

東海大学

第14号 **スポーツ医科学雑誌** 2002

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



イラスト 東 恵子

人は何処より来り何処に行かんとするか  
それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた  
しかし揺籃より墓場まで

それは生ける人々にとつてまきれもなき生の現実である  
この現実の上には花が且つ衰しむ  
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ  
生命の現実を人生を肯定しよう  
不屈の精神と逞しき体軀をつくらう  
精神と肉體との調和に生命を開拓しよう

人々よ  
かくして希望と勝利の人生の街道を裏進しよう  
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限りなく人の力に越ゆるを

人々よ  
見よこの偉大なる造物主の力を  
見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ  
見よこの偉大なる造物主の力を  
見よこの偉大なる造物主の力を

わが子用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きれもなき生の現実である  
この現実の上には人々は喜び且つ哀しむ  
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ  
生命の現実を人生を肯定しよう  
不屈の精神と逞しき体軀をつくらう  
精神と肉體との調和に生命を開拓しよう

人々よ  
かくして希望と勝利の人生の街道を裏進しよう  
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限りなく人の力に越ゆるを

人々よ  
見よこの偉大なる造物主の力を  
見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ  
見よこの偉大なる造物主の力を  
見よこの偉大なる造物主の力を

わが子用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

スポーツ医科学研究所及びスポーツ教育センターの活動概要

齋藤 勝 7

---

【研究論文】

INCLUSIVE PHYSICAL ACTIVITIES IN AUSTRIA

Maria DINOLD 9

肥満者に対する低圧環境下の歩行運動が運動終了後のエネルギー消費量に及ぼす影響

寺尾 保・桑平一郎・恩田哲也・有賀誠司・中村 豊・  
サンドゥー・アダルシュ・宮川千秋・山並義孝・齋藤 勝 16

柔道選手におけるダンベルを用いたクイックリフト・エクササイズについて

有賀誠司・寺尾 保・恩田哲也・中村 豊・山下泰裕・中西英敏・生方 謙 23

スポーツ選手の難治性疲労骨折に対する低出力超音波パルスの治療効果

中村 豊・有賀誠司・恩田哲也・寺尾 保・齋藤 勝 34

女子柔道選手における大学柔道部入部後の身体的変化の特性について

—レギュラー選手と非レギュラー選手を比較して—

恩田哲也・有賀誠司・中村 豊・寺尾 保・宮崎誠司・白瀬英春・中西英敏 41

保存による皮質骨の破壊じん性的変化に関する一考察

菊川久夫・持田讓治 48

運動選手を対象としたリアルタイム生体遠隔測定装置の改良

大塚義明・小林崇幸・寺尾 保・サンドゥー・アダルシュ 53

---

---

大学柔道選手の膝関節傷害の11年間の推移について

宮崎誠司・中村 豊・佐藤宣践・白瀬英春・  
山下泰裕・中西英敏・恩田哲也・有賀誠司 58

レーシングドライバーに必要な心理的競技能力の特徴

—日本のトップレーシングドライバーに対する面接調査に基づく分析—

佐藤公俊・吉川政夫 63

---

スポーツ医科学研究所所報

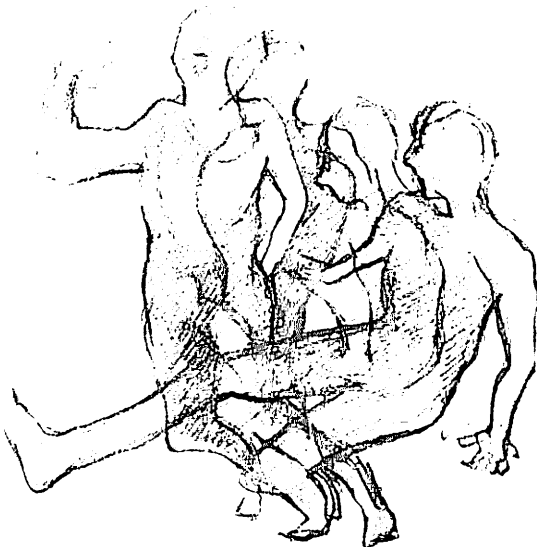
71

---

編集後記

77

---



表紙(画) 東 恵子

# スポーツ医科学研究所及びスポーツ教育センターの活動概要

スポーツ医科学研究所所長

齋藤 勝

1988年4月、東海大学スポーツ医科学研究所は、総合大学としての学際的な視点から実践と科学を融合させ、スポーツにおける心身の効果的な育成と競技力の向上を目指すと共に、非競技者やハンディを負った人々、更には疾病治療や予防による運動効果等、幅広い分野に研究の光を当てていくことが肝要であるとして、その研究成果を広く社会に還元し、人類の福祉と繁栄に貢献することを目的とした研究所として設置された。

