形態的には、体脂肪率は、ほぼ一般的な平均値(13%)に近い値であり、身長も一般的な平均値に近いが、体重がかなり重く、除脂肪体重から見ても、筋肉質な状況にあることが認められた。また、安静時心拍数が低く、最大酸素摂取量が多く、スポーツ心臓を示唆する結果も認められていた。階級別に見ると体重が重たくなるに従い、95kg超級者と同様の傾向が認められていた。

これらのことから、95kg超級者に対しては、過剰な体脂肪を増やさない、筋肉をより増やすような食事取り方、トレーニング方法などの指導と同時に負荷心電図、血圧、血液検査などによる定期的な健康管理が必要であると考えられる。また、95kg以下の者は、体重制限があることから、試合前の減量時には短期間に身体に対して、高い負担をかけていることが考えられ、短期間に無理な減量をしなくても良いような、食事の取り方、体重のコントロールなどの指導が必要であると考えられる。

## 2. 階級移動後の形態的特徴

1995年度の3、4年生60名中、入学後に階級を移動した者は、4年生で30名中10名、3年生で30名中15名であった。階級を移動した25名中、減量をして入学時より軽い階級へ移動した者は10名、増量して重たい階級へ移動した者は15名であった。1名が2階級の増量による移動であった。他は全て1階級の減量あるいは増量の移動であった。階級毎の人数が少ないので、減量した群(以下、減量群とする。)と増量した群(以下、増量群とする。)の2群に分けてその結果(表2)を見る事にする。

### 1) 体重

体重の変化は、減量群で入学時の平均と標準偏差が $79.5 \pm 9.7\text{kg}$ であったものから、移動後が $74.2 \pm 8.8\text{kg}$ に減っており、その変化量は $-5.28 \pm 1.8\text{kg}$ であった。増量群では、入学時の平均値と標準偏差が $73.7 \pm 11.6\text{kg}$ から、移動後は $80.5 \pm 12.4\text{kg}$ に増加しており、その変化量は $+6.8 \pm$

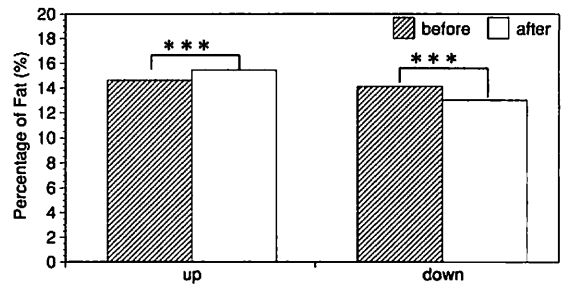


図2 階級別移動者の体脂肪率の変化

Fig. 2 Changes of % Fat of subjects who was changed their weight categories (means)

\*\*\*:  $p < 0.001$

表2 階級を変えた被験者の身体的特徴

Table 2 Physical characteristics of subjects who was changed their weight categories

category	number	body weight (kg)		% Fat (%)		Fat (kg)		LBM (kg)	
		before	after	before	after	before	after	before	after
up	15	73.7 ± 11.6	80.5 ± 12.4***	14.6 ± 4.4	15.4 ± 4.9***	11.0 ± 4.9	12.7 ± 5.9***	62.6 ± 8.1	67.2 ± 7.5***
down	10	79.5 ± 9.7	74.2 ± 8.8***	14.0 ± 4.5	12.9 ± 4.0***	11.4 ± 5.0	9.8 ± 4.1***	68.1 ± 7.0	64.4 ± 6.7***

category	number	skinfolds (mm)							
		triceps		subscapula		abdomen		thigh	
		before	after	before	after	before	after	before	after
up	15	8.6 ± 3.7	9.5 ± 4.4*	13.4 ± 6.1	14.2 ± 6.1*	12.8 ± 6.1	14.0 ± 7.5*	8.5 ± 1.9	9.1 ± 2.6
down	10	8.9 ± 4.0	7.9 ± 3.4***	11.6 ± 5.7	10.5 ± 5.5***	15.2 ± 5.3	13.8 ± 4.8***	8.5 ± 1.7	7.7 ± 1.4**

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

3.3kgであった。入学時と移動後では、当然ではあるが、体重が有意な差を認めた。変化量の絶対値としてみると、減量群と増量群の間に有意な差は認められなかった。

## 2) 体脂肪率 (図2)

体脂肪率は、減量群では、入学時の平均値と標準偏差が $14.0 \pm 4.5\%$ から、移動後は $12.9 \pm 4.0\%$ に減少していた。その変化量は $-1.1\%$ であった。増量群は入学時の $14.6 \pm 4.9\%$ から、移動後は $15.4 \pm 4.9\%$ に増加していた。入学時と移動後では、減量群では $0.1\%$ 、増量群では $1\%$ の危険率において有意な差を認めた。変化量の絶対値でみると、減量群と増量群の間に有意な差は認められなかった。

## 3) 体脂肪量

体脂肪量の変化は、減量群で入学時の平均と標準偏差が $11.4 \pm 5.0\text{kg}$ であったものから、移動後が $9.8 \pm 4.1\text{kg}$ に減っており、その変化量は $-1.6 \pm 1.0\text{kg}$ であった。増量群では、入学時の平均値と標準偏差が $11.0 \pm 4.9\text{kg}$ から、移動後は $12.7 \pm 5.9\text{kg}$ に増加しており、その変化量は $+1.7 \pm 1.5\text{kg}$ であった。入学時と移動後では、減量群では $0.1\%$ 、増量群では $1\%$ の危険率において有意な差を認めた。変化量の絶対値でみると、減量群と増量群の間に有意な差は認められなかった。

## 4) 除脂肪体重 (図3)

除脂肪体重 (LBM) の変化は、減量群で入学時の平均と標準偏差が $68.1 \pm 7.0\text{kg}$ であったものから、移動後が $64.4 \pm 6.7\text{kg}$ に減っており、その変化量は $-3.7 \pm 1.3\text{kg}$ であった。増量群では、入

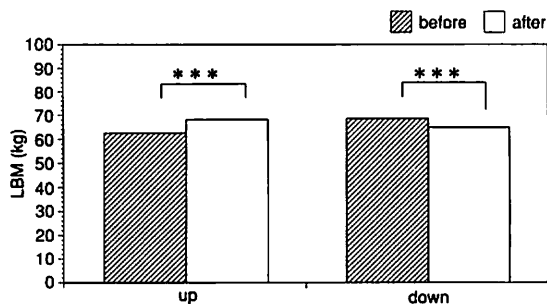


図3 階級別移動者の除脂肪量の変化

Fig. 3 Changes of LBM of subjects who was changed their weight categories (means)

\*\*\*:  $p < 0.001$

学時の平均値と標準偏差が $62.6 \pm 8.1\text{kg}$ から、移動後は $67.2 \pm 7.5\text{kg}$ に増加しており、その変化量は $+4.6 \pm 1.8\text{kg}$ であった。入学時と移動後では、両群とも $0.1\%$ の危険率において有意な差を認めた。変化量の絶対値でみると、減量群の方が少ないようであるが、増量群の間に有意な差は認められなかった。

## 5) 上腕背部皮下脂肪厚

上腕背部の皮下脂肪厚の変化は、減量群で入学時の平均と標準偏差が $8.9 \pm 4.0\text{mm}$ であったものから、移動後が $7.9 \pm 3.4\text{mm}$ に減っており、その変化量は $-1.0 \pm 0.6\text{mm}$ であった。増量群では、入学時の平均値と標準偏差が $8.6 \pm 3.7\text{mm}$ から、移動後は $9.5 \pm 4.4\text{mm}$ に増加しており、その変化量は $+0.9 \pm 1.4\text{mm}$ であった。入学時と移動後では、減量群が $0.1\%$ 、増量群が $5\%$ の危険率において有意な差を認めた。変化量の絶対値でみると、減量群の方が少ないようであるが、増量群との間に有意な差は認められなかった。

## 6) 背部 (肩甲骨下部) 皮下脂肪厚

背部皮下脂肪厚の変化は、減量群で入学時の平均と標準偏差が $11.6 \pm 5.7\text{mm}$ であったものから、移動後が $10.5 \pm 5.5\text{mm}$ に減っており、その変化量は $-1.1 \pm 0.6\text{mm}$ であった。増量群では、入学時の平均値と標準偏差が $13.4 \pm 6.1\text{mm}$ から、移動後は $14.2 \pm 6.1\text{mm}$ に増加しており、その変化量は $+0.8 \pm 0.8\text{mm}$ であった。入学時と移動後では、減量群は $0.1\%$ 、増量群は $5\%$ の危険率において有意な差を認めた。変化量の絶対値でみると、増量群の方が少ないようであるが、減量群との間に有意な差は認められなかった。

## 7) 腹部皮下脂肪厚

腹部皮下脂肪厚の変化は、減量群で入学時の平均と標準偏差が $15.2 \pm 5.3\text{mm}$ であったものから、移動後が $13.8 \pm 4.8\text{mm}$ に減っており、その変化量は $-1.4 \pm 0.8\text{mm}$ であった。増量群では、入学時の平均値と標準偏差が $12.8 \pm 6.5\text{mm}$ から、移動後は $14.0 \pm 7.5\text{mm}$ に増加しており、その変化量は $+1.2 \pm 1.8\text{mm}$ であった。入学時と移動後では、減量群は $0.1\%$ 、増量群は $5\%$ の危険率において有

意な差を認めた。変化量の絶対値でみると、増量群の方が少ないようであるが、減量群との間に有意な差は認められなかった。

#### 8) 大腿部皮下脂肪厚

大腿部(前面)皮下脂肪厚の変化は、減量群で入学時の平均と標準偏差が $8.5 \pm 1.7$ mmであったものから、移動後が $7.7 \pm 1.4$ mmに減っており、その変化量は $-0.8 \pm 0.5$ mmであった。増量群では、入学時の平均値と標準偏差が $8.5 \pm 1.9$ mmから、移動後は $9.1 \pm 2.6$ mmに増加しており、その変化量は $+0.6 \pm 1.2$ mmであった。入学時と移動後では、減量群は1%の危険率において有意な差を認めたが、増量群では有意な差は認められなかった。変化量の絶対値でみると、増量群の方が少ないようであるが、減量群との間に有意な差は認められなかった。

以上、本学の柔道部員の入学時と階級を移動した後の形態的な特徴についてみてきたが、1996年度の選抜柔道体重別大会に参加した日本のトップクラスの選手(以後、トップクラスとする)のデータ<sup>5)</sup>と比較検討してみると、以下のような傾向が認められた。なお、過去のトップクラスの選手<sup>1, 6, 7, 8)</sup>と1996年度の結果において形態的特徴を見てみると、特に95kg超級の身長と体重が増加している傾向にある。それ以下の階級では、体重が重たくなるほど身長が高くなる傾向が認められている。

入学時において95kg超級は、身長では、平均値で約10cmほど低く、体重では約8kgほど軽いことが認められた。除脂肪量では、約13kg軽いが、体脂肪率では約5%ほど高く、脂肪が多いことが認められた。皮下脂肪厚では、上腕背部では、約4mm厚く、背部では約0.6mm薄く、腹部では約4mm薄く、体幹部より四肢に脂肪が厚いことが認められた。95kg超級者では、入学後に階級移動をした者はいなかった。このことから、95kg超級者は、身長の増加は無理としても、トレーニングにより筋肉量を増加させ、余分な脂肪を減らす余地を十分に持っていることが考えられる。

95kg以下級から下では、トップクラスと比較して、それぞれの階級において身長では約2~4cm低く、体重では約2~4kgほど軽いことが認められた。95kg以下級は体脂肪率では、トップクラスとほぼ同様の値であったが、除脂肪量は約5kg少なかった。それ以下の者では、体脂肪率が約2~3%高く、除脂肪量では約3~6kg少ない事が認められた。皮下脂肪厚は、上腕背部では約1.5mm~3mm厚く、背部では95kg以下級が約1.6mm薄いが、他の階級では約2~7mmほど厚く、腹部では95kg以下級が約3.7mmほど薄く、86kg、78kg以下級はほぼ同じ値であった。その他の階級は約3mmほど厚かった。これらのことから、95kg以下級者は、体脂肪率がトップクラスとほぼ同じであることから、主としてトレーニングにより、筋肉量を増加する必要があると考えられる。それ以下の階級においては、脂肪を減らし、筋肉量を増加させる必要があると考えられる。なお、諸事情によって、階級を上げたり、下げたりした場合、特に減量をして、階級を下げる場合には、除脂肪量の減少が著明に認められた。また、増量した場合には、除脂肪の増加が認められたが、脂肪量の増加も認められた。このことから、トレーニングと栄養摂取についての指導と管理などが重要であると考えられる。

## IV. まとめ

本研究は、柔道選手の健康管理、特にウエイトコントロールに関する方向性を追求することを目的とするものである。1989年から1995年の男子柔道部員新入生の、形態的、生理学的特徴について階級別に検討した。加えて、および1995年度の3・4年生部員に関して、入学時と異なる階級へ移動した者について、その身体組成変化を検討した。その結果、以下のような成績を得た。

### 1. 入学時の形態的特徴

1) この年代の一般的な平均値と比較して、



95kg超級、95kg以下級者において、身長が高く、体重が重く、体脂肪率が高く、体幹部に脂肪が多い事が認められた。71kg以下級、65kg以下級の者は、身長がやや低く、体重はやや重く、体脂肪率は少なく、皮下脂肪厚の分布は、四肢と体幹部がほとんど同じ厚さであった。78kg以下、86kg以下級の者は、身長は同じであるが、体重は重たく、体脂肪率はやや高い事が認められた。

2) 日本のトップクラスと比較すると、入学時における状態は、各階級とも余分な脂肪を減らし、除脂肪体重を増やす余地を十分に持っていることが認められた。

## 2. 階級移動後の形態的特徴

1) 階級の移動後は、減量をして階級を下げた者は、脂肪が減っていたが、除脂肪体重も減っている事が認められた。体重を増やして、階級をあげた者は、脂肪も増えたが、それ以上に除脂肪体重が増えている事が認められた。

## 参考文献

1) 日本体育協会スポーツ科学委員会、「柔道選手の減量時の形態及び機能変化に及ぼす減量食の影響

について」、日本体育協会スポーツ医・科学研究事業報告、No. 2 競技種目別競技力向上に関する研究—第7報、p. 18~23、1983年

2) 東京都立大学体育学研究室編、「日本人の体力標準値第4版」、不昧堂、p. 21~63、1989年

3) 北川 薫、「身体組成とウエイトコントロール」、杏林書院、p. 120~136、1989年

4) 三田信孝、白瀬英春、中西英敏「大学柔道部新入生の運動負荷心電図と形態的特徴について」、武道学研究、第29巻別冊、p. 50、1996年

5) 全日本柔道連盟、「平成8年度選抜柔道体重別大会形態測定結果資料」、1996年

6) 日本体育協会スポーツ科学委員会、「超重量級選手の身体・体力特性、強化選手の体力標準値、全日本国際試合強化選手の体力・運動能力測定結果」、日本体育協会スポーツ医・科学研究事業報告、No. 2 競技種目別競技力向上に関する研究—第3報、p. 46~68、1979年

7) 日本体育協会スポーツ科学委員会、「競技力と形態および体力との関係、メディカルチェックからみた柔道選手の特性」、日本体育協会スポーツ医・科学研究事業報告、No. 2 競技種目別競技力向上に関する研究—第5報、p. 69~86、1981年

8) 全日本柔道連盟、「平成4年度8月合宿時体力測定結果資料」、1992年

# 低圧環境下における持続的運動負荷時に気圧変動をさせた場合の血中乳酸濃度および心拍応答に及ぼす影響

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 恩田 哲也 (スポーツ医科学研究所)  
中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 有賀 誠司 (スポーツ医科学研究所)  
松前光紀 (医学部脳神経外科学教室) 田辺晃久 (医学部内科学1教室)  
山下泰裕 (体育学部武道学科) 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)

Effects of variation of barometric pressure on blood lactate concentration and heart rate during endurance exercise in hypobaric environment

Tamotsu TERAO, Tetsuya ONDA,  
Yutaka NAKAMURA, Seiji ARUGA  
Mitsunori MATSUMAE, Teruhisa TANABE,  
Yasuhiro YAMASHITA, Suketsune IWAGAKI,  
Nobuyuki SATO, and Masaru SAITO

## Abstract

This investigation is one of the main studies which can be used to gain a better understanding in the performance enhancement of athletes. Athletes were subjected to hypobaric environment (high altitude) training in order to attain an understanding of both blood lactate levels and heart rate in endurance ability related performances. Exercise intensity based on the 4mM level determined by blood lactate concentration in hypobaric environment was used as a standard. One set of athletes were examined at 2,000m after one hour stay at 4,000m high altitude and one at a fix level of 2,000m.

Athletes performed at differing altitudes produced steady state at lactate equalling 4mM during physical activity. They also gave lower heart rates compared with athletes examined at fix altitudes. Athletes performed at fix altitudes produced fluctuating levels of lactate which increased during exercise.

It was concluded that athletes performed at varying high altitudes might be effective to the balance of blood lactate entry and removal, and response of heart rate. Hence it can be seen that this form of training is one of the more beneficial methods for athletes involved with endurance based sports.

## I. 緒言

近年、高地トレーニングは、陸上競技、水泳をはじめ、多くのスポーツ選手にとって競技力向上のための重要なトレーニングの一つとして定着しつつある。この高地トレーニングによる生理的効果は、心肺機能の向上、組織への酸素運搬系機能の向上、運動時の疲労物質である乳酸処理能の亢進、などが報告されている<sup>2)</sup>。これらの効果が競技力向上に貢献するものと考えられている。

一方、高地トレーニングと同等の効果が期待できる方法としては、低压室を用いた低压環境下トレーニングがある。この方法は、平地において高地トレーニングが可能であるという利点がある。実際に低压環境下におけるトレーニングで運動能力の向上を得るには、低压負荷条件、運動負荷強度および持続時間等の設定が重要である。

既に、前報<sup>3)</sup>では、標高2,000m相当の低压環境下における4 mMレベルの持続的トレーニング負荷強度の設定は、漸増負荷テストで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、一定負荷テストで、競技種目の特性を考慮して持続時間を設定し、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、より有効な持続的トレーニング負荷強度の設定が得られることを報告した。

さて、実際の高地トレーニングは、気圧を自由に調整することが不可能であるが、低压室を用いたトレーニングでは気圧を自由に調整することが可能である。そこで、高度の高低差、すなわち、気圧を変化させた低压トレーニングの影響については、ほとんど報告されていないのが現状である。

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実験の一環として、前述の低压室でのメリットに注目し、低压環境下で異なる気圧環境条件の組み合わせが血中乳酸濃度4 mMレベルを指標とした持続的運動にどのような影響を及ぼすかを血中乳酸濃度の動態および心拍の応答か

ら検討した。

## II. 実験方法

### 1. 対象者

実験対象は、東海大学柔道部OBで現在も実業団に所属する柔道選手2名(N.O.年齢24歳、T.T.年齢23歳)を被験者とした。なお、被験者は、競技力向上を目的として低压トレーニングに積極的に参加希望した競技者の中から選んだ。被験者には、実験前に、本研究の目的および低压室を使用した低压環境の内容等を十分に説明を行った。

### 2. 運動負荷テスト

低压環境下の測定は、東海大学スポーツ医科学研究所に設置されている低压(高地トレーニング)室を使用した。運動負荷テストは、標高2,000mに相当する低压環境下(596mmHg)において実施した。このテスト方法としては、トレッドミルの傾斜角を5%に固定して、7 km/h、8 km/h、9 km/hおよび10km/hの4速度で、それぞれ5分間のランニングを行わせた。各運動の間には、10分間の休息時間を入れた。

血中乳酸濃度は、各5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。

### 3. 乳酸4 mMレベルの判定

運動負荷テストでの血中乳酸4 mMレベルの判定については、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。

### 4. 実験条件

本研究は、実験(I)として標高2,000m相当の低压環境(596mmHg)、実験(II)が標高4,000m相当の低压環境(462mmHg)で、その後、2,000m相当の低压環境にそれぞれ調整した。すなわち、実験Iは、標高2,000m相当の低压環境に到達後、約30分間の安静状態を保持し、その

後、ウォーミングアップ（ストレッチング10分間、ウォーキングおよびジョギング20分間）を30分間行ってから、休息をはさんで持久的運動を開始させた。実験Ⅱでは、最初、4,000m相当の低圧環境に到達後1時間滞在し、この間に30分間の安静後、実験Ⅰと同様にウォーミングアップを30分間行わせた。その後、2,000m相当の低圧環境条件に調整してから持久的運動を開始させた。なお、低圧室内は、環境温度を25℃、相対湿度を50%に保持するように環境制御を行った。

### 5. 異なる実験条件における持久的運動の負荷強度および持続時間

本研究の持久的運動の負荷強度は、標高2,000mに相当する低圧環境条件において運動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および心拍数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。心拍数の測定は、POLAR VANTAGE XL HEART RATE MONITOR（Polar Electro Oy in Finland）によって行った。さらに、運動中には、自覚的運動強度（RPE）を Borg スケール<sup>3)</sup>によって測定した。

## Ⅲ. 実験結果

### 1. 標高2,000mに相当する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1は、標高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。乳酸4 mMレベルに相当するランニング速度は、N.O.が9.4km/hであり、T.T.が8.8km/hであった。

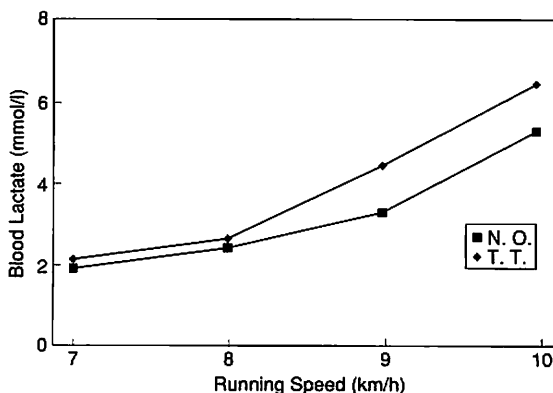


図1 標高2,000m相当の低圧環境下における血中乳酸濃度とランニング速度との関係

Fig. 1 Relationship between blood lactate concentration and running speed during hypobaric environment in 2,000m simulated altitude.

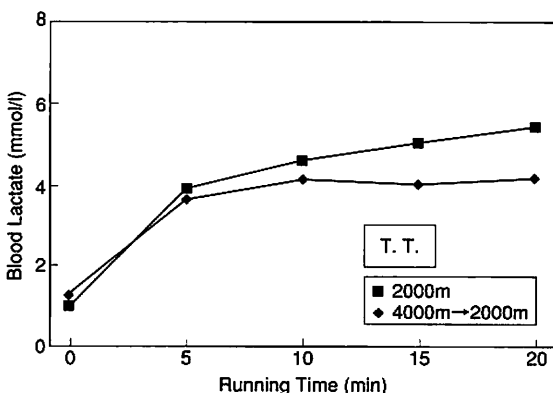
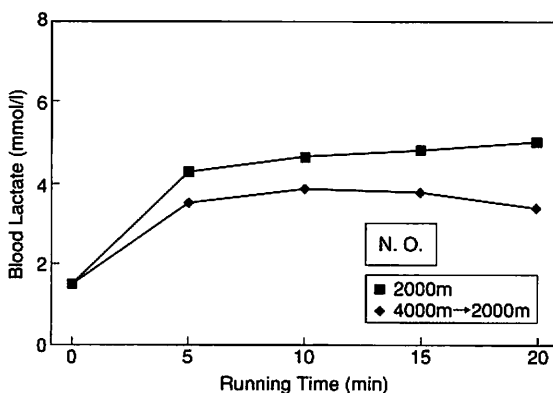


図2 低圧環境下における二種の異なる実験条件による乳酸4 mMの負荷強度に対する血中乳酸濃度の変動

Fig. 2. Changes of blood lactate concentration during exercise intensity based on 4mM level determined by blood lactate concentration during two different experiment in hypobaric environment.

## 2. 実験条件による乳酸4 mMレベルに相当する持続的運動負荷強度に対する血中乳酸濃度の変動

図2には、標高2,000mに相当する低圧環境下における運動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、異なった実験条件で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。実験Ⅰの低圧環境下では、両被験者とも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た。一方、実験Ⅱの低圧環境下での運動では、実験Ⅰとは異なり、両被験者とも運動開始5分ではほぼ4 mMレベル前後に達し、以後、運動中はこのレベルを維持していた。

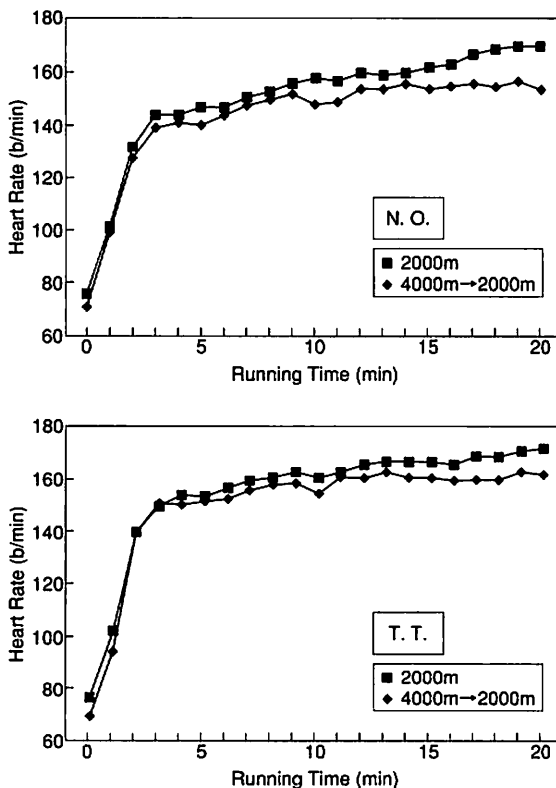


図3. 低圧環境下における二種の異なった実験条件による乳酸4 mMの負荷強度に対する心拍数の変動

Fig. 3. Changes of heart rate during exercise intensity based on 4mM level determined by blood lactate concentration during two different experiment in hypobaric environment.