だが、開設された当初、施設や設備が不十分であった事にも原因はあったが、理想と現実にはかなりの開きがあって、研究所員による個別の研究は推進されていったが、満足のいくような活動には進展していかなかった。

しかし、1993年10月の15号館の完成以後、それまでの研究所員や関係各位の地道な努力が実ってきた。特にここ数年の飛躍は著しいものと自負している。国内における他大学や他の機関に先駆け、スポーツサポートシステムに重点を置き、1999年に設置した、スポーツ教育センターとの活動協力の中で、トレーニング部門、科学的サポート部門、メディカル部門、メンタル部門、栄養サポート部門等、総合的な立場から各競技団体や選手強化の支援体制を整えながら活動を展開しているところである。短期間ではありますが、既に、その結果は現役の学生アスリートを始めとして、プロの競技選手や国際オリンピック、国際パラリンピックのメダリスト等、多くの競技者達によって、明確に実証され始めている。

また、それらの活動と関連させた指導者の育成に関しても、スポーツ医科学研究所や体育学部の教職員等の特別講義や実践指導のもとに、サポートスタッフとして、学外からは国公立・私立大学・専門学校等を卒業した人、学内では現役の学生と各運動クラブのトレーニングリーダー（学生）等、将来トレーナーやトレーニングコーチを目指す人達の養成指導を行っているが、これも軌道に乗ってきている。

スポーツ医科学研究所では、更に、電子計算センターに協力指導を依頼して、各運動クラブ選手に関するデータ管理及びその運用のシステム化を図るため、ソフト開発とデータバンクを2002年度の完成を目指して作業を進めているところである。

一方のスポーツ教育センターは設置4年目を迎えるが、業務の概要は前記のスポーツ医科学研究所との連携による活動を含め、運動クラブ支援、学内サービス、社会交流・生涯教育、スポーツコンサルティング、広報の五つの柱により構成されていて、運動クラブに関わる対応、施設の整備と充実、スポーツ用具の管理と貸出、学内スポーツ活動の企画立案と計画実行、学生・教職員の健康と体力づくり、一般・地域の交流事業、スポーツ公開講座、資格取得講座、各スポーツ教室、国際交流促進、スポーツカウンセリング、スポーツ情報収集等で、正に両者の活動は車の車輪のような展開でバランスを取りながら推し進められている。これに学園の一貫教育によるスポーツ行事やスポーツ振興に関する活動にも携わっているため、その活動の領域は極めて広範囲である。

現在、実現に向けて検討しているところであるが、これらの多くの実践的な

場を体育学部の指導実習等の授業にも組み入れ、実技指導法もさることながら、事業の企画・実行や管理・運営等の業務に関する体験学習として有効に活用されて行き、ここでの経験が、生涯教育やスポーツ活動等、これからの体育・スポーツの新しい分野に役立つ人材の育成に繋がるように是非したいと考えている。

海大学  
スポーツサポートシステム

**トレーニング**  
部門  
トレーニングプログラム  
作成・指導

**メディカル**  
部門  
スポーツ傷害の治療  
リハビリテーション

**科学的サポート**  
部門  
科学的測定とトレーニング  
へのフィードバック

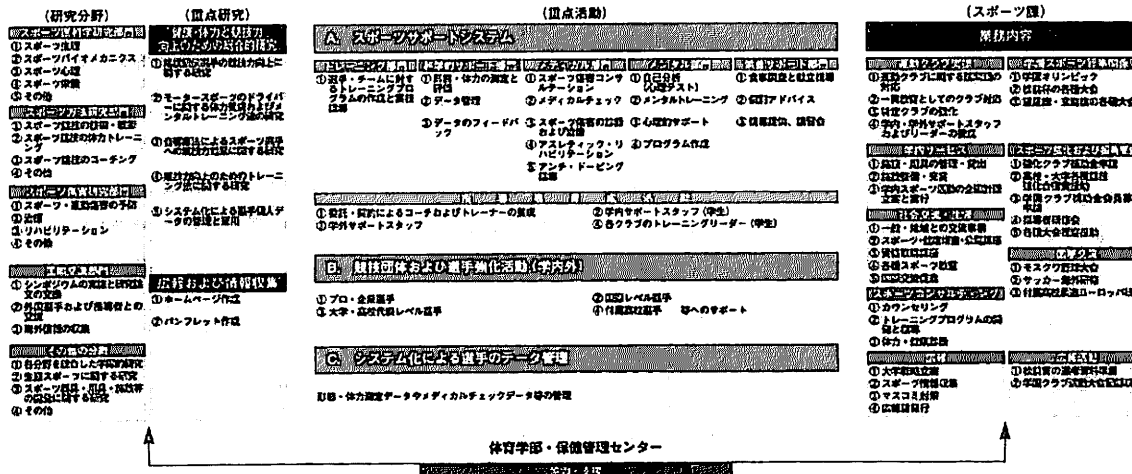
チーム  
選手

**栄養サポート**  
部門  
食生活アドバイザー  
献立指導

**メンタルサポート**  
部門  
メンタルトレーニング  
心理的サポート

スポーツ医科学研究所

スポーツ教育センター 運営委員会



# INCLUSIVE PHYSICAL ACTIVITIES IN AUSTRIA

Maria DINOLD

(Institute of Sport Science of the University of Vienna, Department „Bewegungs-und Sportpädagogik“, Austria)