## 3. 実験条件による乳酸4 mMレベルに相当する持続的運動負荷強度に対する心拍数の変動

標高2,000m相当の低圧環境下における運動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、異なった実験条件で20分間のランニングを行った時の心拍数の変動を図3に示した。運動時の心拍数は、実験Ⅰの2,000mレベルのみの運動よりも、実験Ⅱの気圧の変化をさせた運動の方が両被験者とも低値を示し、運動終了前1分間では約10~15拍/分程度の差があった。

## 4. 環境条件による自覚的運動強度 (RPE)

運動中のRPEは、N.O. およびT.T.とも実験Ⅰで15「きつい」と感じたのに対して、実験ⅡではN.O.が13「ややきつい」に、T.T.が14にそれぞれ低下傾向を示した。

## 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実験として、低圧環境下における異なった低圧環境条件の組み合わせが乳酸4 mMレベルを指標とした持続的運動にどのような影響を及ぼすかを血中乳酸濃度の動態および心拍の応答から検討した。

本研究の結果、高度2,000mレベルにおける運動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、異なった実験条件で持続的運動を行った時の血中乳酸濃度は、実験Ⅰの高度2,000mレベルのみでは両被験者とも定常状態がみられず、運動中、徐々に上昇する傾向を示した。一方、4,000mレベルから2,000mレベルへと高度の高低差を利用した実験Ⅱの持続的運動では、実験Ⅰと異なり、両被験者とも運動開始5分ではほぼ4 mMレベル前後に達し、以後、運動中はこのレベルを維持していた。一般に、血中乳酸濃度は、乳酸の産生と除去とのバランスの上になり立っていること<sup>4)</sup>が報告されている。筋中での乳酸産生は、平地において比較的負荷強度の軽い運動を

行った場合でも認められる。しかし、産生された乳酸は、速やかに除去される。したがって、血中乳酸濃度の上昇はみられない。運動の負荷強度が増加してくると、乳酸の産生が除去の能力を上まるとなり、除去のできなかった分だけ血中の乳酸濃度を上昇させることになる。低圧環境下では、平地と比較して酸素分圧も低下してくる。この環境下で持久的運動を行うと、その運動強度に見合った酸素の供給が遅延、あるいは不足するため、身体が著しい低酸素状態に追い込まれることになる。したがって、低酸素環境への急性暴露時に運動を行った場合、血中乳酸濃度の増加すること<sup>5,6)</sup>が報告されている。これは、低圧条件の違いによっても血中乳酸濃度に及ぼす影響も異なっていよう。そこで、本研究のように低圧環境下において同一の運動強度でも運動中の血中乳酸濃度は、二つの実験で異なった結果が得られた。このことについては、高度4,000mでの安静、さらには、ウォーミングアップとしてストレッチング、ウォーキングおよびジョギングなどの運動を行ったことにより急性適応（順応時間）を、より促進することができ、この効果がその後の高度2,000mレベルでの運動には、運動強度に見合った酸素の供給が実験Ⅰよりも効率よく行われていたものと考えられる。したがって、急性適応の過程では、高度の高低差と運動の影響が効果的に現れたと推察されるであろう。その結果、高度の高低差を利用した実験Ⅱの4 mMレベルでの運動は、一定高度の実験Ⅰ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、このような急性適応は、運動中の心拍応答にもよく現れており、高度の高低差を利用して4,000mから2,000mレベルへと変化させた後の運動は、2,000mレベルのみの運動に比較して、約10～15拍/分程度少ない水準で遂行されていた。低圧環境下での最大下運動時の心拍数は、高度の上昇、すなわち、気圧の低下とともに増加することが考えられる。特に、この増加は、高度3,000mレベル<sup>6)</sup>、あるいは運動強度にも関係するが強度の低い運動でも高度3,500m<sup>7)</sup>になると著

明であることが報告されている。そこで、高い高度になればなる程に身体は、当然のことながら環境に適応して防衛するメカニズムが働いてくる。すなわち、低圧環境下では、運動による酸素摂取量の低減を補うため、心拍数や換気量の増加などの変化が生じてくること<sup>2)</sup>が認められている。本研究では、4,000mレベルによる安静時の呼吸循環系の亢進の上に、ウォーミングアップによる生理的効果を加えた合成効果がその後の2,000mレベルにおける運動時の心拍数の減少に貢献したことが考えられる。なお、これらの詳細な機序については、血中乳酸の変動と同様に不明な点があり、今後の課題でもある。

さらに、運動時のRPEは、両被験者とも実験Ⅰに比較して、実験Ⅱでそれぞれ低下傾向を示していた。このRPEの値からも同一運動強度でも高度4,000mから2,000mへと変化させた後の運動は、高度2,000mレベルのみの運動よりも楽に行われていたことが示唆される。

そこで、この高度の高低差を利用した方法で男子の競泳選手2名（東海大学水泳部、4年生）を被験者に、スイムベンチを用いて3か月間のトレーニングを行わせた実験<sup>10)</sup>がある。その結果、「第72回日本学生選手権水泳競技大会」には、1名（200mバタフライ）が高校3年時に出した2分6秒90の自己ベスト記録を約2秒も短縮して、2分4秒98のベスト記録を更新し、決勝進出を遂げることができた。また、他の1名についても大学1年以來自己ベストを更新することが困難であったものが、ついには自己ベスト記録を更新することができた。したがって、これらの自己ベスト記録の更新に低圧環境下における高度の高低差を利用したトレーニングが一部貢献し得たものと考えられる。

以上、本研究の成績から、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久的運動は、高度の高低差を利用して4,000mから2,000m相当の低圧環境下へと変化させた後に運動を行った方が、2,000m相当の低圧環境下のみ運動よりも乳酸の処理能および心拍の応答に好

影響を与えることが考えられた。したがって、この方法は、持久的トレーニングの効果をj得る上で、より有効なトレーニングの一つになるのではないかと示唆された。

## 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実験の一環として、低圧環境下で異なる気圧環境条件の組み合わせが血中乳酸濃度4 mMレベルを指標とした持久的運動にどのような影響を及ぼすかを血中乳酸濃度の動態および心拍の応答から検討した。

その成績を示すと次のごとくである。

1) 標高2,000m相当の低圧環境下における運動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、二つの実験条件で20分間の持久的運動を行った時の血中乳酸濃度は、高度2,000mレベルのみでは定常状態がみられず、運動中、徐々に上昇する傾向を示した。一方、4,000mレベル(安静およびウォーミングアップ)から2,000mへと高度の高低差を利用した時の持久的運動では、ほぼ4 mMレベル前後を維持していた。

2) 標高2,000mに相当する低圧環境下における運動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、二つの実験条件で20分間の持久的運動を行った時の心拍数は、4,000mレベルから2,000mへと高度の高低差を利用した時の方が2,000mレベルのみの時よりも約10~15拍/分程度少ない水準で遂行していた。

3) 運動中の主観的運動強度(RPE)は、高度2,000mレベルのみの運動で15「きつい」と感じたのに対して、4,000mから2,000mレベルに変化させた時の運動では13「ややきつい」、または14にそれぞれ低下傾向を示した。

以上、本研究の成績から、低圧環境下における血中乳酸4 mMレベルを指標とした持久的運動は、高度の高低差を利用して4,000m(安静、ウォーミングアップ)から2,000m相当の低圧環境

下へと変化させた後に運動を行った方が、2,000m相当の低圧環境下でのみの運動よりも乳酸処理能および心拍の応答に好影響を与えることが考えられた。したがって、この方法は、持久的トレーニングの効果をj得る上で、より有効なトレーニングの一つになるのではないかと示唆された。

## 参考文献

- 1) 浅野勝己、高橋裕美、菊地和夫、松坂晃、千葉智則：低圧・低酸素環境下運動における負荷強度と心拍応答に関する研究、筑波大学体育科学系紀要、10：235-242、1987。
- 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) Borg, G.A.V. : Perceived exertion : A note on "history" and methods. Med. Sci. Sports 5 : 90-93, 1973.
- 4) Brooks, G.A. : Anaerobic threshold : review of the concept and directions for future research. Med. Sci. Sports Exerc. 17 : 22-31, 1985.
- 5) Brooks, G.A., Butterfield, G.E., Wolfe, R.R., Groves, B.M., Mazzeo, R.S., Sutton, J.R., Wolfel, E.E., and Reeves, J.T. : Decreased reliance on lactate during exercise after acclimatization to 4,300m. J. Appl. Physiol. 71 : 333-341, 1991.
- 6) 平井雄介、田口信教、芝山秀太郎、須藤明治、荻田太：急性低圧環境暴露が水泳運動時の酸素運搬系に及ぼす影響、体力科学、40(6)：549、1991。
- 7) 星川佳広、宮下充正：高度500mから3500mまでの4つの高度で行われる最大定常運動と最大運動に対する生理応答、Jpn. J. Sports Sci., 15 : 349-355、1996。
- 8) Knuttgen, H.G. and Saltin, B. : Oxygen uptake, muscle high-energy phosphates, and lactate in exercise under acute hypoxic condition in man. Acta Physiol. Scand., 87 : 368-376, 1973.
- 9) 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、佐藤宣踐、齋藤勝：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久的トレーニング負荷強度についての検討、東海大学スポーツ医科学雑誌、8 : 65-72、1996。
- 10) 寺尾保ほか、未発表資料。

# 剣道の正面打突動作に関する Biomechanics 的研究

——八段者と三段者の比較——

笹木春光 (体育学部非常勤助手)      古谷嘉邦 (体育学部体育学科)  
網代忠宏 (体育学部武道学科)      広川龍太郎 (体育学部非常勤助手)

A Biomechanical Study of an Attacking Frontal KENDO Stroke

— Comparison between an 8th Dan and 3th Dan —

Harumitsu SASAKI, Yoshikuni FURUYA  
Tadahiro AJIRO, and Ryoutarou HIROKAWA

## Abstract

In order to attain information regarding the ideal frontal strike in KENDO, a comparative examination of 'form' and 'spring from the floor' between 8th Dan KENDOKA and 3rd Dan KENDOKA were taken. The following results were attained.

1) Form : In tests 1 and 2, during the uplift of the SHINAI, the 8th Dan tilted his shoulder slightly to the right. As a result of this, the twisted angle increased. The upper-body inclination angle during the 'on guard' posture and the striking phase showed a smooth and gentle shift.

The 3rd Dan tilted his shoulder to the left during the uplift phase.

The hip rotated to the left immediately after the uplift. Furthermore, during the downward movement phase there was a significant left rotation of the shoulder. As a result of this the twisted angle were small.

After the strike twisted value was negative, and also upper-body inclination angle decreased immediately.

2) Spring from the floor : During tests 1 and 2, the 8th Dan transferred his weight (forward) before springing from his feet. Also, he simultaneously moved his right foot as he pushed off with the left.

The 3rd Dan showed a difference in his actions during both tests. Their right began to move before the left foot began to push off.



## I. 研究目的

剣道競技で重要なことは、打突動作を有効打突に結び付けることである。有効打突は、「充実した氣勢、適正な姿勢をもって、竹刀の打突部で打突部位を刃筋正しく打突し、残心あるもの」<sup>14)</sup>と定義されている。そのため、有効な打突動作を運動形態的に見た場合には、適正な姿勢を保つことが重要となるが、適正な姿勢という規定は極めて抽象的な表現である。

剣道は、構えおよび打突時は右手前、右足前であるため、より遠くへ踏み込もうとするほど体勢は半身の状態、すなわち肩、あるいは腰が反時計回りに回転運動を起こそうとし、構えた時に比べ、いわゆる身体が開いた状態になる。この身体の開きによる体勢の崩れを制御するのは、肩の方向と腰の方向、あるいはこの両者によって生ずる体幹のねじれ動作が関係するのではないかと考えられる。

これまで打突動作の技術については、指導書において詳細に記されており<sup>9, 15)</sup> また数多くの動作分析的研究もなされている<sup>1-8, 10-13)</sup>。しかし肩の向きや腰の向き、体幹のねじれについて分析したものは、山神らの「剣道における足の構え方と正面打突時の軸転運動との関連について」<sup>10)</sup> や、「剣道における正面打撃時の肩と腰のねじれに関する研究」<sup>11)</sup> 以外には見あたらない。

また、従来の研究は未熟練者と熟練者の比較や、条件の違いにより研究された内容のものが多く、充実期の年齢が高く競技年齢期も長い特性を持つ剣道競技において、熟練者間における技術の比較も重要であると考えられる。

そこで本研究は、理想の打突フォームを体得したといわれている八段者と、学生の競技で高いレベルにある三段者の打突動作を比較検討し、理想的な打突動作の知見を得ることを目的とした。

## II. 研究方法

### 1. 被検者

被検者は八段者2名と、T大学剣道部に所属し、平成7年度全日本学生剣道優勝大会に出場経験をもつ三段者2名とした。これらの被検者の身体的な特徴は表1に示すとおりであった。

表1 被検者の身体的特徴  
Table 1 Characteristics of subject

被検者 (sub)	年齢 (yrs.)	身長 (cm)	体重 (kg)
H. T (八段)	50	172.3	72.2
F. S (八段)	57	174.5	85.4
S. M (三段)	20	180.3	71.0
M. N (三段)	20	176.5	65.4

### 2. 対象動作

対象動作は中段の構えから一足一刀の正面打ちとした。動作内容は以下の2動作をそれぞれ有効打突となるよう指示し行わせた。

- 1) 基本練習で大きく振りあげてから打突する打ち方。(以下試技1という)
- 2) 光刺激の合図により、実戦同様即座に打突する打ち方。(以下試技2という)

### 3. 測定方法

図1に示すように2台のフォースプレート(竹井機器製)上で左右の足が別々の台上になるように構え、動作を行わせ、被検者の前方7.6mおよび左右の斜め後方15.1mより計3台のVTRカメラ(ソニー社製SSC-350)により、撮影速度を1秒間に60fields、シャッタースピード1/1000secで撮影した。各々のカメラの同期にはソニー社製カメラアダプタYS-W230ならびに武蔵社製MULUTICAMERAI/Fを用いた。撮影したVTRフィルムの分析はNAC社製動作解析ソフトウェア3DとNEC社製パーソナルコンピューター・PC9821を用いた。また、得られたデータはデジタルフィルターのバターワースフィルターを用い、6Hzで平滑化した。

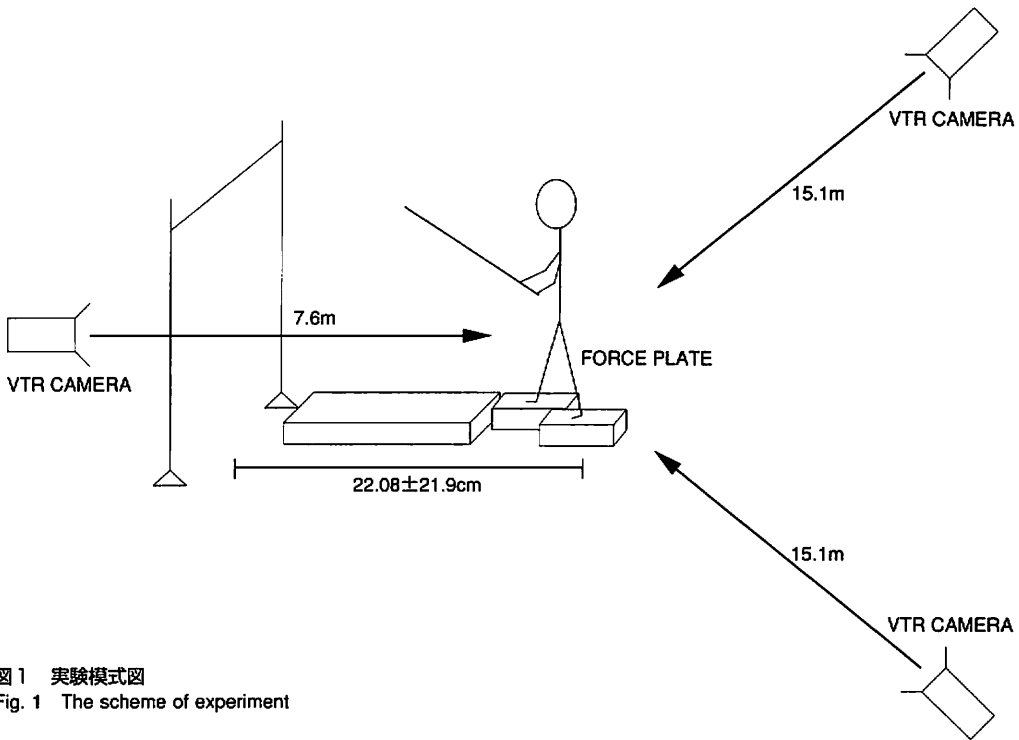


図1 実験模式図  
Fig. 1 The scheme of experiment

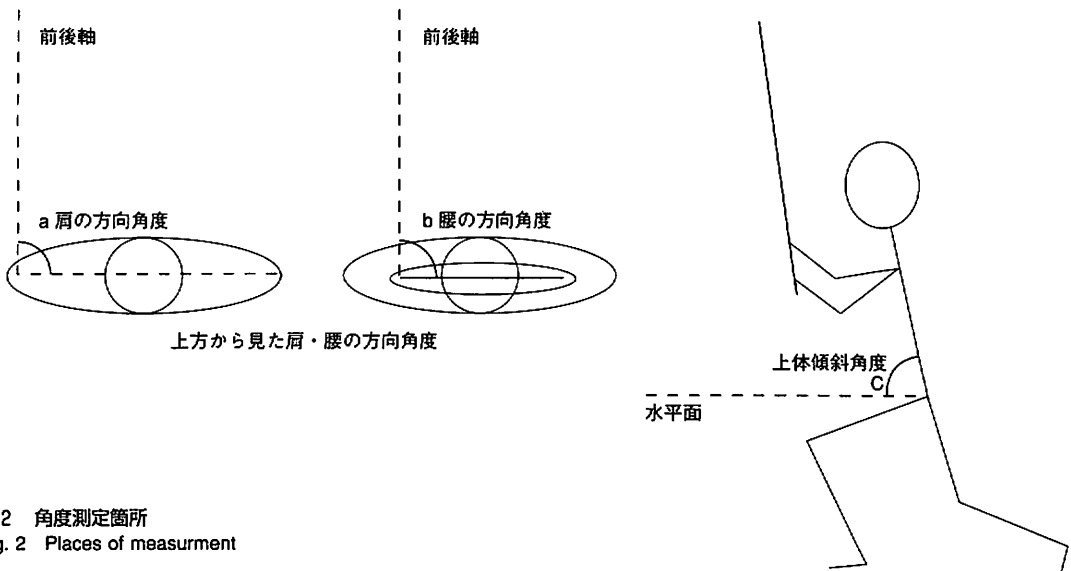


図2 角度測定箇所  
Fig. 2 Places of measurement

尚、動作の際、被打突物との間合いを被検者の任意の距離にした結果、被検者の左足から被打突物までの平均距離は、 $220.8 \pm 21.9\text{cm}$ であった。また、被打突物は被検者の身長高に合わせ、打突後の動作の妨げにならない自作の装置を用いた。

#### 4. 測定項目

測定した身体の角度は、肩の向きを示す指標として、左右肩峰点を結ぶ線分と前後方向軸のなす角度（以後、肩の方向角度という・図2a）、腰の向きを示す指標として、左右大転子点を結ぶ線分と前後方向軸のなす角度（以後、腰の方向角度と

いう・図2b)、上体の前方への傾斜を示す指標として、正中線と水平面のなす角度（以後、上体傾斜角度という図2c) および体幹のねじれを示す指標として、肩の方向角度から腰の方向角度を引いた角度（以後、ねじれ角度という）である。

床反力は、構えから踏み切り動作中の左右足の垂直方向と後ろ方向を測定した。また、動作開始合図の光刺激と、被打突物に張り付けたストレインゲージの歪みによる打突時点をオシログラムに記録して、映像と同期させた。

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. 八段者の試技1における角測定角度について

図3は八段者の代表例としてH. Tの試技1における各測定角度の変化を示している。肩の方向角度は、竹刀振り上げの局面から増加して約80度を示し、その状態を竹刀振り下ろしの局面まで持続していた。その後、振り下ろしの局面で減少し、打突時では約66度であった。すなわち竹刀振り上げの局面において、肩の向きを右に回転させ、相

手と正対しようとする動作が見られた。腰の方向角度は肩の場合とは逆に、竹刀振り上げ局面から打突直前まで減少を続けており左に回転していた。これは踏み込み足である右足が、前方へ踏み込むときに伴って、右腰が前方へ移動した結果と考えられる。山神ら<sup>10)</sup>は、中等度熟練者が自然な足の構えから打突を行った場合の肩・腰の角度変化について、「動作開始から右足離床まで肩・腰ともほとんど変化がなく、その後、右足最高時にかけては腰の左軸転が、打突瞬時にかけては肩の左軸転がそれぞれ顕著に見られる」と述べている。このことから、本研究で見られた竹刀振り上げ局面における肩の右回転、腰の左回転は八段者の特徴的な動作といえる。

そしてこの腰の向きを左に回転させる動作と、肩の向きを構えたときよりも右に回転させる動作とを同時に行った結果として、竹刀振り上げ局面におけるねじれ角度が大きくなり、竹刀振り上げ最大時では約20度を示していた。山神ら<sup>11)</sup>は中等度熟練者の肩と腰のねじれについて、肩が腰よりも右を向くタイプと左を向くタイプに分けられることを述べている。本研究の結果においては、八

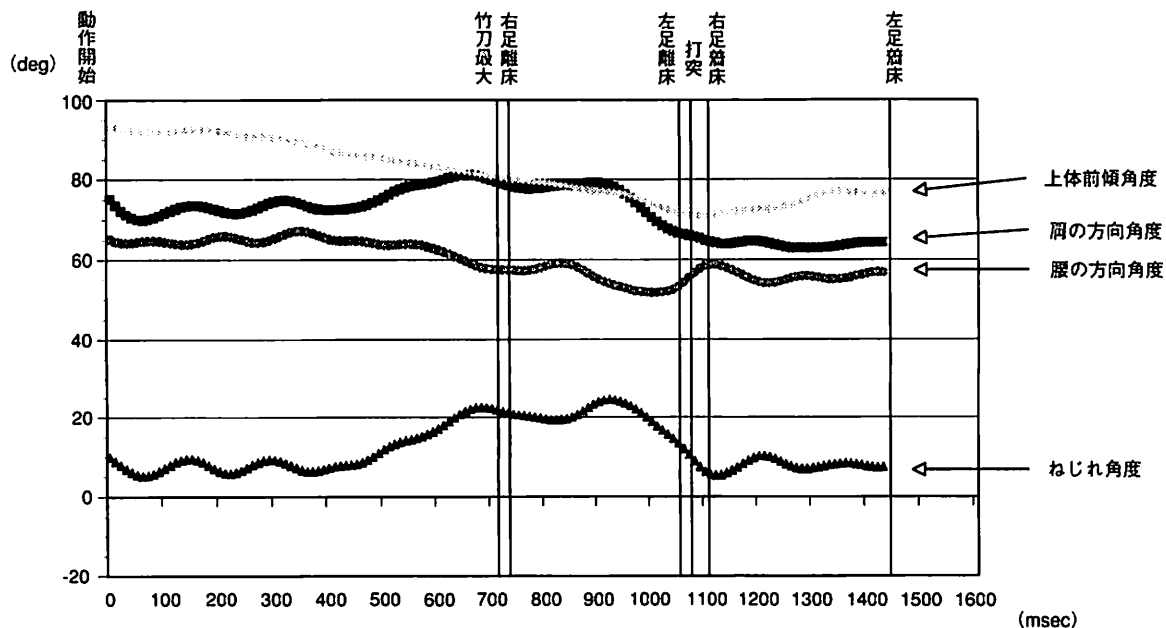


図3 八段者の H. T 試技1における肩および腰の方向角度、ねじれ角度、上体傾斜角度の変化  
 Fig. 3 Changes in Direction Angles at the shoulder and hip, Twisted Angle and Upper-body Inclination Angle for 8th Dan H. T during the first test.

段者は竹刀振り上げ最大時において顕著な体幹のねじれが生じており、腰よりも肩が右を向いた典型的なフォームであった。

上体傾斜角度は、構えの局面から打突局面にかけて緩やかに減少していた。中野ら<sup>4, 5)</sup>は熟練者と未熟練者の上体傾斜角度を比較した結果、未熟練者に比べ熟練者は、上体の動揺度が小さいことを述べており、本研究と一致した。

## 2. 三段者の試技1における各測定角度について

図4は三段者の代表例としてS. Mの試技1における各測定角度の変化を示している。肩の方向角度は、竹刀振り上げの局面から減少して約70度を示し、竹刀振り下ろしの局面ではさらに減少しており、打突時では約60度であった。すなわち三段の被検者は肩の向きを右に回転させる動作が見られなかった。

腰の方向角度は、被検者によって多少異なっていた。被検者S. Mは竹刀振り上げ後半に八段者とは逆に右回転が見られ、打突直前から急激な左回転が認められた。これは踏み込み動作の遅れ、

すなわち右足を前方へ踏み込む動作が遅れたため、右腰の前方移動が遅れたと考えられ、打突直前になって右腰の前方移動が行われたものと考えられる。しかし被検者M. Nは八段者とほぼ同様の傾向を示した。

また、両被検者共に肩の方向角度が右回転をしていなかったこと、S. Mは腰を左に回転させる動作をしていなかったことから、ねじれ角度が小さく、打突後にはマイナスのねじれ、すなわち肩の方向が腰の方向よりも左を向いた状態も生じていた。これは山神ら<sup>11)</sup>が述べた肩が腰よりも左を向くタイプであることが言える。

上体傾斜角度は、竹刀振り上げ局面において急激な減少がみられた。中野ら<sup>4, 5)</sup>は、未熟練者は上体の動揺度が熟練者に比べて大きいことを述べており、本研究においても熟練度の低い三段者が、熟練度の高い八段者に比べ急激な上体の倒れ込みが認められた。

## 3. 八段者の試技2における各測定角度について

図5は八段者の代表例としてH. Tの試技2に

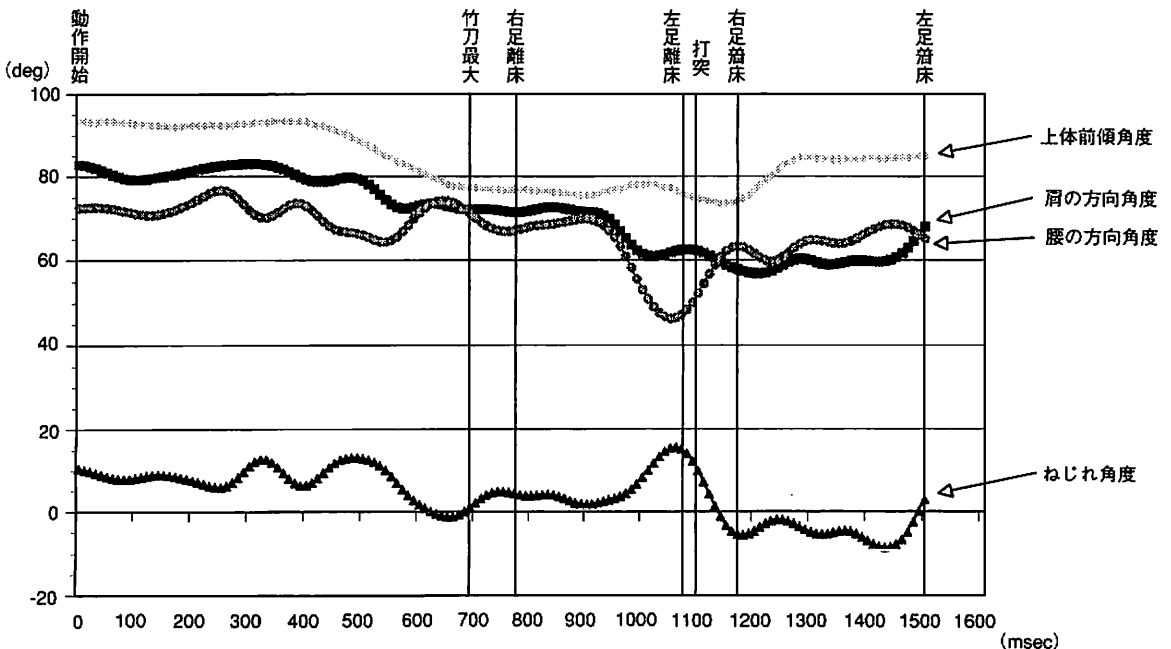


図4 三段者 S. M の試技1における肩および腰の方向角度、ねじれ角度、上体傾斜角度の変化

Fig. 4 Changes in Direction Angles at the shoulder and hip, Twisted Angle and Upper-body Inclination Angle for 3rd Dan S. M during the first test.

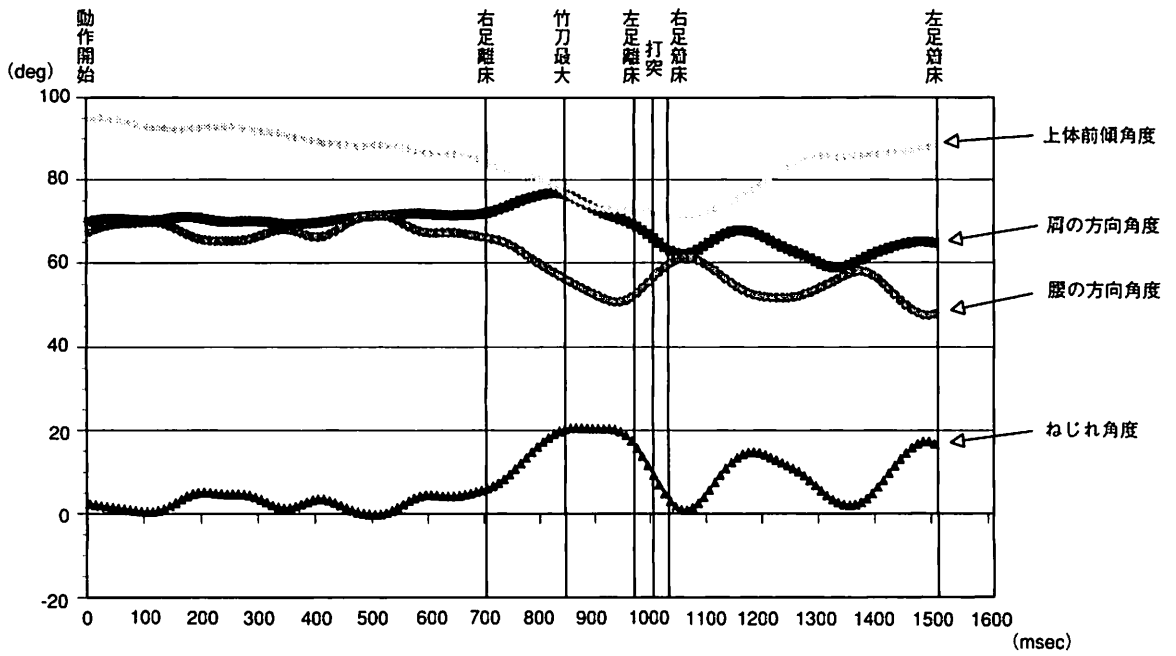


図5 八段者 H. T の試技 2 における肩および腰の方向角度、ねじれ角度、上体傾斜角度の変化  
 Fig. 5 Changes in Direction Angles at the shoulder and hip, Twisted Angle and Upper-body Inclination Angle for 8th Dan H. T during the second test.

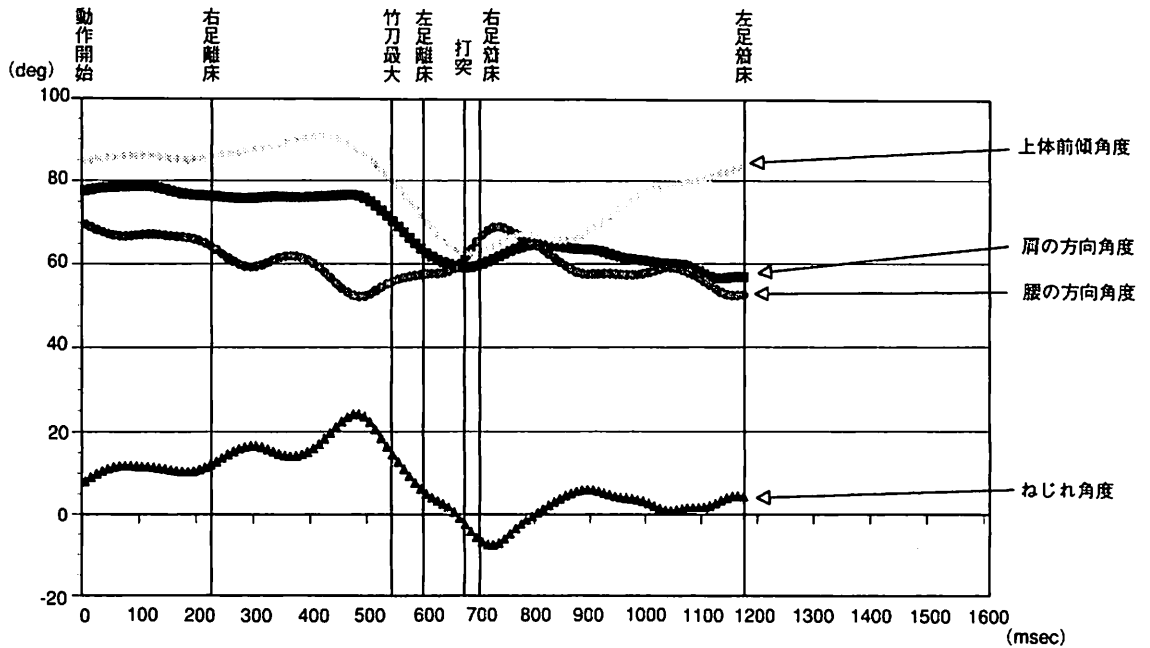


図6 三段者 S. M の試技 2 における肩および腰の方向角度、ねじれ角度、上体傾斜角度の変化  
 Fig. 6 Changes in Direction Angles at the shoulder and hip, Twisted Angle and Upper-body Inclination Angle for 3rd Dan S. M during the second test.

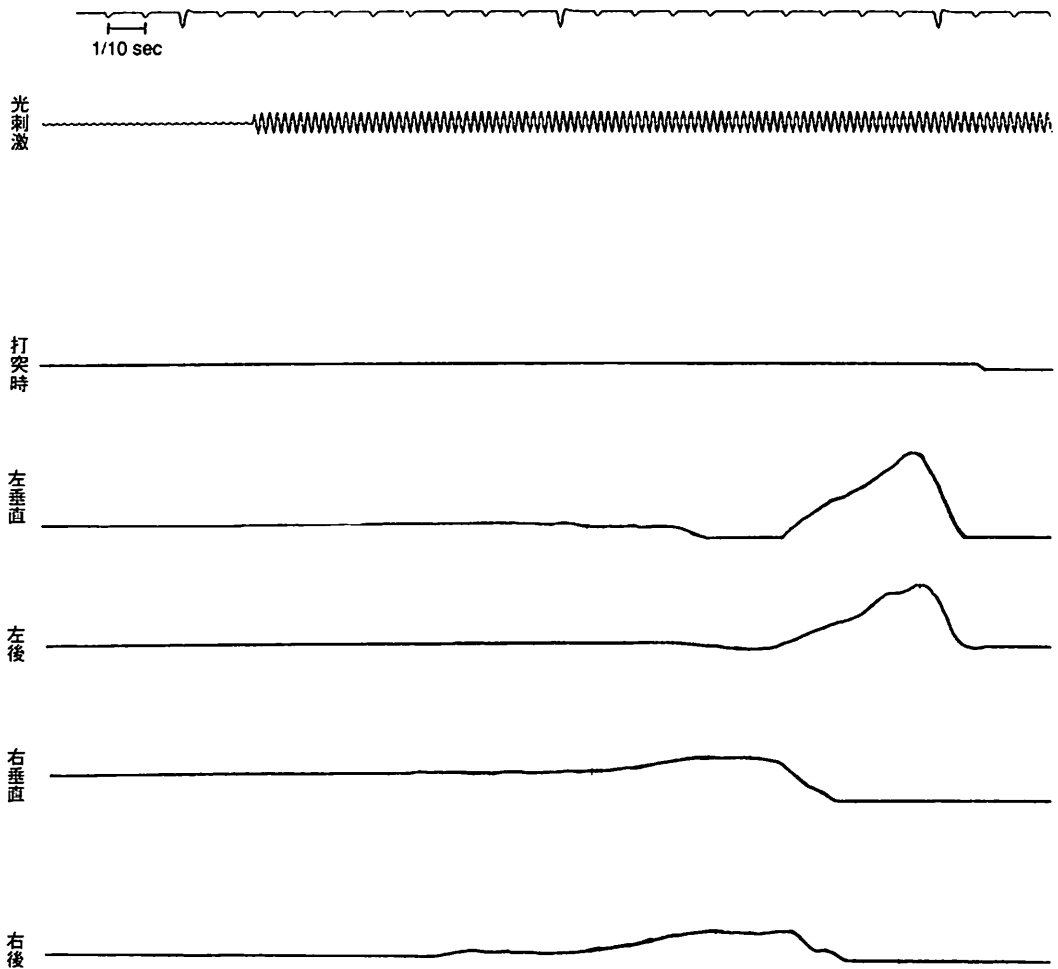


図7 八段者 H. T の試技1における床反力の変化  
Fig. 7 Changes in spring from the floor for 8th Dan H. T during the first test.

における各測定角度の変化を示している。八段者は被検者間に多少の違いはあるが、試技1とほぼ同様の傾向を示していた。すなわち基本打突においても試合を想定した打突においても基本的には変わらないということがいえる。特に竹刀振り上げ局面においては肩が右に回転し、相手と正対させる動作をとっており、その結果として打突直前まで十分な体幹のねじれが生じていた。

#### 4. 三段者の試技2における各測定角度について

図6は三段者の代表例としてS. Mの試技2における各測定角度の変化を示している。三段者の試技2は、肩の方向角度が竹刀振り上げ局面では

変化せず、振り下ろし局面で急激に減少していた。腰の方向角度は、動作開始直後では減少しており、振り下ろし局面ではやや増加していた。山神ら<sup>10)</sup>は未熟練者の腰の方向角度について「動作開始から腰の左軸転が行われ、不安定な姿勢で右足を離床している」と述べている。本研究の三段者の腰の方向角度においても、同様の結果であった。また、その結果竹刀振り上げ局面では十分なねじれが見られたものの、振り下ろし局面ではそれが減少し、打突後にはマイナスの値を示していた。すなわち三段者は、試合を想定した打突動作では踏み込みを意識するために、早い時期での腰の左回転が認められた。また上体傾斜角度も試技1に比

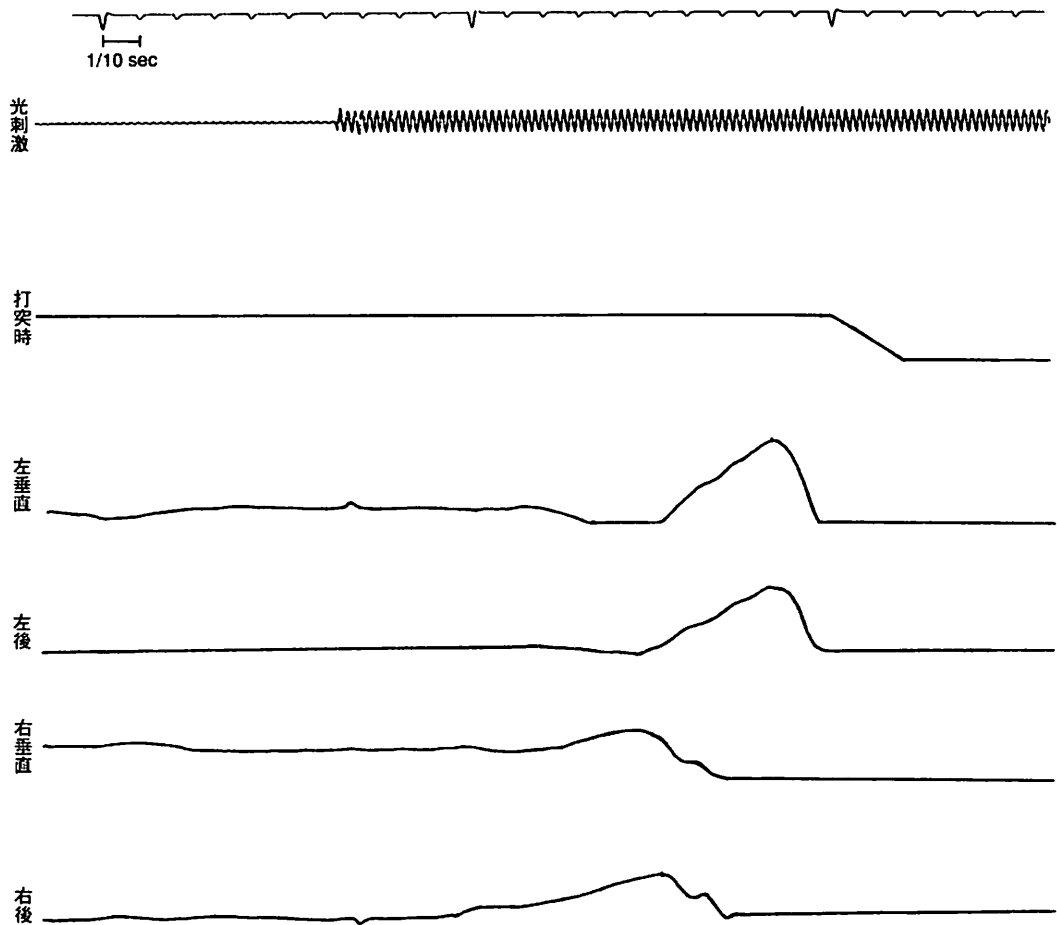


図8 八段者 H. T の試技2における床反力の変化  
 Fig. 7 Changes in spring from the floor for 8th Dan H. T during the second test.

べて大きく減少し、上体が前方に倒れていた。

においても同様の結果が得られた。

### 5. 八段者の床反力について

図7, 8は八段者の代表例としてH. Tの試技1および試技2における床反力の変化を示している。動作前に左足垂直方向が一度減少し、この時期に右足垂直、右足後ろ方向の力が増加していた。これは、踏み切り前に一度右足に体重を移動しているものと考えられる。

踏み切り時においては、左足垂直方向と後ろ方向が増加すると同時に右足垂直方向、後ろ方向が減少していた。このことから、左足で踏み切ると同時に右足を抜重させ、離床していることが考えられる。このように八段者は試技1、試技2

### 6. 三段者の床反力について

図9, 10は三段者の代表例としてS. Mの試技1および試技2における床反力の変化を示している。試技1において被検者S. Mは、八段者と同様に動作前に左足垂直方向が一度減少し、この時期に右足垂直、右足後ろ方向の力が増加していた。しかし、試技2になるとこのような体重移動は認められなかった。被検者M. Nは、S. Mとは逆に試技1では体重の移動は認められず、試技2において認められた。このように三段者は、被検者によって異なり、八段者のように両試技に共通してみられた特徴は認められなかった。

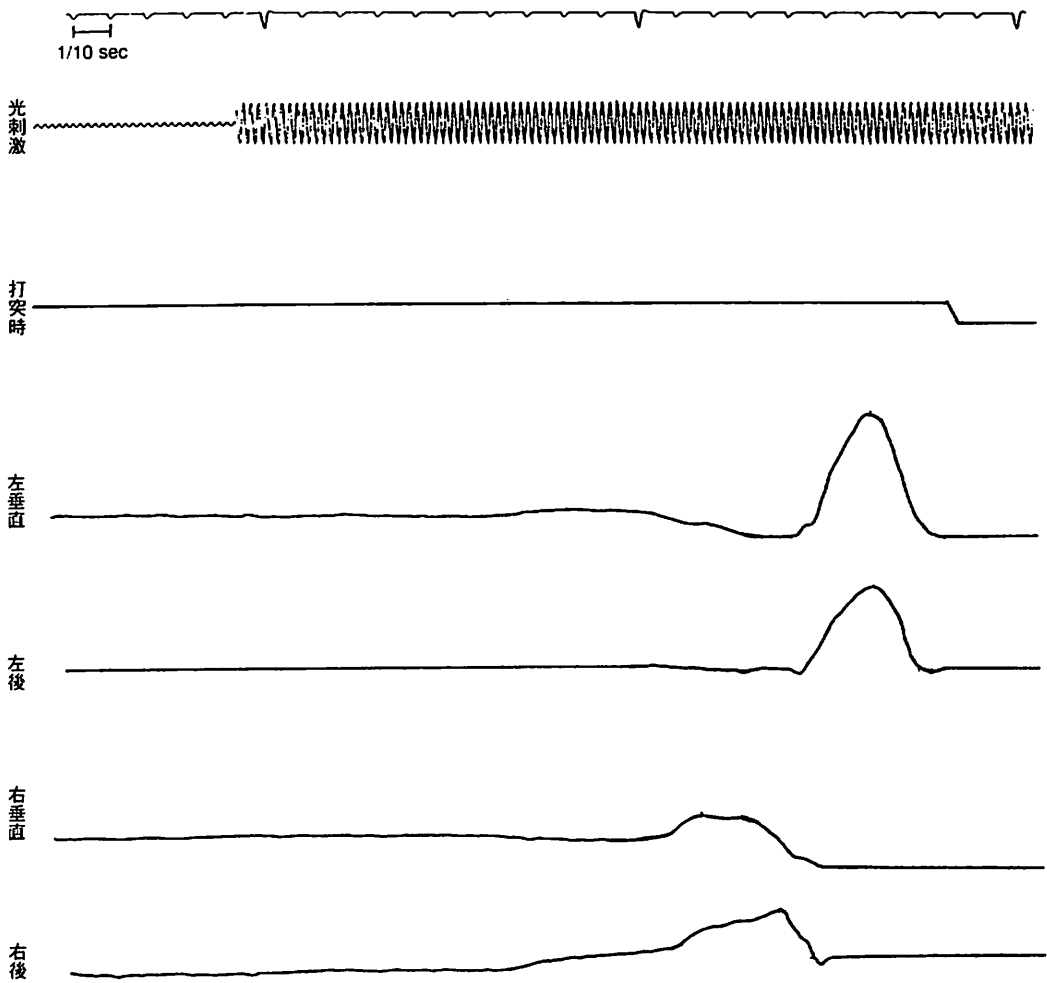


図9 三段者 S. M の試技 1 における床反力の変化  
 Fig. 9 Changes in spring from the floor for 3rd Dan S. M during the first test.

踏み切り時においては、両被検者とも両試技において、左足垂直方向と後ろ方向が増加する以前に右足垂直方向が減少していた。すなわち左足で踏み切る以前に右足はずしてあり、このことが上体の急激な前傾を生じた原因なのではないかと考えられる。



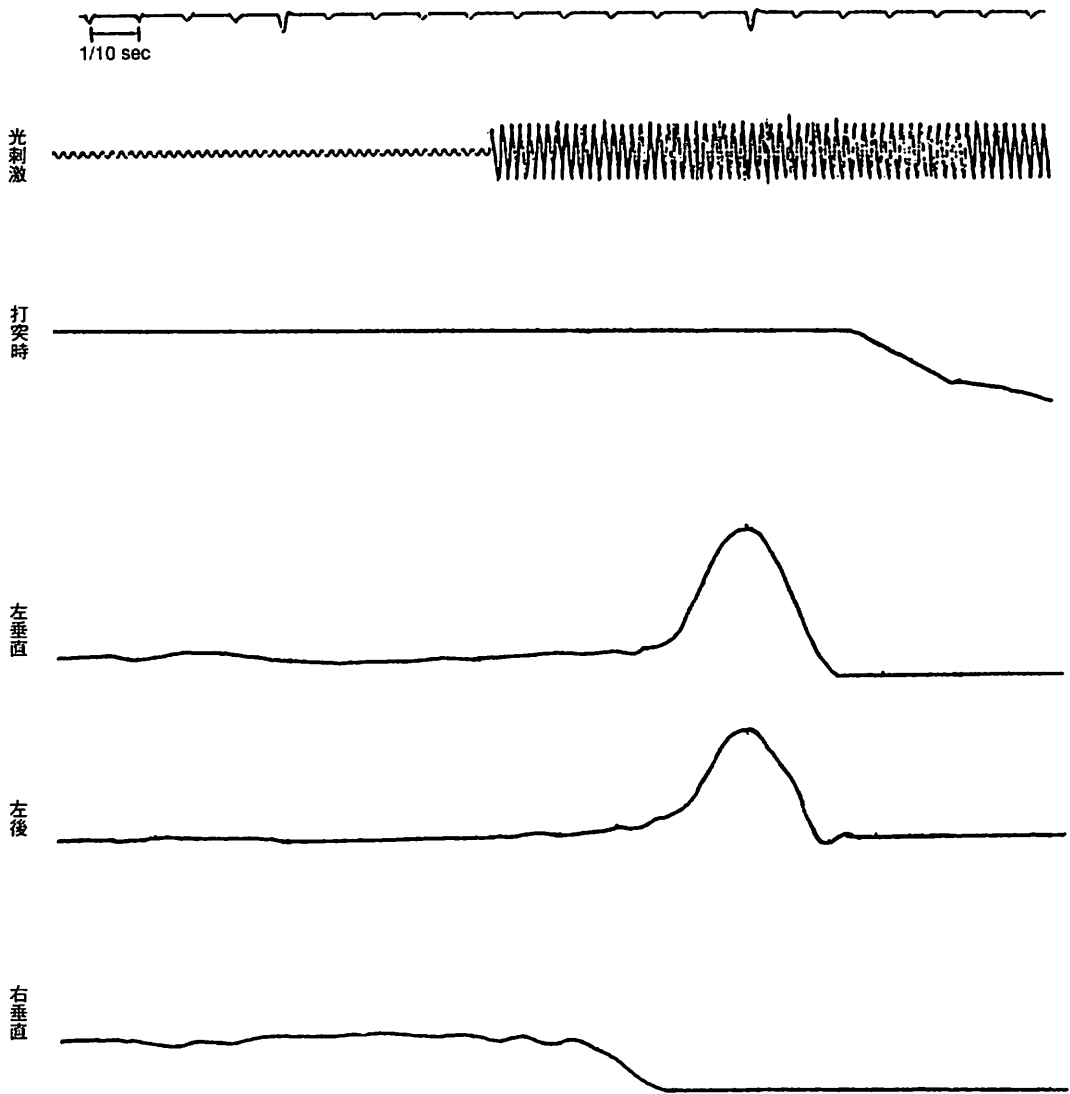


図10 三段者 S. M の試技2における床反力の変化  
 Fig. 10 Changes in spring from the floor for 3rd Dan S. M during the second test.

#### IV. 結論

剣道の理想的な打突動作の知見を得るために、八段者と三段者の打突動作フォームと床反力について比較検討した結果、次のことがわかった。

1. 八段者は試技1・2において、竹刀振り上げ局面で肩の向きを右に回転させており、その結果ねじれ角度が大きくなっていた。上体傾斜角度は、

構えの局面から打突局面にかけて緩やかに減少していた。

三段者は、竹刀振り上げ局面から動作終了まで肩の向きを左に回転させていた。

また、試技2は試技1に比べて動作開始直後から腰が左に回転しており、竹刀振り下ろし局面では肩が急激に左に回転していた。その結果、ねじれ角度が小さく、打突直後にはマイナスの値を示していた。上体傾斜角度は急激に減少していた。

2. 床反力については、八段者は試技1・2において、踏み切り前に体重の移動を行い、左足の踏み切りと同時に右足の抜重が行われていたが、三段者は踏み切り前は共通した傾向は見られず、踏み切り時には両試技において、左足で踏み切る以前に右足の抜重が見られた。

#### 参考文献

- 1) 平川信夫、坪井三郎：剣道の打撃に於ける体の回転について、武道学研究5(1)、p. 36、1972。
- 2) 平川信夫：剣道打突動作にみられる主な運動形態、明治大学教養論集64、p. 17-36、1971。
- 3) 平田佳弘：剣道熟練者の技能差に関する一考察—小手うちにおける動作分析の検討—武道学研究22-(2)、p. 41-42、1989。
- 4) 中野八十二、坪井三郎：剣道の打撃に関する動作姿勢の研究—面打撃における基本下肢動作の分析—東京教育大学体育学部紀要9、p. 53-67、1970。
- 5) 中野八十二：剣道の面打撃動作における熟練度の相違、東京教育大学体育学部紀要2、p. 120-135、1962。
- 6) 中鉢秀一：剣道の打撃における前方および後方への移動動作の分析、武道学研究19-(3)、p. 28-34、1987。
- 7) 百鬼史訓：剣道における中段の構えのバイオメカニクス的研究、武道学研究13-(2)、p. 88-89、1981。
- 8) 百鬼史訓：剣道の中段の構えにおける体重配分について—高段者の場合—、武道学研究14-(2)、p. 65-66、1981。
- 9) 高野佐三郎：剣道教本(上・下)、島津書房、1991、p. 66-79。
- 10) 山神真一：剣道における足の構え方と正面打突時の転軸運動との関連について、武道学研究15-(2)、p. 84-86、1982。
- 11) 山神真一：剣道における正面打撃時の肩と腰のねじれに関する研究、武道学研究22-(3)、p. 38-45、1990。
- 12) 横山直也：剣道中段の構えにおける体重配分と正面打撃時の応答時間及び踏切り動作に関する研究、武道学研究13-(2)、p. 86-87、1981。
- 13) 横山直也：データの規格化・平均化による剣道の正面打撃動作の分析—身体各部の角度変化について—、武道学研究20-(2)、p. 29-30、1987。
- 14) 財団法人 全日本剣道連盟：剣道試合審判規制・剣道試合審判細則、1995、p. 6。
- 15) 財団法人 全日本剣道連盟：幼少年剣道指導要項「改訂版」、サトウ印書館、1986、p. 37-138。

# 少年サッカー選手におけるイメージ・リハーサルがゲーム中の技術使用頻度に及ぼす影響

内山秀一 (体育学部体育学科)

Effects of Image Rehearsal for Skill Using in Child Soccer Players

Shuichi UCHIYAMA

## Abstract

The purpose of this study was to examine the effects of psychological skill training in child soccer players. Sixty-six subjects were randomly assigned to two groups. They played games, eleven players per team with 20 min each other in the group. Before the every game, the players in the image rehearsal group were observed to inside-kick by well skilled soccer player with video in the silent-dusk room (7 min). Further, they rehearsed the inside-kick image at 3 min (1 min × 3). In the first games, they used inside-kick at  $8.20\% \pm 2.57$  in the number of all kicks on the ball by players. In the sixth game, the percentage of inside-kick was significantly increased at  $17.63\% \pm 1.96$  in the game of the image rehearsal group. In addition, the percentage of successes passes with inside-kick, it means that the other players received the inside-kicked ball by the player, also increased  $43.04\% \pm 5.33$  to  $68.59\% \pm 1.02$  in the number of inside-kick in the game. Furthermore, the decreasing inside-kick used from 15 min to 20 min in the game might be restrained with image rehearsal. These results suggested that image rehearsal motivated the child soccer player to use the skill and improved the exactness of the skill. Accordingly, image rehearsal may be an important tool in facilitating the skill acquisition and reinforcement in child soccer players.