## Summary

This contribution wants to give an overview on actual practical approaches and research in the field of inclusive physical activities in Austria. Some research findings about quantity (and quality) of integration of pupils with a disability in physical education in school and an inquiry about APA-related contents included in the teacher's education programs are presented. Further more there are given some results of an investigation concerning the goal orientation "integration" in care centers for people with disabilities—about 20% of the asked institutions are offering activities which are oriented towards this goal. Finally a summary of answers of participants of inclusive offers for dance and creative movement wants to give an example of a special research project, who's aim was to support people with and without disabilities in their personal development. They were asked to do a kind of self-assessment during and after the program. All these contributions are aiming to improve the situation for individuals with disabilities by developing programs for inclusive physical activities and to propose better strategies for equal rights of all in society ("Towards a Society for all").

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 9-15, 2002)

**Keywords:** Inclusive Adapted Physical Activities in School, Education, Goal-orientation in Care Centers for People with Disabilities, Promotion of Development

It was about six years ago that a specialized research area on sport and movement for the disabled, or to use the international expression—"adapted physical activity",—was established within the department for physical education and sports of the institute of sport science of the university of Vienna. One of its aims is to collect data about the quantity and quality of movement offers for people with disabilities of all ages. The guiding lines and research goals in all relevant fields refer to aspects of social as well as cultural integration (e.g. physical education in school, out of school physical activities, dance and creative movement,

or inclusive pedagogy).

This article wants to give an overview on recent research findings addressing the following themes:

1. Inclusive movement activities in physical education in school and reflections on contents concerning adapted physical activity in the teacher's education (EU-project "THENAPA").
2. Inclusive movement offers at care centers for people with disabilities and at general sports clubs.
3. Dance and creative movement in inclusive settings as a lifelong promotion of personal development for people with and without disabilities.

<sup>1</sup> This was the theme of 13th International Symposium Adapted Physical Activity (ISAPA) 2001 in Vienna



## 1. The EU-Project "THENAPA"

The first part of this contribution presents the Austrian situation concerning the question-areas of the EU-Project „*Thematic Network Project—Educational and social integration of persons with a handicap through adapted physical activity (THENAPA)*“.

### a) Questionnaire on physical education in integrated classes in school

Results of a first survey from early 2001 are given in a preliminary report based on the international project's questionnaire translated by the Austrian coordinators and distributed at 4 Viennese schools.

The total amount of pupils of these 4 schools in 13 classes was 1650, among them 45 children with a disability. The kind of named disabilities of these children were as follows:

Primary School (VS): 6 classes n=23 (2 physical, 13 learning, 5 hearing, 3 other disab.)

Secondary School (HS/AHS): 7 classes n=22 (4 physical, 17 learning, 1 visual disab.)

This testing phase turned out to be not enough precise. In consequence of this there will start a reconsideration of the sample of questions and an attempt for adaptation on national conditions. It seems to be important to add some qualitative statements to those of quantitative and educational aspects. Nevertheless it was the aim to collect factors of successful integration to be included in the report of the European coordinators.

From the first draft the following issues could be determined from the questionnaire for PE teachers:

1) The number of pupils with a disability in the class seems to be an important factor for successful integration.—Conditions in Austria vary very much depending on regional laws and on the type of school. In consequence of that this

fact has high impact on the situation but cannot be judged to decide the issue.

- 2) The qualification of the teachers has to be considered according to their appropriate education for becoming physical education (PE) teachers. There have been given only few indications for specialized formation on disability sport or inclusive movement approaches.—There are indeed only few offers included in the curricula of the teacher's training colleges, in the studies for PE teachers or in special education studies.
  - 3) It seems to be very important that PE teachers in integrated classes are especially flexible and creative in order to be able to adapt materials and movement offers on the individually needed level. It might be possible to fail if they have not enough competence in that field.
  - 4) The collaboration with physicians and therapeutic staff is reported to work partly very well, in some cases pupils with a disability don't participate in physical education lessons.
  - 5) Some statements of teachers on probable problems or benefits of inclusive PE-teaching
    - ◆ lack of suitable adapted equipment at the sport facilities
    - ◆ frequent difficult situations when integrating pupils with severe physical disabilities
    - ◆ occasional week accordance between PE teacher and special education teacher
    - ◆ social integration seems to work successfully
    - ◆ good information level among the persons concerned (teachers, directors, parents) about the legislation rules and acknowledgement of the opportunities
- It was the next step of this investigation to put in charge a group of students of the institute to carry out this study within the region of the city of Vienna. Coming up next the same (may be slightly adapted) questionnaire will be send out to collect data for a nationwide survey on the situation.

Preliminary samples of the answers confirm most of the former statements and point out the unsatisfying situation of adequate education of the PE teachers in the field of APA.

**b) Questionnaire on the integration of APA contents in teacher's education**

It was in the frame of the same student's course that another group started to analyze the course contents of different training and education programs concerning their orientation on APA-relevant knowledge and competencies. For this they checked the curricula of the studies of physical education, sport sciences and of the three different branches of the teacher's training colleges (for primary and secondary school and for special education). Then they had to compare the values of the European Credit Points and to ask additionally some teaching experts of these programs.

This group was not very successful in collecting relevant answers. Therefore it is to expect that specific results will only be available later after a following-up-study. It is by personal experience when discussing the questionnaire that we identified a minimal contingent of teaching offers that considers the special needs and concerns of people with a disability of all ages for exercise, sports or movement.

**2. Investigation of goal orientation of physical activities**

**a) The goal orientation "integration" at care centers for people with disabilities**

Investigating the goal orientation of physical activities at care centers for people with disabilities (Kainz 2000) the author asked for five possible orientations:

- ☞ *health*
- ☞ *experience based capacities*

- ☞ *performance*
- ☞ *capacity to act*
- ☞ *integration*

Within the orientation on integration it was asked how this is organized in the institution by seven more detailed questions asking if individuals with different disabilities would participate in the same group or if the tasks would ask for individual ideas and self determined decisions or wanting to know if there were mixed groups of people with and without disabilities etc.

Figure 1 presents an example of the quantitative results: the proportions of the goal orientation at the investigated care centers<sup>2</sup>:

There were also given some answers on the rating of the different sport offers within the goal orientation "integration. The most frequent sports were: various kind of gymnastics (20%), swimming (16%), recreational sports like bowling, Billiard, Boccia, hiking or games and singing (17%), ball games (15%) and dancing—social dance as well as creative dance—(15%).

**b) The goal orientation "integration" at general sports clubs**

There was another group of students who was supposed to investigate the third focus of the EU-project: the rate of participation of individuals with disabilities at general sport clubs. The mailings of the questionnaires to the regional federations of the roof organizations of sport in Austria are on the way to be prepared in a larger sense only recently. The student's group was not successful in finishing this task within the given time.

It just can be reported from preliminary studies that such an expected and fully accepted integration is offered only at one sports club in Vienna (at WAT—Wiener Arbeiter Turnverein). There they work with a three-steps-model (some separately

<sup>2</sup> The number of answers varied between 86 to 101, the rate of return was 33% from 482 outgoing questionnaires

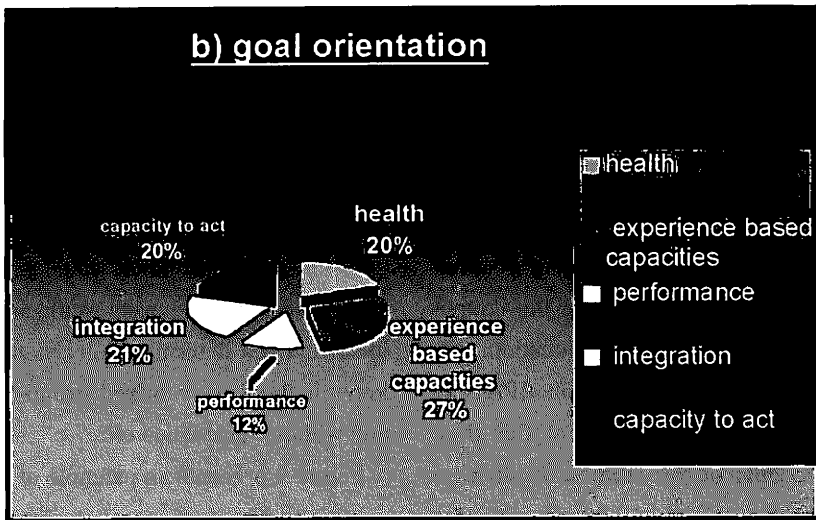


Fig.1: goal orientation

offered training units, various examples for integrating single persons with a disability into the general offers and as well full inclusively organized movement offers). Besides this you can find some sporadic programs within special sport disciplines (e.g. Judo for blind people in Vienna or winter-sports for individuals with physical disabilities in Vorarlberg). We expect more detailed results from the next returned answers of the regional organizations of several federal states.