## I. 緒言

スポーツにおけるメンタル・プラクティスは、技術や動作の習得、心理的コンディションの調整、作戦や戦略の予行など、技術指導やトレーニング、あるいは実際の競技に際して広く利用されてきている<sup>4, 9, 10)</sup>。多くのトップアスリートは、心理的な準備状態を作り出すことにあわせて、試合や試技の前にあらかじめ自分の行うレースやコース、

あるいは演技などを頭の中に描いて予行するイメージ・リハーサルを行っている。

一方、イメージ・リハーサルが、技術や動作の習得に与える影響については輪投げ、テニス、ゴルフ、サッカーなどの種目において、子供から成人を対象に、多くの報告がなされている<sup>3, 12-14, 16)</sup>。さらに、各種スポーツの基本的技術は、発育発達過程との関連から神経系が完成する12歳ぐらいまでに習得させることが望ましいとされ<sup>8)</sup>、Bouffard & Dunn<sup>1)</sup>は、視覚的な発達と運動諸能

力とが結合するのは9歳前後であり、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としている。

これまで、私は小学生(10~12歳)におけるサッカー技術(ボールリフティング)習得においてイメージ・リハーサルが有効であることを明らかにし、イメージ・リハーサルの効果が、他の技術に影響しない可能性があること、体力的要因に左右されないことなどを示した<sup>14)</sup>。これは、単に技術の上達や習得におけるイメージ・リハーサルの効果をとらえたものであり、実際のゲームでの技術の発揮については検討されていない。「少年期にスポーツの技術を習得させること」には、その技術を実際のゲームの中で使用できるようにさせることも含まれる。少年期においてもイメージ・リハーサルの効果が示されていることから、トップアスリートが行うようなゲーム前のイメージ・リハーサルが、そのゲームにおけるゲーム・パフォーマンスに影響を与える可能性が考えられる。しかし、少年期においてゲーム前に技術のイメージ・リハーサルを行うことがゲーム・パフォーマンス、すなわちゲーム中の技術使用頻度やその正確性などに与える影響について検討した研究は見られない。そこで、本研究では10~12歳の小学生を対象に、サッカーの最も基本的で重要な技術であるインサイドキックのイメージ・リハーサルをゲームの前に行い、インサイドキックの使用頻度やその正確性に与える影響を検討した。

## Ⅱ. 実験方法

被験者は、少年サッカークラブに1年以上所属する10~12歳の小学生66名であった。被験者を無作為に2群に分け、一方をコントロール群(CON群)、他方をイメージ・リハーサル群(IR群)とした。各群を11人ずつの3チームに分け、80m×50mのコートで、ゲームを行わせた。1ゲームは20分間とし、同群内3チームによるリーグ戦を1日2回(午前/午後)3日間、計6回行っ

た。

IR群には、2回目のリーグ戦以降、毎ゲーム前にグラウンド脇に設置された薄暗い室内で、サッカー熟練者が行うインサイドキックを前方、後方、側面から撮影したVTRを3分間、実際のゲーム中のインサイドキックのクローズアップを3回観察させた。VTRの内容は、各シーンで1)通常の速さ、2)スローモーション、3)キックの瞬間(インパクト時)のストップモーションのシーンを各5回ずつ収録したものであった。また、言語による技術に関する指示や説明は一切行わなかった。被験者には、VTR観察後「自分がVTRと同じようにインサイドキックを行っているイメージ」を1分間ずつ3回描くよう指示した。このイメージ・リハーサル終了後、直ちにゲームを行わせた。尚、CON群はゲームのみを行った。

すべてのゲーム(36ゲーム)を8mmビデオカメラ(シャープ社製:VL-HL3)にて収録、各ゲームにおける3分ごとのプレー回数およびインサイドキックの回数、またインサイドキックによるパスが味方のプレーヤーに渡ったことを「インサイドキックが成功した」としたときの、パスの成功回数をNotation system<sup>5)</sup>によりカウントした。そして、インサイドキックの使用率および単位時間(5分間)あたりの使用率、またインサイドキックのうちパスとして成功した割合(成功率)を算出し、unpaired t-testにより統計処理した。

尚、子供達と父兄には実験の目的、方法を口頭で説明し、理解を得た上で、実験を行った。

## Ⅲ. 結果

各ゲームにおいて、プレーヤーがボールを蹴る回数(Table. 1)は最初のゲームではCON群で平均297.3(±22.87)回、IR群で平均267.0(±52.56)回、6回目のゲームではCON群292.3(±35.74)回、IR群で325.6(±20.27)回であり有意な差は認められなかった。これは、両群とも1ゲーム中にボールを蹴る回数はほとんど変化せず、

表1 ゲームのキック回数

Table 1 Number of kicking action in the game

Game	Control group			Image rehearsal group		
	n	mean	s.d.	n	mean	s.d.
1st	3	297.3	22.67	3	267	52.56
2nd	3	291	41.79	3	298.7	35.11
3rd	3	311	14.35	3	311.7	13.77
4th	3	314.7	6.18	3	328.3	13.22
5th	3	326.3	14.38	3	326.5	14.38
6th	3	292.3	35.74	3	325.7	20.27

no significant

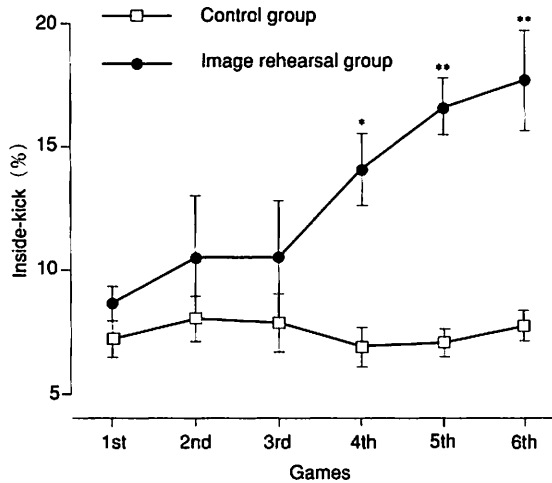


図1 ゲーム中のインサイドキック使用割合の変化 (\* : p>0.05, \*\* : p>0.01)

Fig. 1 Changes in inside-kick using percentage in the games. (\* : p>0.05, \*\* : p>0.01)

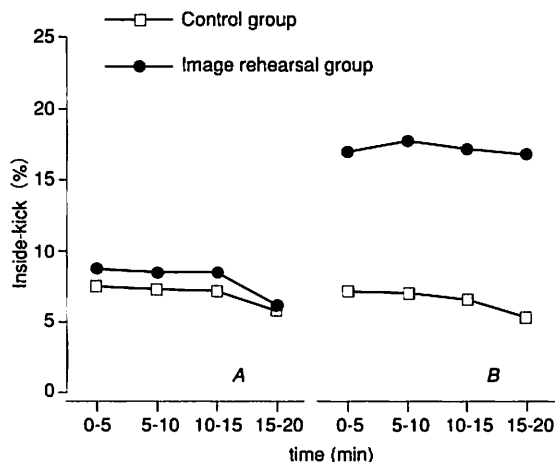


図2 5分あたりのインサイドキック使用割合の変化 (A : 1回目のゲーム, B : 2回目のゲーム)

Fig. 2 Changes in inside-kick using percentage per five minutes in the games. (A: the first games, B: the sixth games)

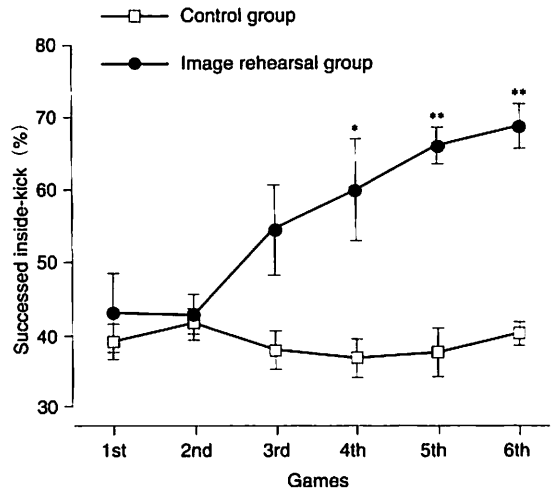


図3 ゲームにおけるインサイドキック成功割合の変化 (\* : p<0.05, \*\* : p<0.01)

Fig. 3 Changes in succeeded inside-kick percentage in the games. (\* : p<0.05, \*\* : p<0.01)

両群間での差もなかったことを示している。

Fig. 1 にインサイドキック平均使用率の推移を示した。CON群では、ほとんど変化していないが、IR群ではイメージ・リハーサルを行う前、すなわち最初のゲームでは8.60 (±0.68) %であったが、10回のイメージ・リハーサル後のゲーム(第6回目)には17.63 (±1.96) %となり有意な増加を示した。

また、単位時間(5分間)あたりのインサイドキックの平均使用率(Fig. 2)においては、両群とも最初のゲームで15分~20分にかけての5分間でインサイドキックの使用率が減少する傾向がみられた。しかし、IR群の6回目のゲームでは、この減少が小さく、ゲーム後半のインサイドキックの使用率の低下が抑制される傾向が認められた。

さらに、インサイドキックによるパスの平均成功率(Fig. 3)では、インサイドキックの平均使用率と同様の傾向が認められ、IR群で5回目のゲームすなわち8回目のイメージ・リハーサル以降から有意に高値を示した。

## 考察

本研究では、少年期において、ゲーム前にある

特定技術（インサイドキック）のイメージ・リハーサルを行うことが、ゲーム中のその技術の使用頻度及び正確性に及ぼす影響について検討した。

ゲーム中の全プレイ回数（Table. 1）にはほとんど変化が認められなかったことから、ゲームにおけるプレーヤーやボールの動きあるいは速さなどは変化していないと推察される。すなわち、技術のイメージ・リハーサルはゲーム中のプレイの量には影響を与えないと考えられる。

一方、プレー内容を示すインサイドキックの使用率及びインサイドキックによるパスの成功率では、CON群に対しIR群で第4回目のゲーム以降有意に高値を示した（Fig. 1, 3）。インサイドキックの使用率の増加に関しては、ゲーム前の視覚的情報が、インサイドキックを使用することの動機付けとなった可能性も考えられる。しかし、成功率の増加はインサイドキックの正確性が高まったことを示していると考えられ、ゲーム前のインサイドキックのイメージ・リハーサルが、ゲーム中の技術使用率さらにはその正確性など、プレー内容にも影響を与えることが明らかとなった。Vandell et al.<sup>14)</sup>は小学校高学年で動作の習得にイメージ・リハーサルが有効であり、身体的練習に匹敵することを報告している。また、Corbin<sup>2)</sup>はイメージ・リハーサルの効果が、それを行う者の経験とイメージの明瞭さなどと密接な関係にあることを指摘している。さらに、Bouffard & Dunn<sup>1)</sup>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歳前後であり、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いる。本研究の被験者は、年齢10～12歳で最低1年以上は少年サッカークラブに所属している者であり、既にインサイドキックについての情報や経験を持っていたと考えられる。すなわち、本研究の被験者にとってはインサイドキックのイメージを描くことは比較的容易であり、イメージ・リハーサルによりそのイメージはより明確化されたと推察される<sup>4, 8, 11, 10)</sup>。したがって、本研究におけるイメージ・リハーサルの効果は、この運動の認知によって動作が強化・

修正され<sup>11)</sup>、さらにはゲーム・パフォーマンスへ影響したことによるものであろう。このように、ゲームの前に視覚的情報を与えることは、少年期のサッカー選手においても実践的な技術の発揮を身につけさせるために効果的であることが示唆される。

さらに、5分間毎のインサイドキックの使用割合の推移（Fig. 2）については、イメージ・リハーサル実施前（第1回目）のゲームおよびCON群で、20分間のゲームのうち、後半の15分～20分の5分間にインサイドキックの使用率が低下する傾向がみられた。しかし、IR群第6回目のゲームでは、この低下が小さくなる傾向が示された。これは、イメージ・リハーサルとゲームの繰り返しによって刺激と反応の連合が強化され保持されたこと<sup>11)</sup>によるものであろうと考えられた。したがって、少年期においては、視覚的情報を繰り返し与えることが必要であることが示唆される。しかし、Meyer<sup>7)</sup>は、少年期には観察者が示範の動きを模倣しやすいように、完成された技術を背面から描写した映像を視覚的情報として提示することが効果的であるとして、情報の内容や質についての問題を指摘している。今後は、情報の提示の仕方や内容、また繰り返しの回数などの点からの検討も必要であろう。

以上のことから、少年期のサッカー選手においてゲーム前にイメージ・リハーサルを行うことは、技術使用の動機付けと技術の正確性を増すなど、ゲーム・パフォーマンスに影響を及ぼす可能性が示された。このように、イメージ・リハーサルが、少年期においても実践的技術習得の有効な練習方法のひとつであることが示唆された。

#### 参考文献

- 1) Bouffard 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. : Effect of mental practice on the development of a unique motor skill. Coll. Phys. Educ. Assoc. Proc. 69, 100-102, 1996.

# 手関節の Joint Laxity について

## —測定装置の試作とその評価—

相羽達弥 (医学部整形外科)

戸松泰介 (医学部整形外科)

菊川久夫 (医学部整形外科)

福田宏明 (医学部整形外科)

中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

康井義明 (工学部動力機械工学科)

### Joint laxity of the wrist

#### — The measurement system and its evaluation —

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

#### Abstract

The characteristic of the joint is important factor in sports activity. The mechanical property during joint motion is different among the athletes who do the different sports. The purpose of this study is to develop the joint laxity measurement system to be able to quantitatively determine its property which is one of the joint functions. In this work, wrist joints of 5 volunteers were examined using newly developed measurement system. This paper examined the validity of the measurement system and the evaluation of the joint laxity and described the method of the measurement system and the calculation of the parameter for the joint laxity.

#### はじめに

関節の運動機能の評価は、スポーツ選手の競技能力や障害後の回復度などを判断する上で重要な因子の一つである。特に、スポーツの種目によっては関節運動に特殊性を持つと考えられる。しかしながら、これらの特性を客観的に評価した研究は数少なく、単純角度計を用いて関節可動域を測定したもの<sup>8,11)</sup>がほとんどである。

また、関節運動特性の表現としては、関節弛緩

性(以下、joint laxity)、関節柔軟性、関節不安定性などがあるが、それらの定義や相互の関係については、不明な点も多く、その解釈は客観性に欠け、スポーツドクターやトレーナー間で様々である。

本研究では、joint laxityに着目し、これらとスポーツとの関連を検討するために、手関節 joint laxity 測定装置を試作した。今回は、数名の被験者について測定を行い、得られたデータから本測定装置の妥当性と評価パラメータの算出方法について述べる。

本実験は、東海大学スポーツ医科学研究所臨床医学研究室および同整形外科研究室の設備を用いて実施され、研究の一部は、平成8年度文部省科学研究費補助金、奨励研究(A)(課題番号08771152)による援助を受けて行ったことを付記する。

#### 参考文献

- 1) 戸松泰介ほか：離断性骨軟骨炎の治療、臨床スポーツ医学、Vol. 12, No. 9, 991-999, 1995.
- 2) Tomatsu T. et al. : Experimentally produced fractures of articular cartilage and bone, J. Bone Joint Surg., 74-B, 457-462, 1992.
- 3) 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.
- 4) 菊川久夫ほか：成熟度による骨軟骨接合部の力学的特性、日本臨床バイオメカニクス学会誌、Vol. 17, 359-362, 1996.
- 5) 菊川久夫ほか：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—、東海大学スポーツ医科学雑誌、第8号、73-77, 1996.
- 6) 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.
- 7) 戸松泰介ほか：スポーツによる関節骨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.
- 8) 戸松泰介：膝離断性骨軟骨炎—病態と治療—、日本整形外科学会雑誌、66, 1266-1275, 1992.
- 9) 今井望ほか：スポーツ選手の膝関節骨軟骨障害に関するX線学的研究、東海大学スポーツ医科学雑誌、第2号、48-52, 1990.
- 10) 藤沢義之：Osteochondral fracture、整形外科MOOK、No. 9, 161-187, 1979.
- 11) 藤巻悦夫ほか：疲労骨折のメカニズム—バイオメカニクスの立場から—、整形・災害外科、Vol. 31, No. 1, 9-18, 1988.
- 12) Kennedy J. C., et al. : Osteochondral fracture of the femoral condyles, J. Bone Joint Surg., 48-B, 436-440, 1966.
- 13) Kumar P., et al. : Mechanical strength of osteochondral junction, J. Jpn. Orthop. Assoc., 65, 1070-1077, 1991.



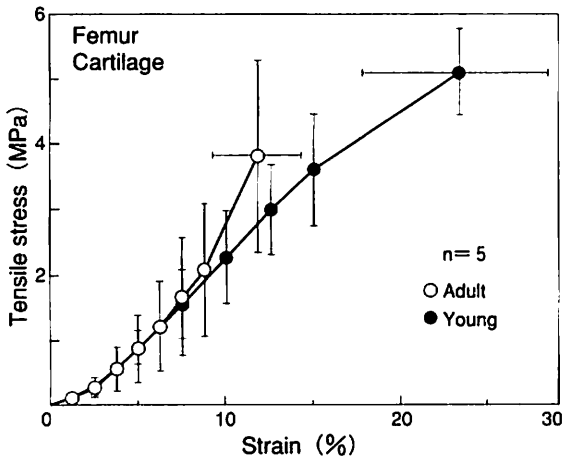


図5 関節軟骨の応力-ひずみ曲線  
Fig. 5 Stress-strain curves of articular cartilage.

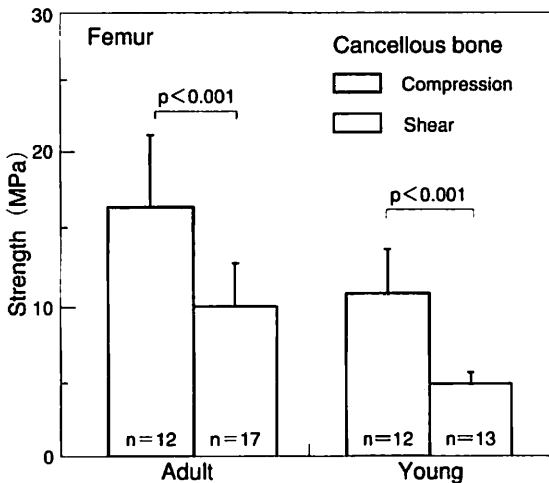


図6 軟骨下骨海綿骨のせん断強度と圧縮強度の比較  
Fig. 6 Comparison of strength for shear and compression in subchondral cancellous bone.

いる。また、著者<sup>4, 5)</sup>らは、成熟度の異なるブタ骨軟骨を用いて、骨軟骨移行部近傍組織のせん断損傷を検討し、損傷は、幼若関節で軟骨下骨板上部、成熟関節でタイドマークでそれぞれ生じやすいことを示した。

スポーツ活動で関節面にせん断力が加わる場合、表面の軟骨には引張応力が、移行部および軟骨下骨海綿骨にはせん断応力が支配的に働くと予想される。このような観点より、既報<sup>4, 5)</sup>で行った関節端構成組織の強度試験の結果と、本実験結果とを対比して検討すると、損傷型の相違がよく理解できる。関節端構造が成熟関節に比べ明瞭で

ない幼若関節では、関節軟骨の引張強度、骨軟骨移行部近傍組織および軟骨下骨海綿骨のせん断強度の三者のうち骨軟骨移行部近傍組織（軟骨下骨板）でのせん断強度が最も低いため、図2(b)に示す閉鎖型損傷を生じたと予想され、破壊の部位は、前報<sup>4, 5)</sup>とほぼ一致している。成熟関節端では、関節深部組織ほど強度が高くなるため、表面の軟骨からの損傷を生じたと考えられる。

とりわけ、軟骨の物性は、成熟度によるせん断損傷の相違に重要な役割を果たすと予想される。図5に示すように、幼若関節の軟骨は、脆弱な成熟軟骨に比べ、縦弾性係数は多少低く差異はほとんどないものの、破断ひずみが大きいため、軟骨自身の变形によって関節面における損傷を免れたと考えられる。また、軟骨層の厚みは、幼若関節で成熟関節の約2倍と有意 ( $p < 0.001$ ) に大きいため、関節面に平行に加わったせん断力は、幼若関節の軟骨深部から軟骨下骨板にかけて、より大きな曲げモーメントとして作用し、弱点部位の軟骨下骨における損傷を生じたものとも予想できる。

さらに、軟骨下骨海綿骨のせん断強度と圧縮強度の比較を図6に示す。骨梁構造なども考慮すべきであるが、各成熟度ともせん断強度が有意に低く、幼若関節では、せん断強度が圧縮強度の1/2以下の値を示していることから、軟骨下骨骨梁がせん断力に弱い構造を有していることも示唆された。

## まとめ

ブタ膝蓋大腿関節大腿骨関節面を用い、スポーツによるせん断損傷発生メカニズムについて、材料力学的観点より考察した。臨床で見られる関節障害は、繰り返しせん断力による実験的骨軟骨損傷と同一の基盤により生じたものと予想された。繰り返しせん断力は、幼若関節端および成熟関節端の損傷発生に、破壊的かつ加速的に働くと考えられ、スポーツ外傷発生の重要な要因と考えられる。

本の軟X線像である。0°で途中停止例のみに、軟骨下骨板全層に及ぶ圧迫骨折を認めた。これに対し、45°では軟骨下骨板に沿った亀裂が、肉眼的に海綿骨で亀裂を生じたもの全例で確認された。加振停止時における関節面の亀裂と摩耗の程度は、全例正常であり、幼若関節での初発損傷は、関節面というよりは、むしろ軟骨下骨板に沿った閉鎖型の損傷が生じやすいと考えられ、45°では比較的容易に下骨に損傷を生じた。

成熟関節では、最大荷重値が98N以下の5万回の加振で、損傷は認められなかった。幼若関節と同様の荷重条件である245Nでは、全例で停止条件を満たすものではなく、軟X線像でも下骨に至る骨折も認められなかった。しかし、図3に示すように、関節面での損傷が顕著に認められ、45°では有意に損傷の頻度は高かった。図4のような海綿骨に至る骨折を作り出すためには、490N以上の荷重を要したが、停止後の損傷状態の観察では、軟骨面の損傷が高度な開放型の骨折であった。

## 考 察

膝離断性骨軟骨炎（単病巣）発生におけるスポーツ活動性について戸松<sup>8)</sup>は、1週間に3回以上スポーツを行うものが53.1%と半数以上を占めると報告している。また、今井<sup>9)</sup>らは、スポーツ選手（70%以上が本格的レベル）で膝関節障害のある患者を対象に、関節造影を用いて軟骨の損傷頻度を検討し、半月損傷や靭帯損傷など障害原因の明らかな群では10.3%、原因不明の膝痛群では7.3%、また、反対側の健側について検討してみると、4.6%に軟骨異常を認めたと報告するなど、スポーツ活動と関節障害には密接な関係があることは明らかである。

スポーツ障害の発生原因としては、種々の力学的因子が寄因すると考えられる。内外反動作、ねじり動作、カット動作時や外傷時の脱臼など瞬間的な早い動き（衝撃）では、関節形状の特殊性や不安定性などにより、関節面にせん断力が発生す

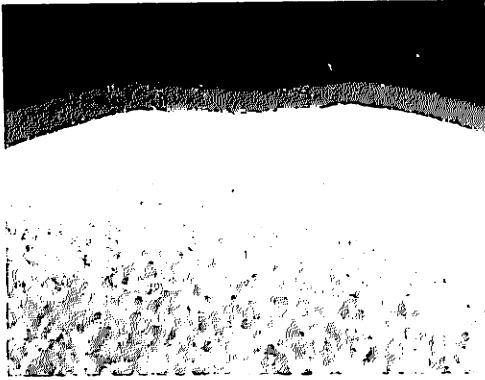
る。また、長時間の持久性を要し、同一動作を行う種目では、繰り返し負荷が関節端に働く。さらに、tangential osteochondral fractureの受傷原因からすると、骨折発生に必ずしも強力な外力は必要ないともいわれている<sup>10)</sup>。したがって、過激なスポーツ活動においては、関節面に沿って働くせん断力は、軟骨面の亀裂や摩耗、骨軟骨骨折などの障害の加速因子として重要な役割を担うものと考えられる。

本実験結果からも、初発損傷部位は異なるものの、幼若関節および成熟関節の両者において、繰り返しせん断力は関節端に破壊的に働き、損傷を加速的に進展させることが明らかとなった。

各成熟度による骨軟骨損傷型を検討してみると。成熟関節の圧縮負荷においては、軟骨下骨板全層に及ぶ圧迫骨折であった。肉眼的に海綿骨の損傷を確認するまでに、2万5千回と比較的多くの繰り返し回数を要し、軟X線像では、スポーツ障害として特有<sup>11)</sup>ともいえる疲労骨折に類似した骨折であった。一方、せん断負荷では、軟骨下骨組織での関節面に沿った亀裂を比較的早期に生じ、圧縮負荷とは明らかに異なった損傷であった。このような損傷型は、正常な関節軟骨と軟骨下骨の亀裂を特徴<sup>8)</sup>とする、離断性骨軟骨炎の先駆的損傷形態の一つと考えている。

これに対し成熟関節では、荷重様式の相違による、損傷形態の変化は認められなかったが、関節軟骨に初発する開放型の骨折で、変形性関節症に類似した損傷であると予想される。

以上のような成熟度による関節損傷型の相違は、幼年期に好発するせん断外傷の発生メカニズムとして説明されている。Kennedy<sup>12)</sup>らによれば、軟骨下骨骨折が若年者で起こりやすい理由として、幼若関節では、軟骨の石灰化層と非石灰化層との境界であるタイドマークが不明瞭で、受傷時のせん断応力が軟骨下骨に容易に達するため、ここでの損傷が多く、成人ではタイドマークで剥離する傾向があるとしている。タイドマークが成人関節端において力学的、特にせん断力に弱いということは、Kumar<sup>13)</sup>らによっても確認されて



(a)  $\theta = 0^\circ$



(b)  $\theta = 45^\circ$

図2 軟X線像(幼若関節)  
Fig. 2 Soft X-ray (young).

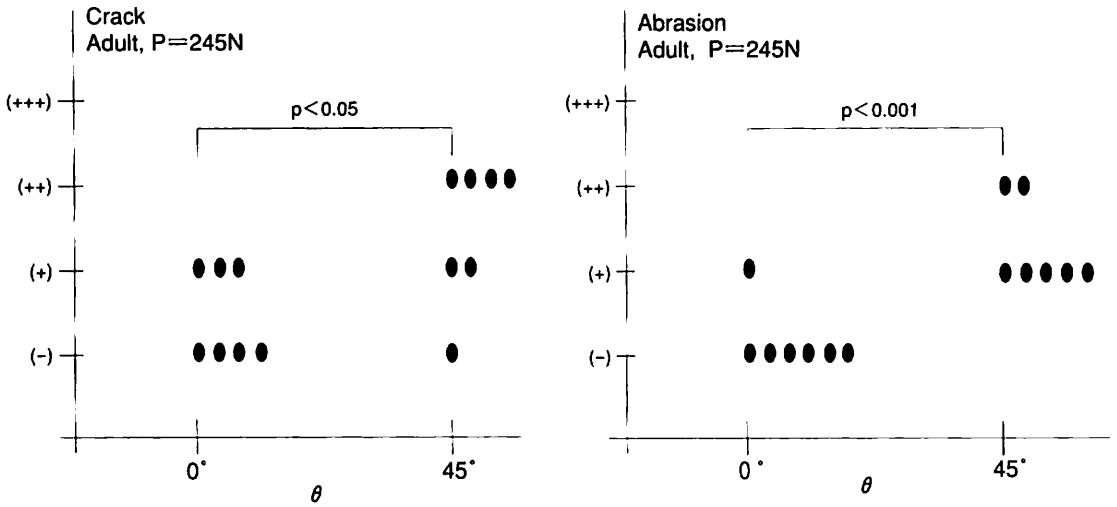
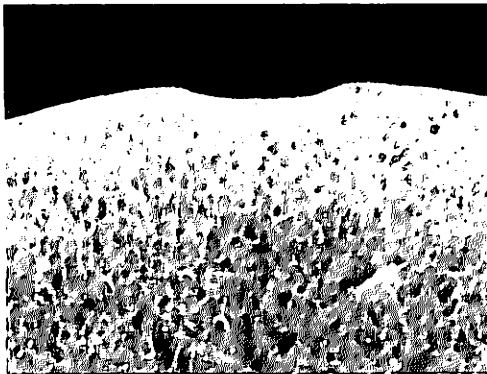
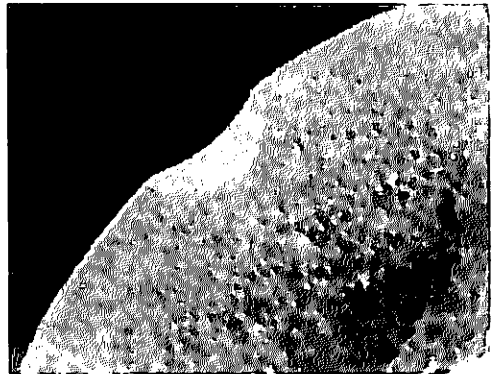


図3 成熟関節の関節面の亀裂と摩耗  
Fig. 3 Crack and abrasion of articular surface in adult.



(a)  $\theta = 0^\circ$



(b)  $\theta = 45^\circ$

図4 軟X線像(成熟関節)  
Fig. 4 Soft X-ray (adult).

端構成組織各層の力学的特性の相違に着目してきた。前報<sup>4,5)</sup>では、各種材料試験法を用い、関節端構成組織各層より所定の寸法に切り出された骨軟骨複合体の、骨軟骨移行部近傍組織の剥離強度および軟骨下骨海綿骨のせん断強度を測定し、関節軟骨全層の引張特性と合わせて、関節端での初発せん断損傷形態の予測を行った。

本報告では、骨軟骨に破壊が生じない限界荷重より若干危険側において、軟骨面に直接繰り返し負荷を加える実験を行い、初発損傷形態の成熟度(骨端線閉鎖前と閉鎖後)および負荷条件(圧縮負荷とせん断負荷)による相違を前報の結果と合わせて検討した。

## 材料および方法

実験に用いた骨軟骨は、生後約6ヶ月、体重約110kgの幼若ブタ、および生後2～3年、体重約300kgの成熟ブタの膝蓋大腿関節大腿骨関節面である。荷重負荷中の関節端の破壊状態を観察するため、関節面よりダイヤモンドカッターを用い、厚さ6mmの骨軟骨スライスを露出させ試料とした。図1のように、関節面に加わるせん断力の影響を調べるため、荷重方向と関節面の角度を、 $0^\circ$ と $45^\circ$ に変化させ、直径15mmのステンレス製円筒圧子により負荷を行った。負荷装置には、油圧サーボ疲労試験機(鷲宮製作所製)を用いた。加振波はサイン波で1Hzとし、加える荷重は平均値と振幅値による荷重制御であり、サイン波の

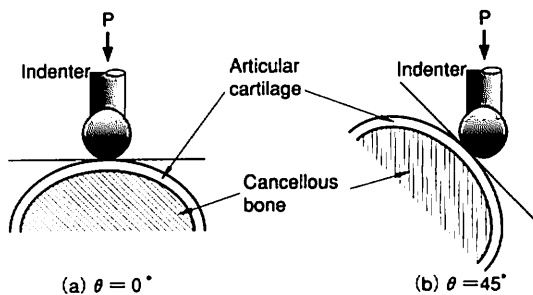


図1 関節面の傾斜角度 $\theta$   
Fig. 1 Slant angle  $\theta$  of articular surface.