3. Investigation of personal development of individuals with and without a disability who participated in physical activities,

dance and creative movement offers

This example of inclusive physical activities is presented to be representative for approaches which emerge from practical experiences and may lead to qualitative scientific results when being accompanied by an “action-reflection-research”.<sup>3</sup> The work had been documented over some years tracing the development of movement offers at a private club for disabled and able bodied people (“Ich bin O.K.”) before becoming the issue of my doctoral thesis about the promotion of personal development by inclusive dance offers.

Neglecting the story of foundation of the group as well as the description of the practical and theoretical background of this approach in details there is just time to emphasize some important influencing factors for possible qualitative changes in the living conditions of the participants—so to say for their personal development. The promoting conditions seemed to be in a causal relation to the following three given components:

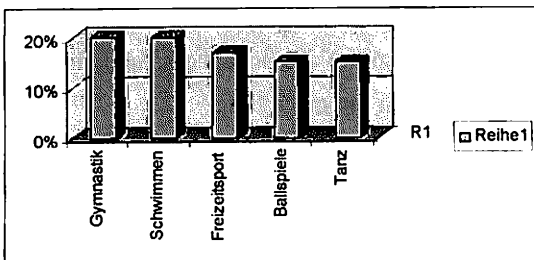


Fig. 2: rate of different sports offers

<sup>3</sup> A model and a hypothesis for an action-reflection-method was developed by Dinold (2000) according to Altrichter & Posch 1998 and Seewald 1998.

- *Encounter and relation*
- *Communication and dialogue*
- *Interaction and creativity (see Dinold 2000, 148ff)*

These conditions seemed to happen during the dance workshops so that the participants with and without disabilities could give answers when asked to estimate their individual perception of personal development through this way of physical activity. The model of problem centered interviews was chosen to use as a methodological structure and was carried out with 19 subjects (10 with, 9 without disability, 15 female, 4 male). The procedure continued by identifying relevant quotes ("Protokollsätze") which contributed to explain the 'action-reflection-hypothesis' according on how much they loaded a positive development. This individual qualification process was followed by a comparative interpretation of the statements on perceived changes which should reveal communities and/or differences within the same or in comparison to the other group of participants with or without disabilities.

**a) Development of individuals with a disability**

The role of the media (moving, dancing, creating) provoking changes in behavior or movement abilities has not been mentioned very often. But some of the persons described their feelings during movement and dancing activity in a way that it supported the presumption that they had found a positive access to their own psychological orientation.

*Example: S.: "An idea strikes me, that when faster music is played I don't feel any pain in my hips, and I move more freely and I can even leave the wheelchair beside. When moving with the slower, more classical part, I noticed that I got very tired."*

Social interaction and the growing relations between cooperating partners and the group seemed to be more effective. Some of them were mentioned to be continuous, most of them lasted just as long as workshop time was. In special cases there have been special effects like diminishing aggressive behavior. A very broad impact on autonomy, self-esteem, self-confidence and openness of individuals with mental problems could be stated and even some feelings of anxiety or psychic problems happened to be reduced.

*Example: L.'s mother: "The work is positively effecting her general conditions. The more she is participating in such offers the more open she gets on her behavioral comportment."*

**b) Development of individuals without a disability**

This group of people appeared to be still more heterogeneous than the other group. Their living backgrounds consisted of much more varieties, and especially two facts happened to be remarkable:

- For the bigger part of the persons asked (6 among 9) it was quite familiar and like normal daily life to be occupied with dance and creative movement activities. Therefore it was no surprise that general physical improvement have not been stated, and did not motivate to join the offer. Nevertheless many of them took advantage of the experience to widen their professional teaching or personal competency.

*Example: Ch.: "Afterwards I had always a very pleasant feeling, but I cannot tell if it is my body which changed or even my soul."*

- In addition to that, those who were not primarily involved in dance and movement reported about changes concerning their attitude, their

getting in touch and their dealing with individuals with disabilities which they acknowledged to be the most important point of personal development. This could be related to the physical level (like knowing more about movement possibilities and their prevention) as well as to the social area (like the necessity to favor common interests in opposition of temporary individual needs).

*Example: S.: "...and the common interests are very important. I endeavored to respond more to the other. Otherwise as a dancer you are always occupied with yourself in order to progress. There the own progression was not that important, but to support the other persons ...."*

In some cases some effects on psychological awareness were noticed (e.g. a woman could allow herself to be anxious or mentally disturbed for a while or a male dancer was happy to solve his problem of self-consciousness by playful acting). The most impressive impact obviously was left on the participants by this loose and open contact among movers with and without disabilities.