下限荷重値は49Nとした。

関節面の損傷の評価は、亀裂と摩耗について行った。亀裂は4段階に分類し、亀裂のないものを正常(-)、横亀裂が3mm未満のものを軽度(+), 3mm以上のものを中等度(++), そして横亀裂3mm以上で縦亀裂を含むものを高度(+++)とした。摩耗の評価は、戸松<sup>6,7)</sup>らの分類を用い、亀裂と同様に4段階に分類した。損傷程度はいずれも、スピアマンの順位相関係数により優劣の判定を行った。また、荷重の中心部の1mmスライス標本を作製し、軟X線撮影を行い、海綿骨の骨折状況を調べた。さらに、考察、検討で用いた関節端組織各層の強度値の統計処理には、F検定にてデータの等分散を確認の上、t検定あるいはウィルコクソン順位和検定を用いた。

## 結果

本実験では初発損傷を検討するため、幼若関節で損傷を生じ得る最低荷重と加振回数を決定する目的で予備実験を行った。サイン波の最大(上限)荷重が196N以下では、 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ とも、5万回の加振に対し、肉眼的にも、軟X線像においても損傷は認められなかった。これに対し、294N以上では、 $0^\circ$ の2万8千回以下で海綿骨における亀裂を生じ、 $45^\circ$ でも千回以下の比較的早期に海綿骨で亀裂を生じていた。そこで本実験では、最大荷重値を245N、最大加振回数を3万回に決定した。加振中に破壊が認められた場合には、実験を途中で中止した。加振停止の条件は、予備実験の結果を参考に、①最大荷重時の変位が軟骨の厚みの1.5倍に達したもの、②肉眼的に軟骨に亀裂を認めるものおよび③肉眼的に海綿骨に亀裂を認めるものとした。

幼若関節においては、 $0^\circ$ で7例中1例が2万5千回で海綿骨に亀裂を生じ停止したものであったのに対し、 $45^\circ$ では7標本中全例が途中で加振停止となり、内6例が海綿骨に亀裂を認めたものであった。図2は荷重部中心の1mmスライス標

# スポーツによる骨軟骨障害発生に 関する実験的研究 (第2報)

— 関節端組織の繰り返しせん断力による損傷 —

菊川久夫 (医学部整形外科)      戸松泰介 (医学部整形外科)  
福田宏明 (医学部整形外科)      中村 豊 (スポーツ医科学研究所)  
康井義明 (工学部動力機械工学科)

Experimental study of cartilage-bone injuries in sports (second report)

— The destruction at articular end of the pigs under cyclic shear loading —

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

## Abstract

Experimental sports injuries of cartilage and bone were produced by applying cyclic shear force (sin wave, 1Hz) to the articular surface of pig knee joint (young and adult). Bone-cartilage damage was evaluated according to the crack and abrasion of the articular surface and the fracture of the subchondral cancellous bone. The cyclic shear loading was more destructive to the articular end than the cyclic compression loading. The first site of failure was different by maturity. 'Closed' lesions at the subchondral plate in the young predict the precursor of osteochondritis dissecans. 'Open' lesions to the deeper layers from the articular surface in the adult have the characteristic of osteoarthritis. It was suggested that experimentally produced destruction models were reflected the injury patterns which were seen in sports players.

## はじめに

若年者のスポーツ外傷は、離断性骨軟骨炎や軟骨軟化症など、初期には軟骨表層が正常であるが、関節内部に損傷を呈する場合がしばしば見受けられる。これに対し、成人関節では関節症類似の骨軟骨障害が多い。これらはいずれも、過度の関節

運動のため、関節軟骨に繰り返し加わるせん断力によって発生する over use syndrome の一種とも考えられる<sup>1)</sup>。しかし、損傷の形態は若年関節と成人関節とで明らかに対照的である。

本研究では、スポーツで生じやすいと考えられる、いわば特殊なせん断力が関節軟骨障害にどの様に影響するかを検討してきた<sup>2)~5)</sup>。従来より、成熟度による損傷形態の相違の原因として、関節

- 5) 徳永幹雄、橋本公雄：スポーツ選手の心理的競技能力のトレーニングに関する研究 (3) —テニス選手のメンタルトレーニングについて—。九州大学健康科学、9、79-87、1987。
- 6) 国分康孝：カウンセリングの技法。誠信書房、1979。
- 7) Jacobson, E. : Progressive Relaxation. Univ. of Chicago Press. 1938.
- 8) Shultz, J., Luthe, W. : Autogenic Therapy I. Grune and Stratton, New York, 1969.  
(内山喜久雄訳：自律訓練法 I。誠信書房)
- 9) 山本賢司、柳澤潤吾、池田健他：総合病院精神科におけるリラクゼーション訓練の試み。心身医学、35 (5)、416-419、1995。
- 10) Hosaka, T., Yamamoto, K., Ikeda, T. et al : Application of the relaxation technique in general hospital psychiatry. Psychiatry and Clinical Neurosciences. 49. 259-262. 1995.
- 11) 白倉克之：バイオフィードバック法。Modern Physician. 7. 1025-1028. 1987
- 12) Yamamoto, K., Shirakura, K., Takamura, I. et al : Biofeedback training for bronchial asthma (Part II). Current Biofeedback Research in Japan. 52-57, 1993.
- 13) Shirakura, S., Hoshi, A., Iga, T. : Biofeedback training for EEG  $\alpha$  activities. Current Biofeedback Research in Japan. 45-55, 1992
- 14) 白倉克之、森本章、小林信三他：リラクゼーションに関する精神生理学的研究；音楽と心身のリラクゼーション (その3)。東海大学スポーツ医学雑誌、7、26-31。
- 15) 白倉克之、森本章、小林信三他：リラクゼーションに関する精神生理学的研究；音楽と心身のリラクゼーション (その4)。東海大学スポーツ医学雑誌、8、30-35。
- 16) Unestahl, L.E. : More new paths to sport learning and excellence. New paths to sport learning. The coaching association of Canada. 1982.
- 17) 松田岩男、猪俣公宏、落合優他：スポーツの心理的適性に関する研究—第1報、第2報。日本体育協会スポーツ科学委員会報告、No. VI、1981。
- 18) 松田岩男、猪俣公宏、落合優他：スポーツの心理的適性に関する研究—第4報。日本体育協会スポーツ科学委員会報告、No. III、1983。
- 19) Blos, P. : On Adolescence. Free Press. New York. 1962.  
(野沢栄司訳：青年期の精神医学。誠信書房、1971)
- 20) Bocknek, G. : The young adult ; Development after adolescence, Wadsworth. Revised edition. Gender press. New York. 1986.
- 21) Erikson, E.H. : Identity ; Youth and crisis. Norton. New York. 1968.  
(エリクソン「アイデンティティー青年と危機」岩瀬庸理訳。金沢文庫、1973)
- 22) 下山晴彦、斎藤久美子：第Ⅶ章 青年期後期と若い成人。臨床心理学大系「ライフサイクル」、141-176、金子書房。

ングの中で、自分が中学・高校・大学と全て副キャプテンであったことに改めて気づき、チーム内でどのように振る舞って行くのがよいかということ整理していった)や対人関係スキルなどに関しても積極的に話され、群衆心理などの話題もあった。一方、個人競技では主に個人のストレスマネジメント(例:事例Bの選手は大叩きした次のホールにいやな気分を持ち込まないために、従来は「あー!!」と大きな声を上げてゴルフバックを1回たたくという方法をとって割合うまくっていたが、マナーの問題などもあり、別の方法はないかと相談してきた。MTはリラクゼーション訓練で用いられる腹式呼吸と短時間に一点集中させる自律訓練法を指導した。選手は練習や試合でそれを試し、好印象を持って継続した)の話題が試合中の問題点として多くあがった。当たり前のことではあるが、団体競技では集団としての心理がそこで働くため、必然的にその内容がカウンセリングの各所で認められる。事例Aでは、集団心理に関するある種の心理教育的なアプローチが、本人の問題整理に役だったようである。

次に実践していくに当たってのMT側の問題点についても考察してみたい。一般的なメンタルトレーニングでも同様であるが、精神的に健康な人が、さらに高い水準を求めてトレーニングを希望するので、診断面接やトレーニングセッションの中でその選手の健康さがわかればわかるほど、MT側にも心的圧力がかかる。また、マスコミ媒体などを通じて、その選手の様々な情報がMT側に供給されることも心的圧力を助長する要因になりうる。これらの要因は、選手の情報を的確に把握することなどに多大な影響を及ぼすことをMTはあらかじめ認識すべきものと思われた。それらに対し、われわれはチームでのディスカッションという形で対処したが、必要に応じてはスーパービジョン形式なども導入されるべきであろう。

また、カウンセリングと並行して行われる諸技法の中で問題となったことは、選手の動機付け(モチベーション)である。多忙なプロ選手が時

間を要するリラクゼーション訓練やバイオフィードバックを行っていくためには、MTが毎日つきっきりで指導するか、選手自身にかなり強力なモチベーションがないと継続されない。現状ではプロ選手に対して前者を施行するのは物理的に困難であり、結果的に選手のモチベーションに左右されることになる。その際、MT側がいかに良いタイミングで導入するか、また、いかに簡略化した方法を用いるかということが大きな影響を与えるものと思われた。実際、事例Bにおけるリラクゼーション訓練の応用は、選手本人が必要としたときに簡略化した方法を用いることによって、継続性が得られた。

これらメンタルトレーニングの効果を客観的に評価することは難しい。勝敗のみを評価の対象とするならば、当プログラムの有用性を現段階で論ずるのは、事例数の問題などから時期尚早である。しかし、選手個人のためのメンタルトレーニングという観点から考えると、その効果はやはり勝敗だけで判断できる問題ではなく、その選手がいかに充実した選手生活を送ることが出来るかという漠然とした点も、大きな判断の材料である。従って、この点に関しては、様々な角度から評価し、さらに事例を積み重ねていくことが必要と思われた。

#### 参考文献

- 1) 柴田和弥、豊田一成:スポーツ選手における競技達成動機—メンタルトレーニングの問題点と展望—。臨床スポーツ医学、10(別冊)、282-287、1993。
- 2) 霜礼次郎:スポーツ選手が勝つためのメンタルマネジメント・プログラムに関する研究、スポーツ選手のメンタルマネジメントに関する研究—第3報。日本体育協会スポーツ医科学研究報告、1987。
- 3) 武田徹:事例に見るメンタルマネジメント。臨床スポーツ医学、5(11)、1227-1232、1988。
- 4) 徳永幹雄、橋本公雄、有川秀之:陸上短距離選手のメンタルトレーニングに関する事例研究。陸上競技紀要、1、48-56、1988。

プロジェクトが推進され、多大な研究報告がなされた<sup>17, 18)</sup>。これらの成果が得られた反面、心理学的な問題に関する情報が先行してしまい、あるスポーツの分野では一種流行のようになり、魔術的な意味あいを持たされてしまっている感も否めない。しかし、メンタルトレーニングは本来選手やチームのものであり、選手やコーチが必要とすることにメンタルトレーナーが専門的知識を持って手助けしていくものである。

今回われわれはプロスポーツ選手からメンタルトレーニングの依頼を受け、そのプログラム作成から実践までを行った。スポーツ選手がスポーツを職業とし、プロとして生活していくためには、卓越した運動能力に加え、学童期・思春期のある種過剰なトレーニングにも耐え、結果や周囲からの評価を残してこなければならぬ。メンタルトレーニングなどで問題となるあがりや競技不安などもそれらの過程でなされる精神修養により、克服されている面が多く、実際の事例でもそのことが節々で感じられた。そこでプログラム作成に当たっては、このような高水準にある選手達が抱える心理学的な問題すなわち、「プロスポーツ選手のメンタルトレーニングに対するニーズは何か」ということが問題となった。

プロスポーツ選手のパフォーマンスは選手やその家族の生活（経済的な面を含めて）に直結し、そのパフォーマンス次第では良くも悪くも心理学的な意味でのライフ・イベントとなりうる。また、選手のパフォーマンスは団体競技ではチーム、家族以外の観衆、牽いては一般社会にも影響を与える。逆に、家族や一般社会から選手本人に与えられる心的圧力も大きいものと予想される。さらに選手の心理的な問題は、選手のライフサイクルとも大きな関わりを有している。今回提示した事例は2名とも自らメンタルトレーニングを強く希望した。両者の年齢はともに20代後半で、自ら体力的にも、技術的にもある意味でピークを迎えており、更なる飛躍を精神面に期待していた。20代後半は心理学的には後青年期<sup>19)</sup> から若い成人期<sup>20)</sup> に相当し、青年期の精神発達課題である社会的同一

性が確立され、調和される時期である<sup>21)</sup>。その結果、社会的な立場やライフスタイルが確立したり、親密な家庭生活が営まれ<sup>22)</sup>、ある意味で安定する時期といえる。しかし、プロスポーツ選手はこの安定する時期に、スポーツ選手としてのピークから下降期へ移り変わる時期を迎えるわけである。このことは選手にとって非常に大きな問題で、「心理的な危機」である。従って、今回の事例では社会的・家庭的要因が安定しているだけに、この「心理的な危機」がよりスポーツにおける心理的な問題としてクローズアップされ、メンタルトレーニングを希望したとも理解される。このように、人間の精神発達におけるライフサイクルは選手の現役選手としてのライフサイクル（当該スポーツを始めた時期からプロ選手として引退するまでの技術面・体力面の移り変わり）と密接に関係していると考えられ、そこから新たに心理的な問題が派生すると思われる。

以上のことから、メンタルトレーニングとしてプロスポーツ選手の心理的な問題を扱う上では、パフォーマンスに関わる個々の心理的な要因やその対処法に焦点を当てただけでは不十分で、家族や社会と選手自らのパフォーマンスの関わりを扱わざるを得ないと考えられた。それらのことに適切に対処できる方法として、われわれはカウンセリングを必須とした当プログラムを作成した。選手個人々人に対してのプログラム作成に関しても、上述のように選手の置かれている状況・ライフサイクル上の問題・本人の性格傾向・家庭環境などを十分に把握した上で、きめ細かくプログラム作成していくことが大切であると考えている。

実際にこのプログラムを実践していった中で問題となった事柄について、事例経験をもとにいくつか振り返ってみたい。

ひとつは団体競技（今回の事例ではサッカー）と個人競技（今回の事例ではゴルフ）の間で、当然カウンセリングにおける焦点のあてどころが異なることである。特に、試合中の問題点に関しては、団体競技ではチーム内での自分の心理的な面における役割（例：事例Aの選手はカウンセリ



ディフェンスの選手。パフォーマンスの客観的評価が難しいポジションであるが、自分自身で「自分のパフォーマンスに波がある（試合前の身体状態とパフォーマンスの評価の不一致、試合中の気持ちの持ち方など）」ことを感じていた。肉体的にはピークを迎えており、あとは精神面での問題と自覚し、メンタルトレーニングを希望した。概要を説明し、同意を得た上で2nd stage（1995年度）が始まる頃より開始した。諸検査と評価面接を終了後、計8回のセッションを施行した。

カウンセリングの主題は「安定したパフォーマンスを持続するためには、どのようにしていったらよいか」ということで、カウンセリングの前半を「試合に向けてのメンタルコンディションの作り方」、中盤を「試合直前の行動」、後半を「試合中の行動」と大きく分けて話を進めた。ライフイベント上特にストレッサーとなりうることは本人からは話されなかったが、休養をとることへの罪悪感やチームのコンディションが悪いときには休養が「逃げ」のように思える部分があった。それらのことについて、今までの自らの経験やストレスマネジメントにおける休養の役割などを想起させ、話をすることによって整理していった。また、この時既に本人は試合と試合までの自分のコンディショニングについて、ある程度パターンが作れるようになってきていた。メンタルコンディショニングについても大筋は作られていたようであったが、細かな部分についての不安要因は依然存在しており、その問題を積極的に採り上げて話をしていた。実際の試合における問題点については、その週の試合の結果を振り返りながら、どのようであったか、今までどのようにしてよい結果を得てきたか、その際に問題となったことは何かという話を話した。

1st stage（1995年度）は怪我などの影響もあり、レギュラーポジションに定着できていなかったが、2nd stage以降は定着。現在もトップチームのレギュラーとして活躍している。今期のタイトル奪取にも貢献した。

事例 B 29歳 女性

レスズンプロ

ツアーシード権獲得のための選考会に挑戦中。ここ数年挑戦し続けているが、結局受からず、年齢的なこともあって今年勝負をかけたいとメンタルトレーニングを希望した。心理面での問題点は漠然としており、達成目標なども若干不明確ではあったが、それらのことも含めて相談に乗ってほしいという希望があり、まず、評価に重点を置いた。MMPIや16PFなどの心理検査を施行し、その結果を選手とともに話し合った。自分の性格を改めて整理し、パフォーマンス中に問題となる部分はどこで、それを改善していくためには日常生活の中でもどういう点に注意していったらよいかということを中心に問題を整理していった。また、プライベートな問題として、仕事の合間の練習ということで十分な練習時間がとれないことなども話された。その都度、目標を再確認し、また、理論的にメンタルトレーニングだけでは勝利に結びつかないことなどを繰り返し説明した。しかし、実際問題として練習時間を確保していくことは、現在の職場では難しく、かといって生活のために戦を捨てきれないという葛藤も話された。成績は芳しくなく、本人も改めて自分の生活やゴルフに対する考え方を見つめ直すことがカウンセリング後半の主題となった。

結局選考会には受からず、選手本人もその結果を受け入れ、翌年の選考会にはエントリーしないことを決めた。

## IV. 考 察

1982年の時点で世界各国で行われているスポーツ選手に対するメンタルトレーニングは約40種類にのぼると報告<sup>16)</sup>されており、中でも心理的リラクゼーションやイメージトレーニング・自己暗示・集中力のトレーニングなどに関しては数多くの報告がなされている。本邦でも近年、日本体育協会の研究班による競技意欲開発トレーニングの

各種技法について以下に概説する。

#### (1) カウンセリング

1 回約50分で、対座法で行う。基本的には能力開発的カウンセリング (developmental counseling)<sup>6)</sup> の立場をとる。MT は支持的に接し、選手個人の心理状態に共感できるよう心がけ、ある程度の関係付けがなされたことを確認しつつ、示唆や教育的な指示を与えてゆく。

短期集中的なプログラムであるという特性やプロ選手として活躍できるほどの精神的な資質を有しているという MT 側の判断などから、積極的に内省や洞察を求めるような方法は採らず、むしろ現実的な問題を積極的に取り上げ、MT と選手の間で問題解決の方法を話し合うという方法を採用した。

その際、特に配慮した部分は選手本人が持っている positive thinking を積極的に取り上げ、強化すること・negative thinking が出現した場合にはその考えが出現する背景に十分共感的な態度を示し、そこで選手本人から positive thinking が現れないときには最後に MT 側から positive thinking をフィードバックすること・選手本人が抱えている心理的な問題に関する疑問などには、その理論的な背景をなるべくわかりやすく (例えば別の事例を挙げて) 説明することなどである。

さらにカウンセリングの効率を高めるために、MT は診断面接終了後に積極的に取り扱うべき問題 (試合までのメンタルコンディションの整え方・試合中の心理状態について・一般社会生活でのストレスマネジメントなど) を計 8 回のセッションの中へ簡単に振り分けた。しかし、セッションの途中で新たな問題が浮上した際には、臨機応変に対応することを原則とした。

以下の方法は選手本人から直接希望があった場合やセッションが進行していく中で MT が必要と考えたときに随時施行する。

#### (2) リラクゼーション訓練

代表的な訓練法として、自律訓練法<sup>7)</sup>・筋弛緩訓練法<sup>8)</sup> などがある。今回のプログラムでは、従来よりわれわれが臨床応用している簡易化した方

法<sup>9, 10)</sup>を用いる。必要に応じ、行うので、選手によってはこれらの訓練法で行う呼吸法だけをトレーニングすることもあり得る。

#### (3) バイオフィードバック訓練

バイオフィードバックとは心電図や筋電図・皮膚温・脳波など生体から得られる情報を機械装置を使って音や光などの信号に変え、訓練者本人にそれをフィードバックすることにより、主に自律神経系を介する反応の自己制御を目的とした訓練方法である<sup>11)</sup>。今日までのわれわれの臨床経験<sup>12, 13)</sup>から、比較的変動が体感されやすい筋電図・皮膚温をフィードバックの指標として選んだ。これらの訓練は日々のものなので、機械は携帯式のを貸与する方法を採用した (筋電図フィードバックは Thought Technology 社製 Myotrac を使い、皮膚温フィードバックは Cyborg 社製の THERMAL J42 を用いる)。

#### (4) 音楽療法的アプローチ

従来われわれの研究<sup>14, 15)</sup>をもとに、音楽を練習や試合の前などに応用する方法で、曲の選択に関しては心電図の R-R 間隔や脳波の  $\alpha$  II 波などから選手個人用に曲を選択する。

#### 4) フォローアップセッション

一連のトレーニングが終了した 3~6 カ月後に、新たに出現した問題の整理などを目的として行う。必要に応じてこれらのセッションは回数を増やすことが可能なものとする。

### Ⅲ. メンタルトレーニングの事例

「メンタルトレーニングの概要」のはじめに記したが、守秘を前提としていることから、詳細な内容については記載できないが、支障のない範囲で具体的な事例を 2 例挙げ、その経過を報告したい。尚、これらの記載に関しては事前に本人の同意を得ている。

事例 A 27歳 男性

Jリーグ・プロサッカー選手

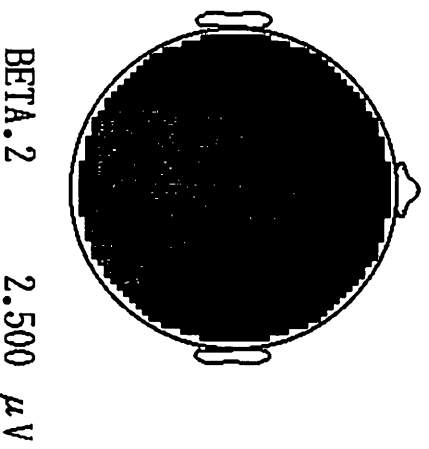
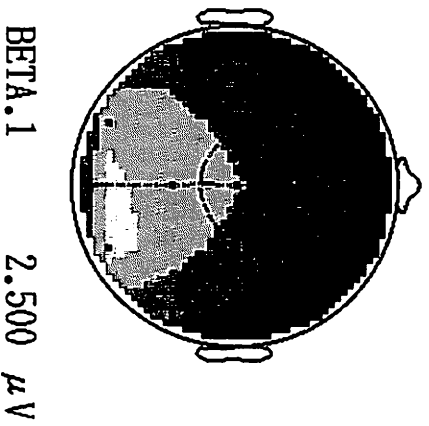
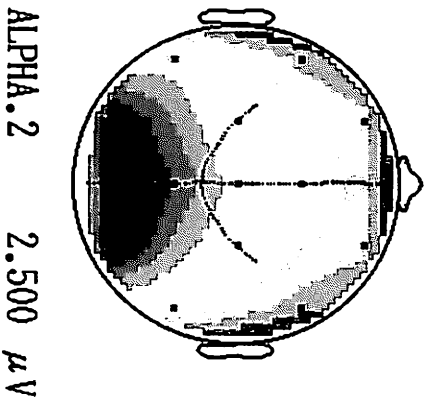
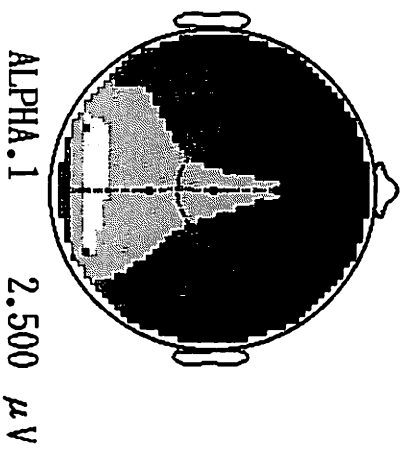
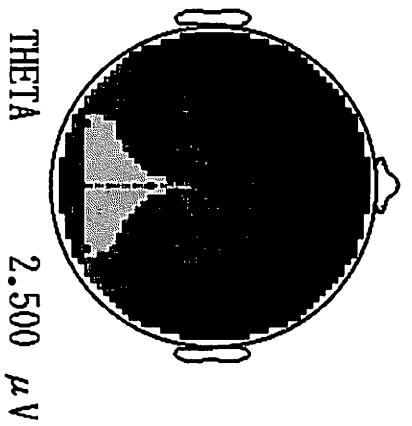
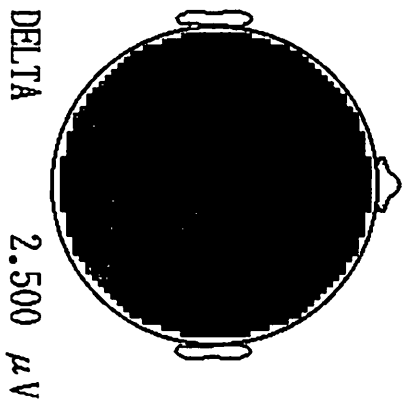


図3b. トポグラフィの結果 (例)  
Fig. 3b Topograph (example)

<p style="text-align: center;"><i>Personal Data</i></p> <p>Name _____  Sex _____ Age _____ (Birthday _____)  Position _____  Motivation for Mental Training _____</p> <hr/> <p>Personal History  Experience with Illness and Injury _____</p> <p>Craving  Tobacco _____  Alcohol _____  Coffee _____  Cold drink(coke etc.) _____</p> <p>Education  Elementary school _____  Junior high school _____  High school _____  College/University _____</p> <p>Occupation _____</p> <p>Hobby _____</p> <p>Family History</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 50px; margin-left: 100px; text-align: center; font-size: 8px;">Ocnogram</div>	<p>Course and Problem of one's Life and Sport  Life _____  _____</p> <p>Sport _____  _____</p>	<p>Stress Management (Date: _____)</p> <p>to Game _____  _____</p> <p>to Personal Relation(including team mates and training staff)  _____</p> <p>to Slump _____  _____</p> <p>to Injury and/or Disease _____  _____</p> <p>to Private Problem _____  _____</p> <p>Others _____  _____</p>
--	--	--

図2 個人情報に記載する用紙  
Fig. 2 Formats of personal data

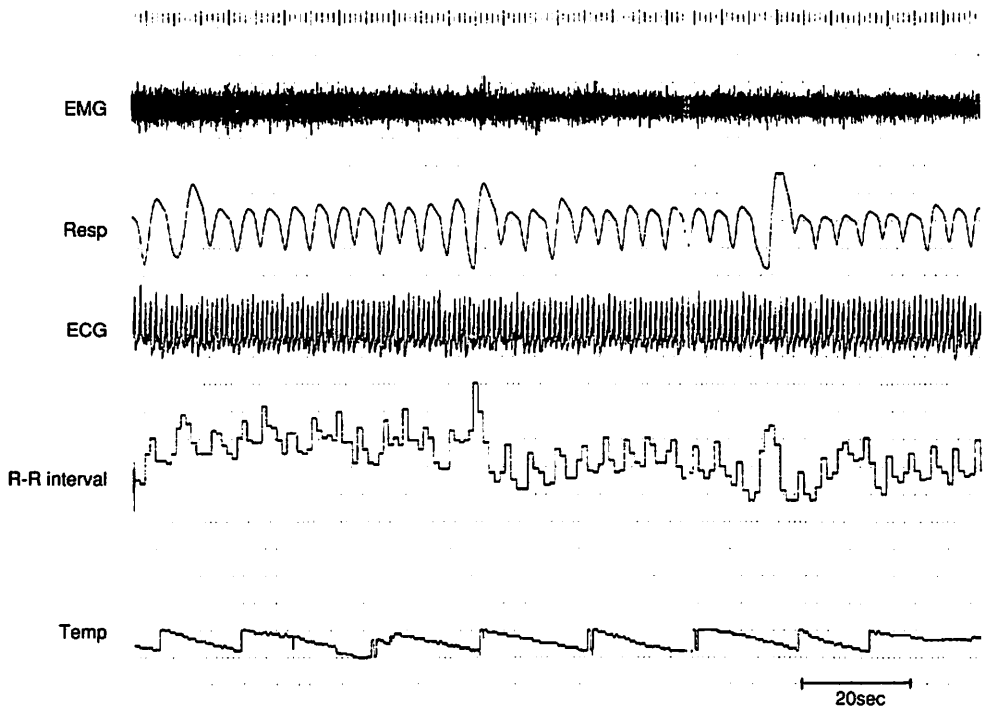


図3a. ポリグラフの結果 (例)  
Fig. 3a Results of polygraph (example)

わかりやすく説明し、契約面接などで掲げたトレーニングの目的・達成目標などをMTと選手本人の間で再評価した。

3) トレーニングセッション (計8回)

トレーニングセッションはカウンセリングを必須とし、その他は選手のニーズやMT側の判断でリラクゼーション訓練・バイオフィードバック・音楽療法的アプローチなどを組み合わせた。

## メンタル・トレーニングの流れ

東海大学医学部精神科学教室 山本賢司

### 1. 問診

心理的なアセスメントのための問診で、精神科医が施行します。1回50分程度で2、3回施行します。

### 2. 心理検査

質問紙を用いるMMP I・EPPS・TSM Iなどを使用して行います。

### 3. ポリグラフ

脳波、筋電図、心電図、呼吸など電気生理学的な検査です。

### 4. その他

必要に応じて身体的な検査も可能です。

評価の結果及び本人のニーズにより、以下のトレーニング・プログラムを組み合わせてトレーニングを施行します。

・カウンセリング

・リラクセーション訓練

自律訓練法

漸進性筋弛緩法

・バイオフィードバック

筋電図・皮膚温バイオフィードバック

・音楽療法的アプローチ

(・イメージ・トレーニング)

図1 メンタルトレーニングの説明図

Fig. 1 The explanation of mental training programs

するプロスポーツ選手に対し、従来の報告を踏まえた上で、メンタルトレーニング・プログラムを作成・施行した。プログラムはカウンセリングを中心とし、選手個人の目的やニーズにあわせ、柔軟に対応できることを考慮した。また、多忙なプロスポーツ選手に対応できるよう、比較的短期間で集中的に行うものを作成した。ここに具体的なプログラムの内容を呈示し、実際に訓練を受けた2名(サッカー・ゴルフのプロ選手)の経過を合わせて報告する。

## II. メンタルトレーニング・プログラムの概要

今回われわれが作成したプログラムは、基本的にメンタルトレーナー(以下MT。今回はすべて精神科医)と選手が1対1で行うものである。MT側は守秘を第一原則とし、そのことは選手本人に契約面接の中で説明した。

### 1. 対象

メンタルトレーニングを自ら希望するプロスポーツ選手で、以下に示したプログラムの内容に同意し、毎週または隔週1回の割合で東海大学病院または東海大学スポーツ医学研究所(湘南校舎)へ来訪可能な者を対象とした。

### 2. 場所

面接は東海大学病院または東海大学スポーツ医学研究所内にある、リビングセットを用意した面接室で行った。心理検査は病院内の個室で行うか、都合によっては持ち帰って記載してもらった。ポリグラフは東海大学医学部精神科学教室にある実験室(半防音室)で測定した。

### 3. メンタルトレーニングの流れ

このプログラムは短期集中的なもので、基本的には合計12~13回のセッションから構成されている。トレーニング期間は大体4~6カ月である。契約面接から始まり、診断面接(諸検査を含

む)・トレーニングセッション・フォローアップセッションと続く。

#### 1) 契約面接(1回)

図1に示した用紙を渡し、プログラムの概要を説明し、実際に行うか否かの取り決めをする。同時に、メンタルトレーニングに対する動機を確認し、トレーニングの目標を設定する。

#### 2) 診断面接及び検査(2,3回)

##### (1) 問診による選手に関する基本情報の入手

図2に示したデータ・シートをもとに選手の生活歴・家庭環境・学歴・嗜好・スポーツ歴・今日までの様々なストレス(試合・対人関係・スランプ・怪我や病氣・個人的な問題など)に対し、どのように対処してきたかなどを聴取する。

##### (2) 心理検査による性格傾向の把握

問診と並行して、EPPS(Edwards personal preference schedule)、MMPI(Minnesota multi-phasic personality inventory)、TSMI(Taikyo sport motivation inventory)、16PF(The 16 personality factor questionnaire)などの心理検査の中から必要と思われる心理検査を選択する。いずれの結果も本人にフィードバックする。

##### (3) ポリグラフによる精神生理学的指標の推移の把握

21チャンネルのポリグラフ(NEC製ポリグラフ360)を用い、脳波(EEG)12誘導、前額部筋電図(EMG)、心電図(ECG)、呼吸(Resp)、皮膚温(Temp)を各1誘導ずつ導出し、単位時間当たりの心電図R-R間隔(ECG R-R interval)推移も算出して同時に記録した。安静(5min)→緊張場面の想起(3min)→安静(5min)→弛緩場面の想起(3min)→安静~睡眠の順で約30分間記録した(図3a)。脳波記録は選手本人にフィードバックしやすいよう、脳波成分は各周波数帯域別にMappingを行い、Topographを作成した(図3b)。これらの結果も選手本人にフィードバックし、後のトレーニングセッションでバイオフィードバックやリラクゼーション訓練を行う際には、指標の選択などにも応用した。

これらの診断面接・諸検査の結果を選手本人に

# プロスポーツ選手に対する メンタルトレーニング ——プログラムの作成と実践経験——

山本賢司 (医学部精神科)      長島克彦 (医学部精神科)  
伊賀富栄 (医学部精神科)      三神美久 (渭水市立病院内科)

Mental training programs for professional players  
—— From making programs to practice ——

Kenji YAMAMOTO, Katuhiko NAGASHIMA, Tomiei IGA, and Yoshihisa MIKAMI

## Abstract

Mental training programs for professional players (Soccer player and golfer) have been made by our project team and practiced. To make programs, we gave attention to the environmental factors and (psycho-developmental) life cycles of the players. Then we adopted the counseling as indispensable program and combined other techniques, such as relaxation techniques, biofeedback training, and passive music therapy.

Actually, two professional players (one of soccer player of J league, and another was golfer) were treated by our programs. We described here, process to make these programs and our treated experiences of two players. Also we mentioned that the problems of a kind of sports (group or not), trainers of these programs and motivation to combined techniques.

## I. はじめに

競技スポーツにおいて勝利という目標達成の条件は「心・技・体」の三位一体、すなわち精神・技術・体力の充実である。また、どの競技スポーツにおいても、上級者になるに従い、技術・体力面よりも精神面が勝敗に大きな影響を与えている

ことも経験的に知られている事実である。これらのことから、近年、本邦でも様々な競技スポーツにおいてメンタルトレーニングが導入され<sup>1)~5)</sup>、その方法や効果が報告されている。それらの中ではメンタルトレーニングに対する考え方、達成目標などが様々な形で報告されており、技法も多彩である。

今回、われわれはメンタルトレーニングを希望

内省報告で「音楽1」と「音楽2」を較べたとき「音楽1」には殆ど全員が同意味のイメージの内省をしているのに対し、「音楽2」ではそれぞれ異なった内省であることから推察される。

「音楽1」で示されたように目的をもった動作（動き）と音楽の関連付けは心身の状態を一定方向に導き（ここでは交感神経活動の増加）、音楽を聴くだけで次の動作のイメージが惹起され、身体をその動作ふさわしい状態にする準備段階と考えられ、音楽をトレーニングに活用することは有意義である考えられた。

#### 参考文献

- 1) 堀哲郎：脳と情動－感情のメカニズム。共立出版、101-116、1991。
- 2) 久我隆一、山岡淳、七尾和之：胸部呼吸運動に及ぼす音楽の効果。日本心理学会第54回大会発表論文集、397、1990。

- 3) 日本バイオミュージック研究会編：音楽療法の理解：心と体の健康と音楽。日本バイオミュージック研究会、81-94、1990。
- 4) 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。
- 5) 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。
- 6) 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7号、26-31、1995。
- 7) 白倉克之、森本章、伊賀富栄、山本賢司ほか：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4）。スポーツ医科学雑誌、第8号、30-35、1996。



の間に特徴的な差異はみられなかった。

#### IV. 考察

今回検討した生理学的指標をみると「音楽1」では、SPL、PTG、HR、Respの指標に変化与える例が多く、それは交感神経優位の所見を示すものであった。「リズム1」では、交感神経優位の所見を示すものもあるが、むしろ「音楽1」と比べ音楽呈示前の状態と変わらない所見を示す者の割合が増加した。「音楽2」では、交感神経優位の所見を示す例が多かったが、その割合は「音楽1」に比べ減少した。またa波の出現やRespは音楽呈示前と変わらない例が増加し、前額部筋電図では、減少した例が多くなった。「リズム2」では、交感神経優位のパターンを示す例は些少であり、音楽呈示前と変わらない指標が多く、Respでは呼吸数の減少した例が多かった。以上の知見と内省報告をもとに考察する。

交感神経優位ということを用いた著書<sup>1)</sup>から引用すると「情動行動が起こる時は交感神経系の活動が高まっていることが多い。キャノンはこの反応を個体が危険に曝された時、闘争あるいは逃走するための身体の準備状態、即ち「緊急時反応」と考えた」。交感神経系の活動増加時では循環機能の亢進、皮膚および内臓血管の収縮と骨格筋血流量の増加、呼吸数の増加、手足における発汗、立毛などの生理的変化が起こる。このような生理的変化は、危険からの回避ばかりではなく、音楽聴取時においても自律神経系に何らかの影響を及ぼすことは周知のことである<sup>2,5)</sup>。したがってわれわれの実験での交感神経優位は音楽に伴う情動によるものと考えられる。

「音楽1」と「リズム1」、「音楽2」と「リズム2」を比較してみると音楽の方が情動変化が大きい。「音楽1」はcheerの音楽として繰り返しの練習で聴き慣れた音楽であり、内省報告においても「思い出した」、「踊りたくなった」とほぼ全例でcheerのイメージの想起がなされ、個々の被

験者にとって意味のある音楽と思われる。また被験者間でHR、PTG、Resp、SPLなどの自律神経系の変化様式が他の呈示音楽に較べ一致する例が多く、この音楽の条件付けがなされていることが示唆される。「音楽2」も被験者全員がよく知っている音楽であることから、個人の音楽に対する感性や受容のし方が違って何らかの意味を持つものと思われる。このことは内省報告にみられるように「落ちついた」や「鳥肌が立った」の身体変化を自覚などの幅広い内省からも窺い知ることができる。さらに前額部筋電位の低下を示す例が増加したことは、この音楽にリラクゼーションの効果のあることが示唆され、内省報告からも「リラックスした」、「ゆったりした」の内省が得られている。これに対し「リズム1」と「リズム2」は、「音楽1」、「音楽2」からそれぞれリズムパートを取り出し1つの“音楽”として聴かせたものである。したがって「リズム1」は速いテンポのものであり、「リズム2」はかなり遅いテンポのものである。「リズム1」では「音楽1」に比べ交感神経優位を示す例がほぼ半数ほどに減少したが、各被験者毎に変化する指標が異なっていた。内省報告では「自分がドラムを叩いている気分」、「好きなリズム」など「リズム1」に対し親和的内省を半数の被験者が行っている。リズムだけでは音楽としての形態（リズム、メロディ、ハーモニー）を成さないものであるが、速いテンポのものは打楽器などによる行進曲にみられるように音楽としての意味を持つものであろうし、被験者が過去にそれらの楽器を扱っていた経験があれば何らかの意味を持つであろう。「リズム2」では、先に述べたように交感神経優位例は殆どなく、内省報告でもみられるように「つまらない」、「何も感じない」など否定的な内省が目立ち、テンポが情動の変化に影響を与える音楽の要素の一つであることが示唆される。

このように呈示音楽によって自律神経系の反応様式が異なり、アックスやエクマンの実験でもみられるように「情動性自律反応は常に全身的に均一ではない」<sup>1)</sup>ことを示唆している。このことは

示した音楽についてさまざまな表現で内省報告がなされているが、これらを大別して集計したものを表4～6に示す。

1) 音楽を聴いている時の気分について

「音楽1」については、“楽しい”、“気分がのる”、“踊りたくなる”などの気分の高揚しているような内省を、「音楽2」では、“落ち着く”、“ゆったりする”などの内省、即ち音楽の内容に合致しているような内省を「親和的内省」とし、逆に“つまらない”、“嫌な感じ”、“退屈”などの内省を「非親和的内省」として、また「リズム1」、「リズム2」もこれに準じて表3の内省報告をまとめたものが表4である。

「音楽1」では全被験者が親和的内省をしている。「リズム1」では親和的内省6名(54.5%)、非親和的内省4名(36.4%)、その他1名(9.1%)で“シンバルの音に驚いた”という内省である。「音楽2」では、親和的内省10名(90.9%)、否定的内省は無く、その他1名(9.1%)で“好きな人と聴きたい”という内省であった。「リズム2」では、親和的内省3名(30.0%)、非親和的内省3名(30.0%)、その他4名(40.0%)で“特に何も感じない”、“眠かった”、“眠った”などである。

2) 音楽を聴いている時自覚した身体変化について

自覚した身体変化の有無について表5に示す。身体変化を自覚した者は、「音楽1」6名(54.5%)、「リズム1」3名(27.3%)、「音楽2」3名(27.3%)、「リズム2」1名(10.0%)であ

表4 音楽を聴いている時の気分  
Table 4 Feeling during listening to music

	音楽を聴いた時の気分			
	音楽1	リズム1	音楽2	リズム2
N	11	11	11	10
親和的内省 (%)	11 100.0	6 54.5	10 90.9	3 30.0
非親和的内省 (%)	0 0.0	4 36.4	0 0.0	3 30.0
その他 (%)	0 0.0	1 9.1	1 9.1	4 40.0

った。

3) 音楽を聴いている時のcheerのイメージの想起について

被験者らがチアリーダーの練習や大会で聴き慣れた「音楽1」とその音楽のリズムパートのみをとりだした音楽「リズム1」でcheerのイメージが想起されたかを表6に示す。

「音楽1」では全被験者にイメージが想起され、「リズム2」では全被験者にイメージの想起がなされなかった。

4) 最も好きな音楽について

呈示音楽のうち最も好きな音楽を回答してもらった。「音楽1」と答えた者6名(54.5%)、「音楽2」と答えた者5名(45.5%)であり、「リズム1」および「リズム2」と答えた者はいなかった。

3. 生理学的指標の変化と内省報告との関連について

生理学的指標の同一変化パターンを示したグループの内省報告の内容と他の同一変化パターンを示したグループおよび個々の被験者の内省報告と

表5 音楽を聴いている時に自覚した身体変化  
Table 5 Physical changes being felt during listening to music

	自覚した身体変化			
	音楽1	リズム1	音楽2	リズム2
N	11	11	11	10
有り (%)	6 54.5	3 27.3	3 27.3	1 10.0
なし (%)	5 45.5	8 72.7	8 72.7	9 90.0

表6 音楽を聴いている時の cheer のイメージの想起  
Table 6 Imaging of cheer performance during listening to music

	Cheer のイメージの想起	
	音楽1	リズム1
N	11	11
湧いた (%)	11 100.0	0 0.0
湧かなかった (%)	0 0.0	11 100.0

表3 内省報告

Table 3 Intraspective reports

Subj. Age	音楽を聴いたときの気分				自覚した身体変化				Cheerのイメージの想起		最も好きな曲	
	音楽1	リズム1	音楽2	リズム2	音楽1	リズム1	音楽2	リズム2	音楽1	リズム1		
EK 21	*楽しい気分 *踊りたくなった	*ちょっと退屈 *眠くなった	*落ちつく *少し悲しい気分		*心臓がドキドキした	*ドラムと同じように脈打っていた感じだった	*脈拍が指先で感じた			*cheerの構成が頭の中で湧いてきた		音楽1
AH 21	*なつかしかった *色々思い出しながらcheerをやりたいくなった	*単調で飽きた *途中でcheerで使えそうと思った	*好きな人と聴きたくなった	*ゆっくりすぎて眠くなった						*湧いてきた	*湧かない	音楽1
AF 21	*踊りたくなった *体でリズムをとりたくなった	*ノリのよさが気持ちよかった *カウントをとりたくなった	*ゆったりとした気分になった	*単調な感じで特に何も感じなかった						*湧いた	*あまり湧かなかった	音楽1
NI 19	*とても楽しかった *刺激的な感じ *動きを思い出した	*楽しい *身体がのってしまいそうだった	*良い気分 *落ち着いた *リラックスした	*眠った	*体が動いてしまった *リズムをとった	*手足でリズムをとった		*眠った		*cheerのイメージしない	*メトロノームの感じで湧かなかった	音楽2
NO 22	*興奮した	*イライラした	*気持ちよい *一緒に頭で歌った	*一緒に頭で歌った *眠かった						*湧いた	*湧かなかった	音楽1
YS 20	*リズムにのった *色々思い出した *cheerをやっている気分になった	*自分でドラムを叩いている気分になった	*好きな曲なので聴き入った	*面白くなかった			*一番好きな処で寒気がした	*だんだん眠くなった		*すごく湧いた	*あまり湧かなかった	音楽2
SM 19	*ダンスのスタンプを考えたい	*リズムをとったりダンスをしたり、ドラムをたたいている気分になった	*頭で歌っていた *集中して歌詞を聴いていた	*最後は単調に感じた						*ダンスを踊っていた	*あまり湧かなかった *ダンスに使えるかなと思った	音楽2
KK 22	*踊りたくなった *思い出した	*指でリズムをとりたくなった	*落ち着く *眠くなった		*ゾーンと鳥肌がたつた *寒気がした		*眠くなった			*湧いた *効果音が使えそう	*バンドチャントで使えそうだったと思った	音楽1
NM 21	*気分がのった	*せっぱ詰まった気分になった	*ゆったりと曲を聴いた	*リラックスできた *最後ねむくなった	*自分でリズムをとっていた					*湧いた *リズムがとりやすい	*あまり湧かない *リズムだけの方が選い気がした	音楽2
MH 21	*体が動く感じがした *楽しかった *思い出していた	*好きなリズムだった *ドラムの感じがいい	*サビのところは感動して鳥肌がたつた	*つまらない *耳が聴こうとしていなかった	*リズムをとって頭が動いた感じがする		*鳥肌がたつた			*まさしくcheerという感じ	*どちらかというとライブハウスにいる感じ	音楽1
EM 20	*大会での緊張や興奮を思わせる感じ *踊りたくなった *ゾクゾクした	*シンバルの音に驚いた	*聴き易く感情移入ができた *涙が出そうになった	*娘な感じ	*思い出しながらスタンプを組む時のように体が感じていた	*休息の時と比べると呼吸が速くなった気がする			*どこで息をしていいかわからなかった *息をするリズムがわかりにくい	*大いに湧いた *大会の時の気持ちに浸っていた	*湧かなかった	音楽2

であった。心拍数 (HR) では、心拍が早くなった者10名 (90.9%)、遅くなった者1名 (9.1%) であった。呼吸数 (Resp) では、呼吸数の増加9名 (81.8%)、減少はなく、不変4名 (18.2%) であった。前額部筋電図については、筋電位の上昇した者7名 (63.6%)、低下した者はなく、不変4名 (36.4%) であった。

#### 2) 「リズム1」について

$\alpha$  波の出現では、増加3名 (27.3%)、減少4名 (36.4%)、不変4名 (36.4%) であった。SPLでは、反応した者6名 (54.5%)、反応しなかった者5名 (45.5%) であった。PTGでは、振幅の増加3名 (27.3%)、低下7名 (63.6%)、不変1名 (9.1%) であった。HRでは、心拍数の増加5名 (45.5%)、不変6名 (54.5%)、減少した者はいなかった。Respでは、呼吸数の増加3名 (27.3%)、不変8名 (72.7%)、減少した者はいなかった。EMGでは、筋電位の上昇3名 (27.3%)、減少1名 (9.1%)、不変7名 (63.6%) であった。

#### 3) 「音楽2」について

音楽呈示中睡眠パターンに移行した被験者が1名あり、データ数10名で集計した。

$\alpha$  波の出現では、増加3名 (30.0%)、減少1名 (10.0%)、不変7名 (70.0%) であった。SPLでは、反応した者6名 (60.0%)、反応しなかった者4名 (40.0%) であった。PTGでは、振幅の増加1名 (10.0%)、減少9名 (90.0%) で不変の者はいなかった。HRでは、心拍数の増加5名 (50.0%)、減少1名 (10.0%)、不変4名 (40.0%) であった。Respでは、呼吸数の増加3名 (30.0%)、不変7名 (70.0%) で減少した者はいなかった。EMGでは、筋電位の上昇1名 (10.0%)、低下8名 (80.0%)、不変1名 (10.0%) であった。

#### 4) 「リズム2」について

音楽呈示中睡眠パターンに移行した被験者が2名、記録の不良な被験者が1名あり、データ数8名で集計した。

$\alpha$  はの出現では、増加1名 (12.5%)、減少1名 (12.5%)、不変6名 (75.0%) であった。SPLでは、反応した者3名 (37.5%)、反応しなかつ

た者5名 (62.5%) であった。PTGでは、振幅の増加1名 (12.5%)、減少1名 (12.5%)、不変6名 (75.0%) であった。HRでは、心拍数の増加2名 (25.0%)、減少3名 (37.5%)、不変3名 (37.5%) であった。Respでは、呼吸数の増加1名 (12.5%)、減少6名 (75.0%)、不変1名 (12.5%) であった。EMGでは、筋電位の上昇1名 (12.5%)、減少した者はなく、不変7名 (87.5%) であった。

#### 5) 生理学的指標の変化パターンについて

表1に示された6つの生理学的指標の変化について被験者間での共通性について整理すると全呈示音楽を通じては同じ変化パターンを示す者はいなかった。またそれぞれの呈示音楽間でも同一変化パターンを示す者はいなかった。そこで個々の呈示音楽についてみると、「音楽1」では2名 (AF, NO)、3名 (YS, EM, EK) が同じ変化パターンを示した。「リズム1」、「音楽2」では同じ変化パターンを示す者はなく、「リズム2」では2名 (AF, EM) が同じ変化パターンを示した。

生理学的指標6つのうち表2で示された「音楽1」での傾向頻度の高い4つの指標 (SPL, PTG, HR, Resp) についてみると、「音楽1」では5名 (NI, YS, EM, EK, NM)、3名 (MH, AF, NO) が同じ変化パターンを示した。「リズム1」では2名 (AH, MH)、「音楽2」では2名 (NM, AH)、「リズム2」では2名 (SM, NO) および2名 (AF, EM) が同じ変化パターンを示した。さらにPTG, HR, Respの3つの指標でみると、「音楽1」では8名 (AF, NO, MH, NI, YS, EM, EK, NM)、「リズム1」では3名 (AH, MH, NI)、2名 (NO, EM)、2名 (SM, KK)、「音楽2」では3名 (NM, AH, EK)、2名 (SM, AF)、2名 (NO, EM)、「リズム2」では3名 (SM, YS, NO)、2名 (AF, EM) がそれぞれ同一変化パターンを示した。

## 2. 音楽聴取後の内省報告について

音楽聴取時の内省について表3に一覧する。呈

表1 各生理学的指標の変動（音楽呈示前の記録との比較）

Table 1 Changes of physiological parameters (Comparison with pre-music stimulation)

系	Subj.	Age	音楽 1						リズム 1						音楽 2						リズム 2					
			EEG α	SPL	PTG	HR	Resp	EMG	EEG α	SPL	PTG	HR	Resp	EMG	EEG α	SPL	PTG	HR	Resp	EMG	EEG α	SPL	PTG	HR	Resp	EMG
1	AF	21	↑	-	↓	↑	↑	→	↑	-	→	↑	→	→	↑	-	↓	→	→	↓	→	-	↓	→	→	→
1	AH	21	↑	+	↑	↑	↑	↑	→	-	↓	→	→	↑	↑	+	↓	↑	→	→	→	-	→	↑	↑	↑
1	EK	21	↓	+	↓	↑	↑	↑	↑	+	↑	↑	→	→	→	-	↓	↑	→	→						
1	NI	19	↓	+	↓	↑	↑	→	↓	+	↓	→	→	↓	D						D					
1	NO	22	↑	-	↓	↑	↑	→	↓	-	↓	↑	↑	→	→	-	↓	↑	↑	→	→	-	↓	↓	→	→
1	SM	19	→	+	↓	↑	→	↑	→	-	↑	→	→	→	→	+	↓	→	→	→	→	-	↓	↓	→	→
1	YS	20	↓	+	↓	↑	↑	↑	↓	+	↓	→	↑	→	→	+	↓	→	↑	→	↓	+	↓	↓	→	→
2	EM	20	↓	+	↓	↑	↑	↑	→	+	↓	↑	↑	↑	↓	+	↓	↑	↑	↑	→	-	↓	→	→	→
2	KK	22	↑	+	↓	↓	→	↑	↑	+	↑	→	→	↑	↑	+	↑	→	→	→	↑	+	↑	→	↓	→
2	MH	21	↓	-	↓	↑	↑	↑	↓	-	↓	→	→	→	→	-	↓	↓	→	→	D					
2	NM	21	→	+	↓	↑	↑	→	→	+	↓	↑	→	→	→	+	↓	↑	→	→	→	+	↓	↑	→	→

↑：増加あるいは上昇 ↓：減少あるいは低下 →：不変

+：変動あり -：変動なし D：drowsiness～sleep

表2 各生理学的指標の変動の集計（傾眠状態のデータは除く）

Table 2 Distribution of changes of physiological parameters

	音楽 1						リズム 1						音楽 2						リズム 2						
	EEG α	SPL	PTG	HR	Resp	EMG	EEG α	SPL	PTG	HR	Resp	EMG	EEG α	SPL	PTG	HR	Resp	EMG	EEG α	SPL	PTG	HR	Resp	EMG	
N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8
増加・上昇・+	4	8	1	10	9	7	3	6	3	5	3	3	3	6	1	5	3	1	1	3	1	2	1	1	1
(%)	36.4	72.7	9.1	90.9	81.8	63.6	27.3	54.5	27.3	45.5	27.3	27.3	30.0	60.0	10.0	50.0	30.0	10.0	12.5	37.5	12.5	25.0	12.5	12.5	12.5
減少・低下・-	5	3	10	1	0	0	4	5	7	0	0	1	1	4	9	1	0	8	1	5	1	3	6	0	0
(%)	45.5	27.3	90.9	9.1	0.0	0.0	36.4	45.5	63.6	0.0	0.0	9.1	10.0	40.0	90.0	10.0	0.0	80.0	12.5	62.5	12.5	37.5	75.0	0.0	0.0
不変	2	-	0	0	2	4	4	-	1	6	8	7	7	-	0	4	7	1	6	-	6	3	1	7	7
(%)	18.2	-	0.0	0.0	18.2	36.4	36.4	-	9.1	54.5	72.7	63.6	70.0	-	0.0	40.0	70.0	10.0	75.0	-	75.0	37.5	12.5	87.5	87.5