### **c) Integrative comparative perspective**

In order to integrate the results of the two groups described a comparing analysis focused on the concern if the offers met the needs of each individual appropriately. An obvious difference could be evaluated concerning motivations and expectations on dance and movement. People with a disability were very much motivated to go through joy, fun, and excitement when moving and dancing and they seemed to be grateful for the fact that their limitations eventually were not ignored. Such a self-experience was not the main interest of participants without impairments. They were more interested in the methodical approach and the ways of addressing disabled persons through

dance and theater. But, nevertheless some of them valued the movement quality for not being technically too demanding but stressing individual creative abilities.

There could be also noticed a positive influence on all participants in respect to relationships, getting in touch with each other and continuous interaction. The attraction for each other varied from being especially attracted by persons belonging to the same group (e.g. because the woman with paralyzed legs found another partner in a wheelchair who could share the same impressions) to quite the opposite. Seeing and going through something new, something very different could also cause feelings of sympathy and attraction. A big creative energy which made it easy to let big things arise from little and the effects that something new, something in common was in the focus of the group activities often were mentioned as reasons for making the experience being successful and fulfilling.

To conclude the statements on personal "benefits" of the experiences two main points could be identified:

- Participants with disabilities developed towards a higher level of self-consciousness, openness and autonomy. They emphasized their enlargement of experience and quality of life by coming to know new people and having fun meeting them, eventually building up long time relations.
- Able bodied participants developed towards being more sociable with differently looking people, changing their attitudes and being emotionally aware of inclusive situations. They discovered their own abilities in experiencing fun, joy and creativity together with even less familiar partners.

#### 4. Conclusion

All these different aspects of physical activity, sport, play and dance within an inclusive context do represent examples of adapted physical activities widespread in Austria. Summarizing the proposals there can be identified still many areas of recreation, (basic and/or elite-) sport where persons with disabilities are not yet integrated. It might be one of the research areas of Sports pedagogy to focus on possibilities how sports and physical activities could be adapted to the individual needs of the person. There are chances and needs to do so in many different fields depending on age or living conditions—e.g. children with developmental coordination disorder or aged persons with movement restrictions, etc. The growing number of people with impairments might be better addressed in the future by initiating an exchange of experiences and/or by activating research fields which were not focused frequently in the past (e.g. inquiries of attitudes of able bodied pupils towards their disabled peers or on the degree and ways of integrating athletes with mental disabilities in general sport-units). Bringing up these issues means also aiming to remind the need for appreciation of equal rights of all. Many different theoretical or practical approaches in the field of “Adapted Physical Activity” are aiming to

improve the situation for individuals with disabilities and proposing strategies for to reach the goal “Towards a Society for all!”.

#### References:

- Altrichter, H. & Posch, P. (1998). *Lehrer erforschen ihren Unterricht. Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 3. durchges. u. erw. Auflage.
- Dinold, M. (2000). *Tanz und kreative Bewegung als lebenslange Entwicklungsförderung für Menschen mit und ohne Behinderung. Ein Beitrag zur Integrationsforschung in der Bewegungs- und Sportpädagogik—Entwicklungsförderung zwischen Pädagogik und Therapie*. Dissertation am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien.
- Dinold, M. & Zanin, K. (1996) *Miteinander S. Handbuch einer kreativen Arbeitsweise für behinderte und nichtbehinderte Menschen mit den Mitteln Körpererfahrung, spontanem Spiel, Tanz und Theater*. Wien: hpt-Verlag.
- Kainz, M. (2000). *Die verschiedenen Interessensausrichtungen von angebotenen Bewegungsaktivitäten für behinderte und nichtbehinderte Menschen in Österreich*. Diplomarbeit am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien.
- Seewald, J. (1998). *Zwischen Pädagogik und Therapie — Entwicklungsförderung als Paradigma der Psychomotorik*. In: *Praxis der Psychomotorik*, 23/3/136-143.

# 肥満者に対する低圧環境下の歩行運動が運動終了後のエネルギー消費量に及ぼす影響

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 桑平一郎 (医学部内科学系呼吸器内科学)  
恩田哲也 (スポーツ医科学研究所) 有賀誠司 (スポーツ医科学研究所)  
中村 豊 (スポーツ医科学研究所) サンドウ・アダルシュ (電子情報学部電気電子工学科)  
宮川千秋 (体育学部体育学科) 山並義孝 (体育学部社会体育学科)  
齋藤 勝 (体育学部体育学科)

## The Effect of Walking Exercise in a Hypobaric Environment on the Energy Expenditure of Post-exercise in Obese Adults

Tamotsu TERAU, Ichiro KUWAHIRA, Tetsuya ONDA, Seiji ARUGA, Yutaka NAKAMURA, Adarsh SANDHU, Chiaki MIYAGAWA, Yoshitaka YAMANAMI, and Masaru SAITO

### Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of walking exercise based on the lactate threshold (LT) in a hypobaric environment on the energy expenditure of post-exercise in obese adults. The subjects walked for 60 minutes on a treadmill in two environments : a hypobaric environment (HE) at 1500 m simulated altitude, and normobaric environment (NE) at sea level. During and post exercise in HE and NE, comparisons were made of total energy expenditure, resting metabolic rate (RM) after fasting for 15 hours (the following morning), energy expenditure deduced from carbohydrate and fat. Total energy expenditure and energy obtained from carbohydrate and fat during exercise did not differ between HE and NE. Total energy expenditure at 30 and 60 minutes post-exercise in HE were significantly higher than those in NE ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ). The energy expenditure obtained from fat at 60 minutes in HE was significantly higher than that in NE ( $p < 0.05$ ). The RM in HE was significantly higher than that in non-exercise ( $p < 0.01$ ). The energy expenditure obtained from fat in HE was significantly higher than that in NE ( $p < 0.01$ ). These results suggest that walking exercise based on the LT in a hypobaric environment enhances RM at least 15 hours, and elevates the rate of fat utilization.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 16-22, 2002)

### Ⅱ. 緒 言

近年、高地トレーニングは、一部のエリートスポーツ選手の競技力向上のみならず、幅広い年齢

層のヒトに対する肥満予防および健康増進に貢献する可能性のあること<sup>1)</sup>が指摘されている。

そこで、肥満に関しては、心臓病、糖尿病、高脂血症、高血圧症など多くの生活習慣病の誘因になることから早期に改善する必要がある。従来、肥満の予防・改善を目的として、身体運動の必要

性が論じられている。肥満と運動に関する研究<sup>2, 3, 4)</sup>が数多く報告されており、長期間の持久的運動は、体重の減少、血液性状の改善（総コレステロール・中性脂肪の減少、HDL-コレステロールの増加）が認められている。一方では、この運動実施に関しては、安全の面から運動の種目や強度設定が重要な意義を有することにもなり、重度の走行運動よりも軽度の歩行運動の効果<sup>5, 6)</sup>が注目されている。しかし、歩行運動は、脂質代謝の改善が認められるが、脂質燃焼のために長時間の運動を行わなければならなくなり、さらに、減量に長期間を必要とする。この早期的改善には、平地よりも高地でのトレーニングがエネルギー消費量の増大および脂質代謝の亢進<sup>7, 8)</sup>などが認められていることから、スポーツ選手および肥満者の減量・ウエイトコントロールにより有効であろうと考えられる。

事実、私たちは、人工的高地環境システムの低圧室を用い、低圧環境下における血中乳酸濃度を指標とした持久的トレーニングに対する負荷強度の方法、低圧トレーニングと運動能力に関する研究<sup>9, 10)</sup>を基に、肥満者およびウエイトコントロールを必要とするスポーツ選手を対象に、身体組成およびエネルギー代謝の面から歩行運動と減量・ウエイトコントロールに関する研究<sup>7, 11, 12)</sup>について検討を行っている。これらの結果、スポーツ選手および肥満者の減量に対する標高1500mに相当する低圧環境下で週3回の歩行運動は、身体的にも安全で安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあることを示唆している。

そこで、今回は、その研究の一環として、これまでの成績を踏まえ、減量・ウエイトコントロールを必要とする肥満者を対象に、低圧環境下における乳酸性閾値 (lactate threshold, LT) 強度を指標とした一過性の歩行運動が運動終了後のエネルギー消費量にどのような影響を及ぼすか検討した。

## II. 実験方法

### 1. 対象者

実験対象は、25~60歳の男子肥満者6名（身長 $166.0 \pm 6.3$ cm、体重 $73.6 \pm 10.7$ kg、体脂肪率 $24.8 \pm 3.2\%$ ）を被験者とした。肥満者は、常圧環境と低圧環境に分け、それぞれに歩行運動を行わせた。なお、被験者には、研究の目的、内容を十分に説明し、実験参加への同意を得た。

### 2. 環境条件

低圧環境下の実験は、東海大学スポーツ医科学研究所に設置されている低圧(高地トレーニング)室を使用した。

本研究では、常圧環境下(気圧、760mmHg)および低圧環境下(標高1500mに相当する気圧、634mmHg)にそれぞれ調整して行った(室温を20℃、相対湿度55%)。

### 3. 運動負荷テストおよびLTの判定

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

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

### 4. 歩行運動実験

実験としては、常圧および低圧環境下でLT強度の歩行運動を行った際の運動中(60分間)、運動後(30, 60分)および翌朝の空腹時における安静時代謝量を測定した。なお、同一被験者の実験は、少なくとも1週間の間隔をあげ、2つの実験



の順序はランダムとした。

### 5. エネルギー消費量の測定

運動後のエネルギー消費量は、いずれも常圧環境下で椅座位にて測定を行った。さらに、15時間後の翌朝空腹時における安静時代謝量の測定は、前日の夕食後12時間以上の絶食状態で午前8時30分～9時までに行なった。なお、同様な方法で非運動時の安静時代謝量についても測定した。