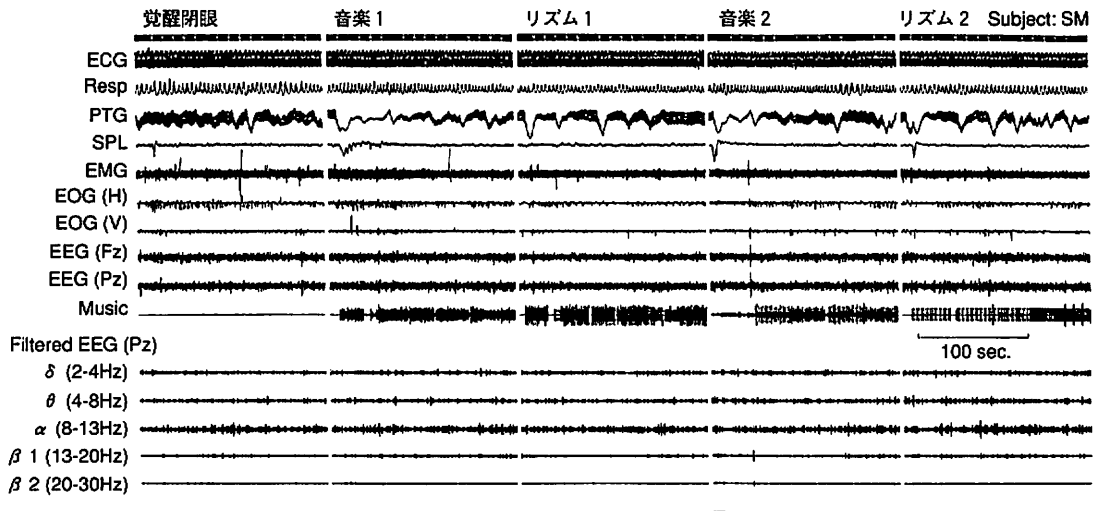


図3 ポリグラフ記録の1例  
Fig. 3 A case of polygram

は、2群に分けられ、系1は7名、系2は4名である。

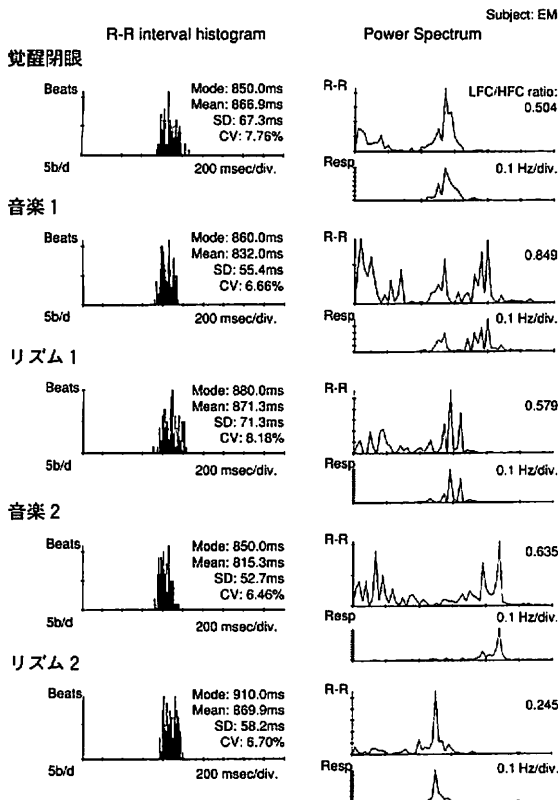


図4 心電図と呼吸運動の解析例  
Fig. 4 A case of analysis of ECG and respiration

の4つを音楽として聴取させた。音楽の呈示は、実験プロトコル(図1)に示すように音楽の呈示順序の影響を考慮し2つの系で行った。被験者

### Ⅲ. 研究結果

#### 1. ポリグラフ記録について

今回行った研究のポリグラフ記録の一部を図3に示す。このような記録所見から視察および医用コンピュータDP1100上で作成したオリジナル解析プログラム(図4)を駆使して、各音楽聴取時における生理学的指標の変化について音楽呈示前と比較した(表1)。なお記録の中で、脳波上傾眠や睡眠パターンがみられたセッションや記録の不良なセッションはデータから除外した。また音楽呈示の順序については明らかな差違が認められないため、系1と系2をまとめて集計した(表2)。

##### 1) 「音楽1」について

脳波の $\alpha$ 波(以下 $a$ 波)の出現については、増加4名(36.4%)、減少5名(45.5%)、不変2名(18.2%)であり、一定の傾向はみられなかった。SPLについては反応する者8名(72.7%)、反応のみられない者3名(27.3%)であった。脈波(PTG)の振幅の変化では、振幅が高くなった者1名(9.1%)、低くなった者10名(90.9%)

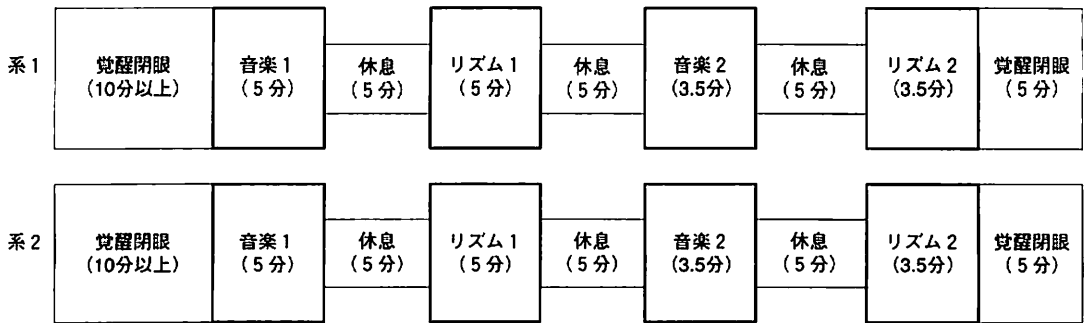


図1 実験プロトコール  
Fig. 1 Protocol

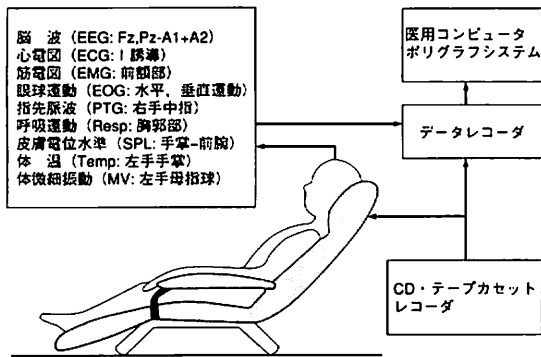


図2 ブロックダイアグラム  
Fig. 2 Blockdiagram

うになると考えられる。そしてこのように訓練された者たちは、音楽を聴くだけで身体の動きを想起し、あるいは実際に身体を動かすことが予想される。このような事象を精神生理学的立場、特に自律神経系の反応について明らかにするために以下の実験を行った。

## Ⅱ. 研究対象および研究方法

対象は、東海大学チアリーダーに所属する2～4年生の健康な女子学生11名で、いずれも本実験に同意の得られた学生である。年齢は19～22歳(平均20.6歳)である。

実験は一定の室温(22℃)と一定の照度に保たれた半防音室内で行った。音楽の呈示は安楽椅子(ボディソニック・プラス1:ボディソニック社)を使用し、椅子に内蔵されているスピーカにより好みの音量で図1に示す実験プロトコールに従っ

て行った。実験中は合図があるまで覚醒閉眼を保つよう指示した。これとともに脳波(EEG)、心電図(ECG)、眼球運動(EOG)、前額部筋電図(EMG)、胸部部呼吸運動(Resp)、指先脈波(PTG)および皮膚電位水準(SPL)の生体情報を多用途型脳波計(EEG4421D:日本光電)で記録を行い、データレコーダ(XR7000L:TEAC)にも収録し、後日再生し、視察および医用コンピュータ(DP1100:NEC)、ポリグラフシステム(ポリグラフ360:NEC)を用いて解析を行った(図2)。また音楽呈示のプロトコール終了後に内省報告を以下の項目について、被験者自身の筆記形式で行った。聴取内容は(1)音楽を聴いていた時の気分、(2)その時の自覚した身体変化、(3)cheerのイメージが想起されたか、(4)呈示音楽の中で最も好きなものはどれかなどである。

呈示音楽には、東海大学チアリーダーがアメリカンフットボールの応援で使用した音楽のうち「Passion Art」(以下「音楽1」とする)が被験者の協議によって選ばれた。またクールダウンの音楽としてエアロビクスのインストラクターが普段使用している音楽「Without You」(以下「音楽2」とする)を選曲した。選曲された2つ音楽は被験者らがよく知っている曲であり、「音楽1」はテンポの早く、「音楽2」は遅い曲である。これらの音楽を3分以上5分以内の音楽テープに編集した。さらに「音楽1」からリズム部分のみを取り出した音楽(以下「リズム1」とする)と「音楽2」からリズム部分のみを取り出した音楽(以下「リズム2」とする)をも作成し、以上

# 音楽と自律神経の反応について

——音楽をトレーニングに活用するための一考察——

伊賀富栄 (医学部精神科)

山本賢司 (医学部精神科)

坂本奈津江 (教養学部芸術学科)

森本章 (医学部精神科)

志水哲雄 (教養学部芸術学科)

白倉克之 (国立療養所久里浜病院)

## Music and Response of Autonomic Nervous System

—— A study for using music to training of sports ——

Tomiei IGA, Kenji YAMAMOTO,  
Natsue SAKAMOTO, Akira MORIMOTO  
Tetsuo SHIMIZU and Katsuyuki SHIRAKURA

### Abstract

To search the psycho-physiological effect of music, we investigated autonomic nervous systems to record electrophysiological data from a living body, such as EEG, ECG, respiration, frontal EMG, EOG and plethysmogram(PTG). Subjects were 11 healthy cheerleaders, and we recorded those data when they were listening music. We prepared total of 4 music which were two compositions (one of 'Passion Art' (Music-1), and another was 'Without You' (Music-2)) and only rhythm parts of them. All music were used to training of them. After listening, physical and mental states of these session were written in a typical format.

As a results, dominant pattern of sympathetic nerve were seen in Music-1 session compared with others, and this pattern showed a similar inclination among subjects. Also they gave their impressions of much the same condition after listening.

We thought it was showed that this pattern was one of a conditional reflex by the music.

## I. はじめに

われわれはリラクセーションに関する研究のひとつとして、音楽が生体に及ぼす影響についてポリグラフを用いて精神生理学的な検討を行ってきた<sup>1)2)</sup>。音楽が人間の情動や身体機能に大きな影響をおよぼすことは古くより経験的に知られてお

り、音楽のこれらの効果は社会生活において種々の場面で応用されている。そのなかで音楽と動作(動き)が連動しているものは、舞踊や行進であり、スポーツ界においては、女子体操、新体操、フィギュアスケート、エアロビクスなど多くの種目があげられる。これらの音楽にあわせて動作(演技あるいは競技)するスポーツは、繰り返しの練習により、完成時には条件反射的に身体が動くよ



- 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. Sport Psychol.* 5, 25-57, 1983.
- 5) Hughes M. : Computerized notatin analysis in field games. *ERGONOMICS* 31, 11, 1585-1592, 1988.
- 6) Kohl R. M., Ellis S. D. and Roenker D. L. : Alternating actual imagery practice : preliminary theoretical consiceration. *Res. Q.* 63, 2, 163-170, 1992.
- 7) Meyer J. M. : Effect of demonstrator and observer positions upon learning a perceptual motor skill. *Dissertation Abstracts International* 30 (11-A) 4878, 1970.
- 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, 486-494, 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.* New York, Macmillan, 1968.
- 12) Sinn R. N. : Imagery rehearsal spplication to performance enhancement. *Behav. Ther.* 8, 155-159, 1985.
- 13) Twining W. E. : Mental practice and physical practice in learning a motor skill. *Res. Q.* 20, 432-435, 1949.
- 14) 内山秀一 : 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、東海大学スポーツ医科学雑誌 8、36-40、1996。
- 15) 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.
- 16) Weinberg R. S. : The relationship between mental preparation strategies and motor performance : a rewiew and critique. *Quest.* 33, 195-213, 1981.

「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

〃 三田 信孝

〃 寺尾 保

〃 中村 豊

〃 有賀 誠司

〃 恩田 哲也

**東海大学スポーツ医科学雑誌 第9号 1997**

発行日———1997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 TEL 0463-58-1211

製作———東海大学出版会

印刷———港北出版印刷株式会社

製本———株式会社石津製本所

組版・装丁——株式会社武井制作室

## あとがき

【東海大学スポーツ医科学雑誌】は今回で、第9号の刊行となりました。

研究所の建物が落成して2年が過ぎ、研究施設も充実してまいりました。また昨年4月には、新たに2名の研究所員が就任し、研究活動もますます活発化してまいりました。

おかげ様で今回は研究論文10編、スポーツエッセイ3編を掲載することができました。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9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。

1997年1月

編集委員長 古谷 嘉邦

- ・経費削減のため、図表や枚数の制限などの投稿規定の見直しを図りたい。5月29日の編集委員会にて検討予定。
  - ・本年度より、有賀所員と恩田所員を編集委員に新たに加える。
- 3) 95年度スポーツ医科学勉強会の概要と96年度スポーツセミナーについて (中村 豊所員)
- ・95年度は計5回の勉強会を実施。本年度はスポーツセミナーに名称変更し、計8回の開催を予定しており、一層の活性化を図る旨、報告がなされた。
- 4) メディカルスポーツクリニック開設時間拡充について (中村 豊所員)
- ・従来より15号館地下トレーニングセンター内で毎週火曜日と木曜日に実施されているクリニックが、5月より拡充することになり、毎週月・火・水曜日の午後4～5時に15号館5階の診察室にて実施されることになった旨、報告がなされた。
- 5) 低圧室における研究活動の経過について (寺尾 保所員)
- ・陸上長距離選手を被験者とした実験を推進中であり、効果の個人差や腰痛の発生については原因を検討中である。柔道選手や水泳選手についても被験者として実験を開始した旨、報告がなされた。
- 6) 15号館地下トレーニングセンターの活動経過について (有賀誠司所員)
- 下記の旨が報告された
- ・トレーニングセンターの本格的稼働を目指し、4月より活動を開始。
  - ・4月には、体育会クラブ指導教員を対象とした活動説明会及び検討会を実施、今後の活動について説明を行うとともに、各教員より意見を収集した。
  - ・5～6月は、トレーニングセンターの運営スタッフの研修とともに、各クラブの代表者を対象とした説明会、並びに各クラブのトレーニングリーダーの養成研修会を実施予定。
- 7) 研究活動の経過について (戸松泰介次長)
- ・現在、生体工学的な研究を推進中である旨、報告された。

## 2. その他

- ・齋藤所長より、競技選手のリハビリテーションについては、一定のレベルまでは学生が実施できるように研修の機会を設けていただきたい旨、石田暉研究員に対し要請がなされた。

以上  
(文責 有賀)

# 所報

	関する研究
本間 隆夫	栄養に関する研究
福田 宏明	腱・靭帯・関節包に関する研究
村上 恵一	リハビリテーションに関する研究
吉川 政夫	スポーツ心理学的な対策に関する研究
山下 泰裕	脂質代謝に関する研究
松前 光紀	低圧環境下におけるスポーツ選手の気圧順応性に関する研究
椎名 宮雄	運動の計測とその学習機序に関する研究
志水 哲雄	音楽療法に関する研究
二宮 洋	音楽療法に関する研究
谷口 幸一	スポーツ心理学的な対策に関する研究
田辺 晃久	心機能と心臓自立神経機能の評価に関する研究
三田 信孝	栄養補給に関する研究
新居 利広	競技力向上に関する研究
石田 暉	リハビリテーションに関する研究
八木原 晋	栄養状態と水分代謝に関する研究
内山 秀一	スポーツ心理学的な対策に関する研究
山本 賢司	スポーツ心理学的な対策に関する研究

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・有賀誠司・岩垣丞恒・岡 哲雄・本間隆夫・福田宏明・村上恵一・松前光紀・志水哲雄・二宮 洋・谷口幸一・田辺晃久・三田信孝・石田 暉・八木原 晋・内山秀一・山本賢司（21名）

欠席者（順不同・敬称略）：佐藤宣踐・恩田哲也・山本芳孝・吉川政夫・山下泰裕・椎名宮雄・新居利広

議事進行：寺尾 保

## 1. 報告事項

### 1) 現況報告（齋藤 勝所長）

下記の旨の報告がなされた。

- ・真下先生のご逝去に伴い、八木原 晋先生が後任の研究員に就任された。
- ・研究所の活動の活性化のため、準研究員を委嘱した。
- ・本年度より、有賀誠司所員と恩田哲也所員が専任所員として就任した。
- ・本年度の総予算は昨年度と同様、1,350万円となった。
- ・プロジェクト研究については、本年度も継続して進行する。
- ・外部からの施設利用依頼や指導依頼が数件きているが、当面は研究委託の扱いで可能な範囲で対応する。
- ・15号館スポーツ施設の効果的活用のための総合スポーツセンター構想に基づく、第1回の打ち合わせ会が4月23日に実施された。当研究所からは有賀所員がメンバーとなっており、8月までに原案を作成する運びとなっている。

### 2) スポーツ医科学雑誌の本年度の発行について（古谷嘉邦編集委員長）

下記の旨の報告がなされた。

- ・印刷部数については検討した結果、本年度は昨年の半分の1,000部とすることを計画中。

---

## 1996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：1996年5月23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

- 科・体育学)
2. 副所長 佐藤 宣践 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  
所助教授 (運動生理学)
  6. 所 員 中村 豊 スポーツ医科学研究  
所講師 (整形外科学)
  7. 所 員 有賀 誠司 スポーツ医科学研究  
所助手 (体育方法学)
  8. 所 員 恩田 哲也 スポーツ医科学研究  
所助手 (運動生理学)
  9. 所 員 岩垣 丞恒 体育学部教授 (社会体育  
学科・運動生理学)
  10. 所 員 岡 哲雄 医学部教授 (薬理学)
  11. 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)
  12. 所 員 本間 隆夫 工学部教授 (工業化学科)
  13. 所 員 福田 宏明 医学部教授 (整形外科学)
  14. 所 員 村上 恵一 医学部教授 (リハビリテ  
ーション学教室)
  15. 所 員 吉川 政夫 体育学部教授 (社会体育  
学科・心理学)
  16. 所 員 山下 泰裕 体育学部教授 (武道学  
科・柔道)
  17. 所 員 松前 光紀 医学部講師 (脳神経外科  
学)
  18. 研究員 椎名 宮雄 開発工学部教授 (情報通  
信工学科)
  19. 研究員 志水 哲雄 教養学部教授 (芸術学  
科・音楽学)
  20. 研究員 二宮 洋 教養学部教授 (芸術学  
科・音楽学)
  21. 研究員 谷口 幸一 健康科学部教授 (社会福祉  
学科)

22. 研究員 田辺 晃久 医学部助教授 (内科学 1)
23. 研究員 三田 信孝 体育学部助教授 (社会体  
育学科・健康学)
24. 研究員 新居 利広 体育学部助教授 (体育学  
科)
25. 研究員 石田 暉 医学部助教授 (大磯病院・  
リハビリテーション学)
26. 研究員 八木原 晋 理学部助教授 (物理学科)
27. 研究員 内山 秀一 体育学部講師 (体育学科)
28. 研究員 山本 賢司 医学部助手 (精神科学)

### 1996年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

東京箱根往復大学対抗駅伝競走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—

### 1996年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員研究テーマ

- |       |                     |
|-------|---------------------|
| 齋藤 勝  | 栄養調査とその改善に関する研究     |
| 佐藤 宣践 | 栄養摂取に関する研究          |
| 古谷 嘉邦 | バイオメカニクスに関する研究      |
| 戸松 泰介 | 膝関節傷害に関する研究         |
| 寺尾 保  | 運動生理学的能力と栄養補給に関する研究 |
| 中村 豊  | 関節傷害に関する研究          |
| 有賀 誠司 | 筋力トレーニング指導          |
| 恩田 哲也 | 栄養摂取とウエイトコントロールの指導  |
| 岩垣 丞恒 | 運動生理学的能力に関する研究      |
| 岡 哲雄  | 栄養と薬物摂取に関する研究       |
| 山本 芳孝 | スポーツ医科学の光学計測に       |

# 所報

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 三田 信孝
- 4 委員 寺尾 保
- 5 委員 中村 豊
- 6 委員 有賀 誠司
- 7 委員 恩田 哲也

## 1996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

- (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、完結したものに限る。
3. 原稿の取捨および掲載の時期は、本誌編集委員会において決定する。
4. 本誌に掲載された原稿は、原則として返却しない。
5. 原稿は400字詰横書き原稿用紙に黒インク書きにし、本文は漢字かなまじり文新仮名づかいとする。外国語、外国固有名詞、化学物質名などは原語。外来語、動植物名などはカタカナ、数詞は算用数字を使用する。単位および単位記号は国際単位系、メートル法を基準とする。項目わけは、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



### (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、そのつと学務局研究計画部を通じて理事長の承認を経なければならない。

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

## 第3章 運営

第17条 本研究所の運営は研究所員会議の議を経て行う。

第18条 研究所員会議は以下の者をもって構成する。

#### (1)研究所長

#### (2)研究所次長

#### (3)研究所専任および兼任の教授・助教授・講師

#### (4)必要に応じて他の者を出席させることができる。

第19条 研究所員会議はつぎの事項を審議する。

#### (1)事業計画に関すること。

#### (2)運営に関すること。

#### (3)予算及び決算に関すること。

## 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

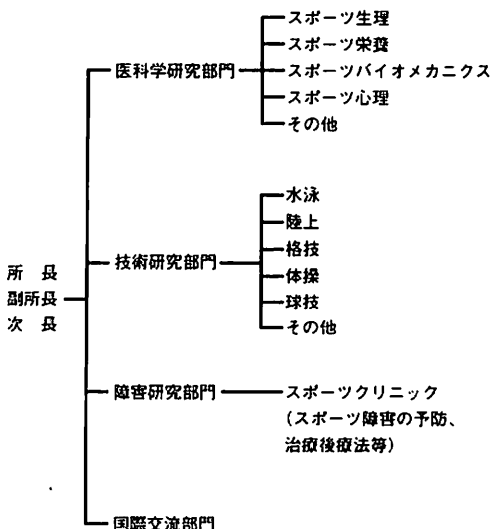
昭和62年10月1日

### 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

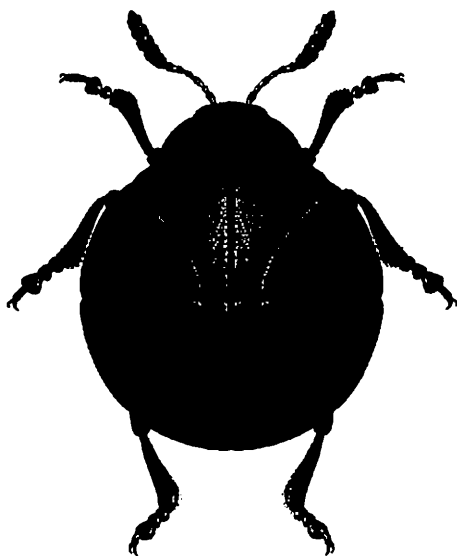
第4条 本研究所における調査研究の分野をつぎの通りに定める。

- (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

ヨン性を持ったユニセックスな機能美と審美性が求められるといえよう。

このようにしてみるとスポーツウェアのデザイン開発は、単に競技のためのウェアとして機能させるためだけでなく、視覚的効果を生かし、スポーツする人のさまざまな姿を「目で楽しめる」ような戦略に向かって進んでいるのではなかろうか。

氏のCG作品“MAGIC”より合成昆虫シリーズの中から「テントリムシ」



*Essay*

ところが最近風変わりな犯罪が若者達の間で頻繁に起きている。ナイキのスニーカー欲しさのために友達を脅かしたり、他人のロッカーをコジ開けて盗んだりするなど私たちがメディアから得る情報はまさに歪んだ現代日本を象徴しているかのようだ。

このような現象は、TVCFにカールルイスやマイケルジョーダンといった知名度の高いキャラクターを採用することによって、自社ブランドを浸透させそのネームバリューで商品価値を上げたり、ナイキからマーケットに出荷する数や生産量を少量にすることによって、いわばナイキの販売促進に若者のニーズが比例した結果、このような現象が生じていると考えられる。

それは今やプレミアが付くデザインであるほど若者のファッションのキーになってくるのだ。

ナイキは世界のスニーカー業界の中でもリーボックと並んでトップを走る企業に成長している。この両者はデザインとマーケティングでは熾烈な販売競争を展開している。

前回のバルセロナ五輪や今年（1996年）開催されたアトランタ五輪のユニホームも例外ではない。世界各国から代表する選手が技を競い合うスポーツの祭典である。4年に一度であれ毎回毎回選手団が着るユニホームからは、それぞれのお国柄を窺うことができる。その背景にはその国の伝統的な文化や社会状況などをふまえたその国らしさを垣間みることができよう。

“日の丸”を意識した日本の公式ユニホームは赤と白を基本色に構成したオーソドックスなデザインであった。例えば見事入賞を果たした女子ソフトボールチームは、ホーム用が白でビジター用が赤を基調色にした「鶴と炎」を、また28年ぶりに出場を果たし強豪ブラジルを敗ったサッカーチームは、日本の国土を象徴した「海と空」をベースカラーに、勝利に対する強い情熱と執念を表現した「炎」をユニホームの脚部と腕部に施したデザインを採用した。

今や日本中が熱狂するサッカー、バスケット、バレー、野球、陸上等のユニホームもチームの識別だけではなく、次世代のスポーツ人口の獲得とデザインやマーケティングを展開してきた。

これらの企業は、ただスポーツウェアを開発するだけでなくプラスアルファを求め感動的パフォーマンスまでも消費者側はポスターやTVCFに視ることができ、プレーする側と観戦する側が一体となり必然的に人気が高まっていく。それゆえ消費者のスポーツウェアにみる好感度の強い条件は、統一性、独自性、パフォーマンス性が高いことがそれぞれ共通している。

一方で競技性がそれほど重視されないカジュアルテストにまとめられたスポーツウェアは、ただスポーツするための目的だけでなく、そこにファッ

*Essay*

# スポーツウェアにみる デザイン戦略

東海大学藝術研究所

渡邊雅人

スポーツウェアの世界にデザインが導入されたのは今では極く当たり前のことである。それが記録への挑戦であったり、体躯美を求めたり、その目的は何よりも明確に追求されてきた。今日ではハイテクを駆使して人間工学の領域までに範囲を広げて、各スポーツメーカーがデザイン戦略を展開している。

今日、プロやアマチュアの世界を問わずスポーツがショーアップされ、スポンサーの協賛や後援でスポーツの大会が開催されることが多くなった。そのエキサイティングなプレーや世界新記録達成シーンに観衆は魅了され酔いしれる。

ところで、ここ数10年で大成長した企業がある。ナイキにとってデザインとは商品にかかわる具体的なデザインワークとともに、企業理念や商品コンセプトをスタッフに徹底させる総合的の訓育も意味しているようだ。

デザイン開発に携わるスタッフはニューヨーク・パリ・東京等の美術館や劇場でトレンドを考察し、最新のライフスタイル・アート・イベントを吸収しブレンドする。ナイキのデザインポリシーは「もっと速く走りたい」、「もっと高く飛びたい」、さらには「もっと華麗にみせたい」といったスポーツで求められる要求をカタチにすることを常に追求してきている。

そしてさらに「人々の創造力を具現化させるアート」としてコミュニケーション機能も盛り込むことを狙っているようだ。

Essay

ある。以来、運動の健康に対する効果に関するおびただしい数の研究が報告されてきたが、これらの疫学的調査はおしなべて、運動は全死因による死亡率を低下させると述べている。ただし、どの程度運動をすれば利益が得られるかについては未だに意見の一致が得られていない。たとえば、Leeら（1995）はハーバード大学卒業生の前向きコホート研究で、身体活動量と年齢補正死亡率との間に逆相関関係が認められる、すなわち運動が激しいほど効果が大きいと報告した。一方、Sherman（1994）らは高齢者を用いたコホート研究で、軽度ないしは中等度の運動で十分に死亡率を低下させることができ、激しい運動ではその効果がやや劣ると報告している。

このような死亡率の低下は主として動脈硬化性心疾患の予防効果によってもたらされる。スポーツは虚血性心疾患を予防し、心臓突然死を減少させる。また心疾患患者の運動耐容能を向上させ、再発を予防し、余後を改善する。これらの効果の多くは肥満、高脂血症、高血圧、糖尿病などの動脈硬化性心疾患の危険因子を軽減することによるが、これらの要素の影響を差し引いてもスポーツは心疾患の発生を減少させる独立した因子であると考えられている。

また、スポーツは全悪性腫瘍、大腸癌、乳癌、膵臓癌などによる罹患率、死亡率を低下させること、慢性閉塞性呼吸器疾患患者の運動耐容能を改善することなどが知られている。

このように、スポーツは健康に好ましい影響を及ぼすという疫学調査は膨大な数にのぼる。一方、スポーツは性、年齢、運動強度、回数などによっては効果がない、または少ないとする報告はあるが、逆にスポーツは健康に好ましくない影響を及ぼすという疫学調査は筆者の知る限りない。したがって冒頭に述べた、スポーツは身体にとって害である、という主張は少なくとも疫学的には何の根拠もなく、単に空想あるいは屁理屈の産物であるといつてよいだろう。

現代文明はますますわれわれから身体活動の機会を奪おうとしている。全学童・生徒中に肥満児の占める割合はうなぎ登りに増加中であり、日本のこどものコレステロール値はアメリカのこどものそれよりも高くなっている。このこども達が中年にさしかかったとき、どのような事態が待ち受けているかを想像することは容易であろう。いや、現に私が医者になりたてのころには殆どみることのなかった30才代、40才代の心筋梗塞が最近激増しているのを実感している。食生活の健全化とともに、スポーツの重要性をあらためてここで強調したい。

# スポーツは本当に健康にとって 良いことか？

体育学部社会体育学科

馬場礼三

最近、スポーツは身体にとって害である、という趣旨の本が出版されて話題になった。運動すれば過酸化物質が多く生じて老化やさまざまな病気の発生を促進する、というのが著者の言い分であったようである。また、運動中に生じた痛ましい急死の報道もあとを断たない。先日もビルの階段を登るというイベント中に生じた急性心臓死のニュースがあったばかりである。これらの情報は、運動は身体にとって善であるという一般的な概念に対する疑問を、一部の人々に惹起したように思われる。

今世紀前半頃までは激しい運動は危険な行為であると考えられていた。人見絹枝選手が銀メダルを獲得したベルリンオリンピックの女子800m競争の後の措置は、その考えの一端を示すものである。ほとんどの選手がこのレースの後に倒れ込んでしまった結果、女子選手にとって中・長距離走は危険なものであると考えられ、以後ずいぶん長くこれらの種目はオリンピックから抹消されてしまったのである。

スポーツは本当に健康にとって良いことなのだろうか？ この命題に対する最も直接的な答えは、スポーツが全死因による死亡率に影響するかどうかを調べることによって得られる。この問題に関する研究報告は1953年のMorrisらによるものが最初である。彼らは、ロンドンの二階建てバスの車掌（車内を一日中歩き回っている）の死亡率が運転手のそれよりも低いことを証明したので

Essay

がら花を摘んでみたり、ちょっと走ってみたり。思えば幼児がはしゃぎ回るのも、人間には生来体を動かす喜びが与えられているからだろう。ノルウェー人は散歩をしながら家族の団欒まで楽しんでいるようだ。時々コースを変えながら散歩をしていたが、ある時近くの山の中を歩いてみた。登山などとはとても呼べないが、それでも普通の散歩よりはかなりきつい。しっとりと濡れつもった枯葉を踏みしめながら一步一步山道を歩き、時にはふと立ち止まり樹木の香りを胸いっぱい吸い込んでみる。静かに流れる時間の中で遠い故国を思ってみたりもした。私が住んでいた学生寮の近くには比較的大きな湖があり、山歩きのふり出しは大抵この湖であった。この湖の回りをそぞろ歩きで一周すると約2時間程かかる。散歩、山歩きに続いて挑戦してみたのが、この湖の回りをジョギングすることであった。若い人達はもちろんのこと、おじいさんやおばあさんもやっていたことなので、何とはなしに始めてみたのだが、一周走り通すこともなかなかままならず、面目無いことに長続きはしなかった。そんな訳でジョギングは諦め散歩に回帰することとなった。日も暮れ果て、人影もまばらになった町を歩き回っていた私は何げなく空を見上げたが、その時の空の色に思わず立ちすくんでしまった。雲一つなく澄み渡った夜空は限り無く黒に近い紺碧でありながら、同時に吸い込まれそうな程強い透明感を宿していた。黒い影となった町並の上には白夜の予感を抱かせる空が広がっていたのである。散歩をすることによって新鮮な驚きを体験することができ、それが心に快適な刺激を与えてくれるということを教えてくれたノルウェーでの日々であった。この体験は今では形を変え、愛機のロシア製中古カメラを携えて町内をふらつき回る「へんなおじいさん」として結実している。

Essay



# 透明な風景の記憶

文学部北欧文学科

森 信嘉

オスロの目抜き通りにある大きな建物の上に、町のどこからでも見える大きな気温表示板があった。そこに示される気温が不思議な動きを見せ始めていた。「-0℃」と「+0℃」を交互に表示していたのである。オスロの夜は赤・青・白のネオンに色彩られる。これはノルウェーの国旗の色でもあるが、この質素なイルミネーションの間に見えた気温表示に、私はひそかに春の訪れを期待した。その数日後、春はあまりにも突然にやって来た。雪解け水が滝と化し、一気に山野をくだり町の歩道を濡らす。河川は水嵩を増し、いたる所に水の流れが見られ、あらゆる物が潤いをもち表面に光を湛えている。しかつめ顔で長く暗い冬を堪えぬいてきた人々の表情も和らぎ、やっと笑みが戻る。ノルウェーの木の芽は一日に2~3cmも伸びるのかと思われる程ぐいぐいと芽を伸ばし、またたく間に新緑に萌える。森の中も、高原も、町中の道ばたも青や白や黄色の小さな花におおわれる。そしていつしかライラックの香りが空中に満ち始める。そんな中、それまで運動とはまったく縁の無かった私も、初めて体を動かす喜びに目覚めることになった。運動の専門家は一笑に付すだろうが、私の運動体験は散歩をすることから始まったのである。とにかく部屋に閉じこもっていないで屋外に出る、そして歩き始める。初めて体験する北欧の春を満喫しながらただひたすら歩き回った。雪に閉ざされていた風景から雪が消えると、色々なものが姿を現す。散歩にはそれを発見する楽しさもある。しかしそれを目的としてはいけない。何かを目的とした散歩はもはや散歩ではない。ノルウェーの人たちは朝食後や夕食前に家族揃って散歩に出かける。道す

Essay

*Sports*

*Essay*

スポーツエッセイ

森 信嘉  
馬場礼三  
渡邊雅人



イラスト 東 恵子

- 284-294, 1984.
- 6) 川畑愛義ほか：日本女性の身体柔軟性に関する研究第1報、体育学研究、第2巻、第1号、31-35、1956.
  - 7) 木村静雄ほか：各種スポーツの身体形成に及ぼす作用第2報、体育学研究、第2巻、第6号、253-257、1957.
  - 8) 中嶋寛之ほか：スポーツ外傷と障害、文光堂、東京、1983.
  - 9) Savelberg H. H. et al. : An indirect method to assess wrist ligament forces with particular regard to the effect of preconditioning, J. Biomechanics, 26, 1347-1351, 1993.
  - 10) Schernberg F. : Roentgenographic examination of the wrist. ; A systematic study of the normal , lax and injured wrist, J. Hand Surg, 15B , 210-219 , 1990.
  - 11) 寺山和雄ほか：標準整形外科学第3版、医学書院、東京、1986.
  - 12) 遠山晴一ほか：前距腓靭帯損傷に対する前方引き出し試験時の足関節の動作解析、日本臨床バイオメカニクス学会誌、17、445-449、1996.
  - 13) 和才嘉昭ほか：リハビリテーション医学全書 5 一測定と評価一、医歯薬出版株式会社、東京、1975.

表3 剛性パラメータ $\alpha$ および $\beta$   
Table 3 Stiffness parameter  $\alpha$  and  $\beta$

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
$\alpha$	右	0.0681 ± 0.0382 (n=14)	0.0857 ± 0.0461 (n=10)	0.0933 ± 0.0337 (n=15)	0.0684 ± 0.0341 (n=16)	0.0448 ± 0.0271 (n=19)
	左	0.0556 ± 0.0327 (n=15)	0.0868 ± 0.0395 (n=12)	0.0611 ± 0.0364 (n=13)	0.0568 ± 0.0201 (n=15)	0.0358 ± 0.0209 (n=13)
$\beta$	右	0.0597 ± 0.0215 (n=14)	0.0584 ± 0.0128 (n=10)	0.0559 ± 0.0081 (n=15)	0.0647 ± 0.0131 (n=18)	0.0666 ± 0.0108 (n=19)
	左	0.0600 ± 0.0161 (n=15)	0.0619 ± 0.0120 (n=12)	0.0715 ± 0.0148 (n=13)	0.0676 ± 0.0124 (n=15)	0.0721 ± 0.0148 (n=13)

$\alpha$ : (N/deg.),  $\beta$ : (1/deg.)

イントとされた Case 5 は、他の被験者に比べ、 $\alpha$  が最小値を示し、手関節機構の弛緩性の増大がうかがわれた。また、舟状骨骨折歴のある Case 3 では、剛性値の左右差の程度が大きかった。

スポーツ歴との関係は、特に得られなかった。これは、現在では被験者が競技から数年離れたことで、現役時代に培われた筋力や靭帯等の剛性が変化してしまったことによるものと考えられる。しかし、スポーツによって外傷の発生部位やその機序、よく使用する筋などが異なるため、その柔軟性も様々であることが報告<sup>6,7)</sup>されており、本測定法から十分にその相違が確認されると期待している。

今回は、被験者数が5人でデータ数が少ないことから詳細な検討は行えず、結果の解釈は推測にとどまった。しかし、今後多数のデータを収集することで、標準値の設定が可能となれば、これらのパラメータを従来の評価法に加えることで定量的評価を行うことができると考えられる。

従来の関節運動の測定装置は、設置型で装置自体も大きく、装置を熟知した操作者が決められた数多くのプロトコルを実行しなくては、有効なデータを得ることは困難であった。これに対して本装置は小さく、操作が容易である。また、測定結果をすぐに汎用のパソコンにディスプレイ表示し、パラメータを算出することができる。

今後は、パラメータの算出方法などの統計的な評価、徒手の測定法による結果との対応について検討し、装置の信頼性を高めつつ、小型化への改良を重ねていく必要がある。さらに、本装置の活動性を活かし、体育館やグラウンド、フィットネ

センタなどのスポーツ施設で多くのデータ収集を行う予定である。

## まとめ

手関節 joint laxity 測定装置を試作し、5人の被験者について測定を行った。その結果、本試作装置による測定の再現性が確認され、被験者間での評価パラメータの比較がある程度可能であることが示唆された。

本実験は、東海大学スポーツ医科学研究所臨床医学研究室および同整形外科研究室の設備を用いて行われ、研究の一部は、'96 SAS Intelligent Symposium にて報告したことを付記する。

### 参考文献

- 1) Antoni B. et al. : Clinical assessment of hypermobility of joints assembling criteria, J. Rheumatol, 19, 115-122, 1992.
- 2) Cendric C. et al. : Persistent joint laxity and congenital dislocation of the hip, J. Bone Joint Surg, 46B, 40-45, 1964.
- 3) Garcia-Elias M. et al. : Influence of joint laxity on scaphoid kinematics, J. Hand Surg, 20B, 379-382, 1995.
- 4) Hayashi K. et al. : Stiffness and elastic behavior of human intracranial and extracranial arteries, J. Biomechanics, 13, 175-184, 1980.
- 5) Jeremy C. T. F. et al. : Quantitative measurements of joint mobility in adolescents, Ann. Rheum. Dis, 43,

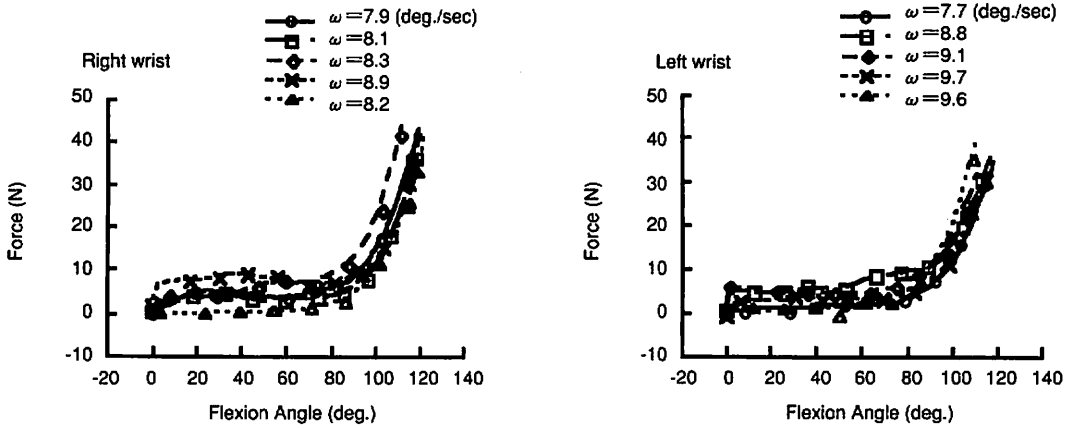


図3 各測定の日毎の負荷荷重-屈曲角度曲線の再現性 (被験者 2, 相関係数  $r=0.96$ )  
 Fig.3 The comparison of relations of force-flexion angle on each days. (Case 2,  $r=0.96$ )

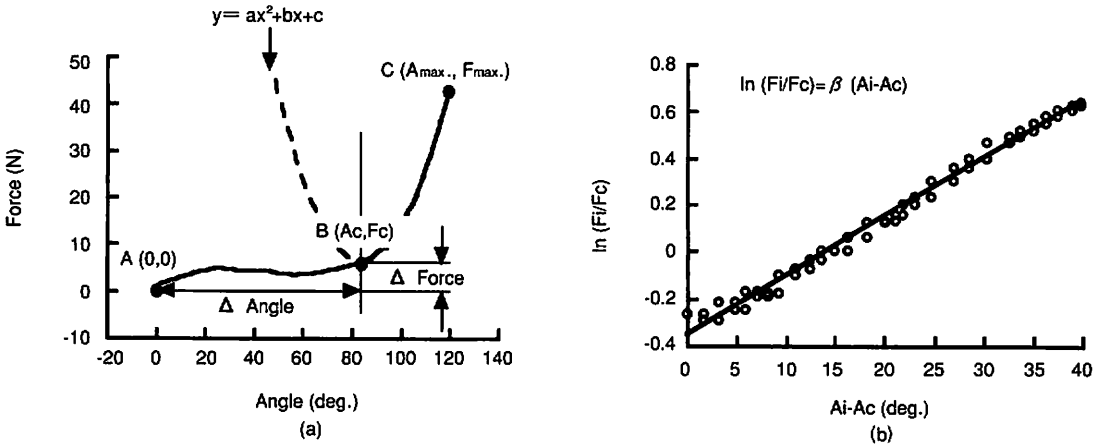


図4 パラメータ $\alpha$ および $\beta$ の算出方法  
 Fig.4 Calculation for the stiffness parameter  $\alpha$  and  $\beta$ .

るんだ状態であれば、屈曲角度の増加と共に軟部組織が緊張し始めると負荷荷重が加わり始める。このAB領域では、小さな負荷で大きく屈曲する。ここでは、対象手関節に対して能動的な力が入りやすいため、負荷荷重値に上下変動が見られるが、全く力を入れない場合、その変化はほぼ直線的になる<sup>9)</sup>ため、この部分の傾きを剛性パラメータ $\alpha$ とした。ただし、B点の座標は、BC領域を二次曲線として近似した場合の頂点の座標 $(A_c, F_c)$ とした。 $\alpha$ は、(1)式で表わされる。

$$\alpha = \Delta \text{Force} / \Delta \text{Angle} \quad \dots \quad (1)$$

次に、BC領域について検討する。この範囲の

負荷荷重-屈曲角度曲線は、非線形であるため、生体工学の分野で一般に用いられている剛性パラメータ $\beta$ を(2)式<sup>4,12)</sup>より求めた。図4(b)に示すように $\beta$ は、変位量を独立変数と荷重の対数値として表わされた直線勾配である。

$$\ln(F_i / F_c) = \beta (A_i - A_c) \quad \dots \quad (2)$$

ここで、 $F_i$ は任意の屈曲角度 $A_i$ での負荷荷重であり、 $F_c$ および $A_c$ は先に算出したB点の座標値を採用した。各被験者の $\alpha$ および $\beta$ の平均値を表3に示す。 $\alpha$ および $\beta$ における左右の大小関係は、 $\alpha$ で右手が、 $\beta$ で左手が大きな値を示す傾向が見られた。ここで、general joint laxity 陽性が

表2 徒手測定法による手関節の屈曲角度

Table 2 The flexion angle of the wrist joint using standard goniometry

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
自重 屈曲角度	右	75°	70°	45°	70°	75°
	左	65°	70°	45°	65°	65°
自動的 屈曲角度	右	80°	80°	60°	75°	80°
	左	75°	80°	65°	70°	70°
他動的 屈曲角度	右	85°	85°	75°	85°	95°
	左	90°	85°	75°	80°	90°
TPFD*	右	4.0cm	7.7cm	6.2cm	5.4cm	0.0cm
	左	4.3cm	7.0cm	7.2cm	6.2cm	0.0cm

\*Thumb Passive Flexion Distance.

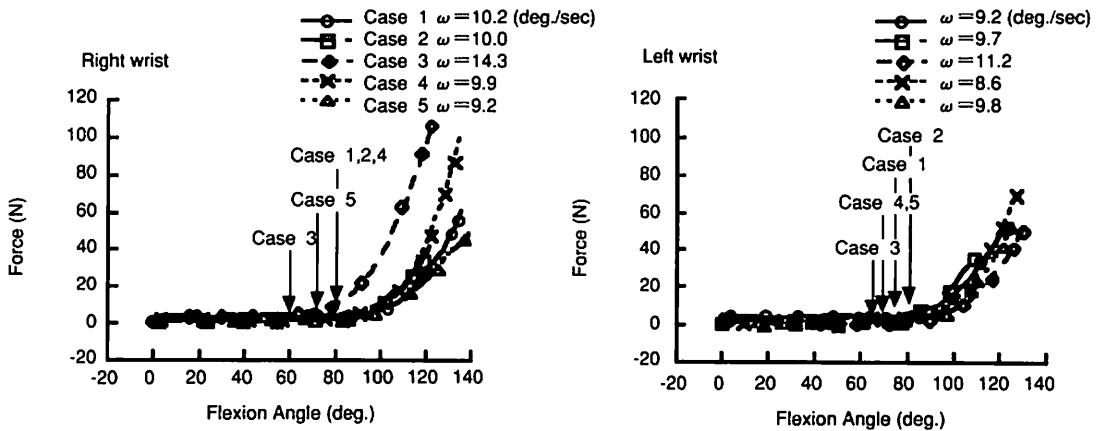


図2 各被験者の負荷荷重と屈曲角度の関係  
Fig. 2 Relations of force-flexion angle of 5 volunteers.

いる。この急激な変化は、手関節のもつ筋・靭帯の許容能力以上の荷重がかかることで、これらの剛性の増加および関節形状による制限によって起こるものと考えられる。限界屈曲角度および限界荷重は、どの被験者も利き手の方が、大きな値を示しており、利き手の許容能力が高いと言える。

図3は、インターバルを入れた際の一例として、Case 2の負荷荷重-屈曲角度曲線を重ねたものである。記録曲線に上下左右のシフトが多少見られるが、曲線の変化自体は、同様な傾向（相関係数:  $r=0.96$ ）を示し、これは他の被験者でも同様であった。このような曲線のシフトは、圧力パッドの固定位置のずれ、対象手関節で起こる能動的な力の作用、ハンドル巻き上げ時に生ずる初期の加速度によるものである。そのためさらなる測定プロトコルの検討が必要である。なお、屈曲角度

$\omega$  (5~20 deg./sec) の変動でも、曲線の傾向にはほとんど影響しないことを確認している。

図2および図3で得られた結果をさらに詳しく検討するために、特に関節の弛緩性増大の原因について次の2つのように状態を分類した<sup>11)</sup>。まず、習慣性脱臼や動揺関節のように軟部組織機構や関節機構の各構成部の幾何学的変化によるもの、つまり最初の脱臼で靭帯機構の弛緩性が増大したり、生まれつき関節骨間が大きい場合である。もう一つは、先に述べたように筋・靭帯などの制限による場合である。つまり、Marfan 症候群などのように筋・腱、靭帯等の軟部組織の変性などによる場合である。

図4(a)は、負荷荷重-屈曲角度曲線の典型例であり、状態分けした前者を AB 領域、後者を BC 領域として検討した。初期位置で、軟部組織がゆ

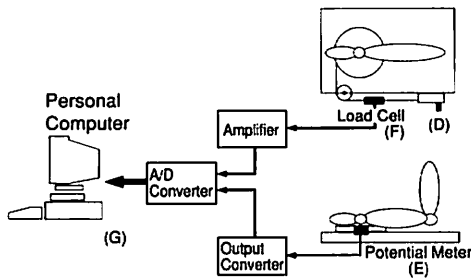
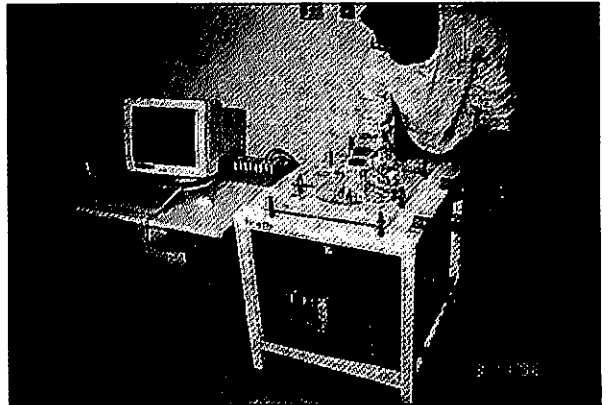


図 1 (b) 測定系の模式図  
Fig. 1 (b) The block diagram of the measurement system.



(CPP-45B, 緑測器製) を、負荷荷重検出には、巻き取りワイヤー間に取り付けられたロードセル (LU-50KSB34D, 共和電業製) を用いた。各測定機器からの出力電圧は、記録部のポテンショメータ出力変換器 (RV-505-G, 緑測器製) と動ひずみアンプ (DPM-611B, 共和電業製) で出力変換および増幅され、パーソナルコンピュータ (PC-9801RA, NEC 製) の A/D 変換ボード (ADJ-98, カノープス製) および RAM を介し、デジタル記録した。

測定プロトコルは、まず被験者の前腕橈側を上向きに前腕部を装置台本体上に置き、手関節の運動中心を円盤の中心にあわせ、第一指を上向きに手部を円盤に固定させた。このとき手関節の運動の中心は被験者のレントゲン写真から橈骨茎状突起端付近にあることを確認している。また、手関節に負荷荷重がかかった場合、前腕部、肘部が移動し、中心がずれないようにパッド等で確実に固定した。次に、第三中手骨長軸と橈骨長軸が直線で結ばれるような位置 (解剖学的肢位) をとらせ、これを手関節屈曲運動の初期位置 (屈曲角度 0 度) とした。

実験は、パーソナルコンピュータからの合図で開始する。被験者は、メトロノームのリズムに合わせて対象手関節反対側の手で、ワイヤー巻き取り部のハンドルを回し、円盤を一定速度で回転させる。こうすることで手関節に負荷荷重を加えることができ、測定は痛みが限界 (以下、限界

屈曲角度および限界荷重) に達するまで行わせた。測定前には、被験者に対して屈曲角速度  $\omega$  を一定に保つこと、できるだけ一杯まで手関節を屈曲させること、対象手関節に力を入れないことなどの注意事項を予め指示し、ハンドルの巻き取り操作を数回練習させ、測定に臨ませた。また、測定の再現性を検討するために、数分から数日間のインターバルを設け、測定を繰り返した。

## 結果および考察

測定した自重、自動的、他動的屈曲角度および TPDF を表 2 にまとめた。各値は、利き手の方が高値を示すか、左右同様な値を示した被験者が多い。他動的屈曲角度の標準値は 90 度<sup>8, 10)</sup> で、Case 1, 5 はその最大値もしくは、それ以上を示しており、手関節が他の被験者に比べて若干柔らかい。さらに TPDF の値による general joint laxity の判定<sup>1, 2, 3, 5)</sup> では、Case 5 が陽性であった。

図 2 は、各被験者毎の手関節の負荷荷重と屈曲角度の関係を示したものである。図中の屈曲角速度  $\omega$  は、測定後、屈曲角度時系列データから線形最小二乗法にて直線近似した傾きより求めた。曲線の傾向は、表 2 で示す徒手測定結果の自動的屈曲角度付近までほとんど手関節に大きな荷重が加わることがないが、図中の矢印で示した自動的屈曲角度付近を境に急激に曲線の傾きが増大して

## 実験方法および対象

### (1) 対象

対象は、成人男性5名（平均年齢22.4歳、22～23歳）の手関節とした。被験者に対して、手関節の病歴、利き手およびスポーツ歴について質問し、その結果を表1にまとめた。

また、本装置の測定結果との比較を行うため、両手関節屈曲の可動域を、従来整形外科やリハビリテーション科で利用されている正円形角度計による方法<sup>8, 11, 13)</sup>を用いて測定した。測定項目は、手の重みの影響による最大屈曲角度（以下、自重屈曲角度）、手関節を能動的に屈曲させた際の最大屈曲角度（以下、自動的屈曲角度）、対象手関節を反対側の手で受動的に屈曲させた際の最大屈

曲角度（以下、他動的屈曲角度）である。また補足的に、general joint laxity 評価法<sup>1, 2, 3, 5)</sup>の一つである第一指最大屈曲時の第一指先端と前腕腹部間との垂直距離（以下、Thumb Passive Flexion Distance: TPF<sub>D</sub>）を測定した。

### (2) 実験装置および測定方法

ここでは、joint laxity の定量的評価の試みの第一歩として、手関節を屈曲させたときの負荷荷重と屈曲角度の関係を求める。本研究で試作した実験装置を図1 (a)、(b)に示す。装置は、(A) 測定台本体、(B) 円盤・荷重負荷プレート部、(C) 前腕部・肘部固定部、(D) 巻き取り部、(E) 屈曲角度測定部、(F) 荷重測定部および (G) 記録部で構成される。

屈曲角度の測定には、円盤・荷重負荷プレート部の中心下にはめ込まれたポテンショメータ

表1 各被験者のアンケート結果

Table 1 The information of 5 volunteers.

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
性別		男	男	男	男	男
年齢		22歳	22歳	23歳	23歳	22歳
利き手		右	右	右	右	右
手関節の病歴	右	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
	左	異常なし	異常なし	舟状骨骨折	異常なし	異常なし
スポーツ歴		・なし	・陸上競技 (トラック) 13～18歳	・剣道 10～18歳	・水泳 7～15歳 ・アーチェリー 19～20歳	・水泳 11～13歳

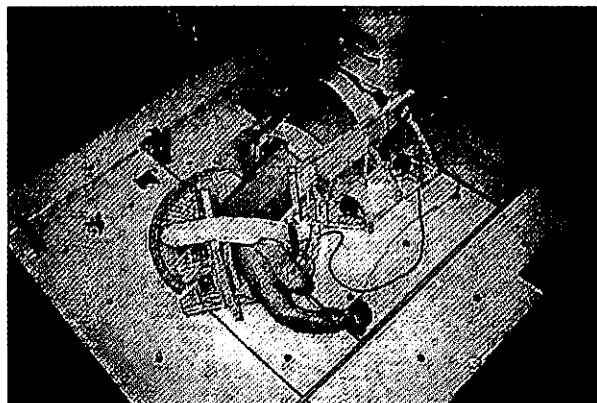
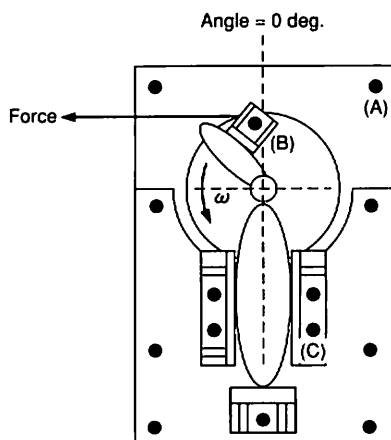


図1 (a) 手関節の関節弛緩性測定装置外観図

Fig. 1 (a) The configuration of the joint laxity measurement of wrist.