### 6. 測定方法

血中乳酸濃度は、グルコース・ラクテートアナライザー2300STAT (米国、YSI社)、体脂肪率は体内脂肪計TBF-305 (日本、タニタ)をそれぞれ用いて測定した。呼吸代謝量は、テレメトリー式呼吸代謝計測装置K4 (イタリア、Cosmed社)を用いて行い、さらに、この装置の栄養管理ソフトによって全エネルギー消費量、糖質および脂肪からの推定エネルギー消費量<sup>13)</sup>等を算出した。

### 7. 統計解析

統計量は、平均値±標準偏差で示した。各実験における歩行運動のエネルギー消費量の有意差の検定には、paired t-testを用いた。統計的有意水準は、すべての検定において5%未満とした。

## Ⅲ. 実験結果

### 1. 常圧および低圧環境下における歩行運動時のエネルギー消費量

図1に常圧および低圧環境下における歩行運動中のエネルギー消費量の変化を示した。運動中の全エネルギー消費量は、低圧環境下 ( $8.10 \pm 0.79 \text{kcal/hr}$ ) と常圧環境下 ( $8.20 \pm 0.67 \text{kcal/hr}$ ) との間に有意の差がみられなかった。さらに、糖質および脂肪からの推定エネルギー消費量等も両環境間に顕著な差が認められなかった。

### 2. 常圧および低圧環境下における歩行運動終了30分後のエネルギー消費量

常圧および低圧環境下における歩行運動終了30分後のエネルギー消費量を図2に示した。低圧環境下における歩行運動後のエネルギー消費量は  $41.6 \pm 6.0 \text{kcal/kg/day}$  で、常圧環境後の  $38.2 \pm 5.5 \text{kcal/kg/day}$  との間に有意な差が認められた ( $p < 0.05$ )。しかし、脂肪および糖質からの推定エネルギー消費量は、両環境間で有意な差がみられなかった。両環境下とも運動後は、脂質代謝の方が糖代謝よりも高まっていた。

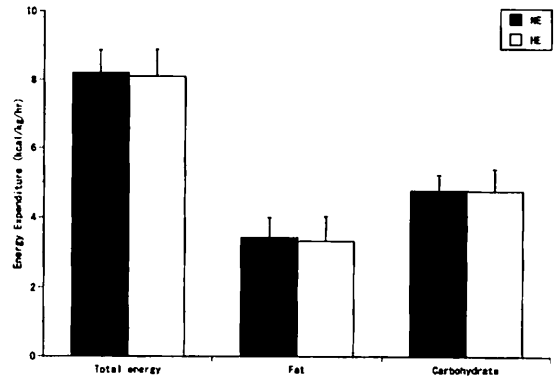


図1 常圧および低圧環境下における歩行運動中のエネルギー消費量の変化

Fig.1 Changes in energy expenditure during walking exercise under normobaric (sea level, NE) and hypobaric environment (HE). Values are expressed as means ± SD.

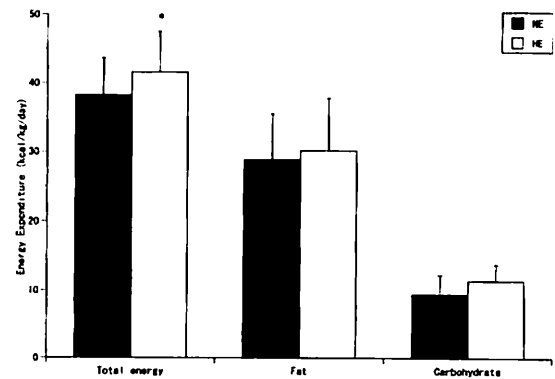


図2 常圧および低圧環境下における歩行運動終了30分後におけるエネルギー消費量の変化

Fig.2 Changes in energy expenditure at 30 minutes after walking exercise under normobaric (sea level, NE) and hypobaric environment (HE). Values are expressed as means ± SD.

\* $p < 0.05$

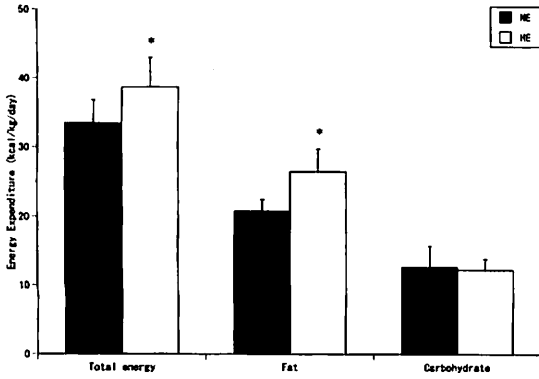


図3 常圧および低圧環境下の歩行運動終了60分後におけるエネルギー消費量の変化

Fig.3 Changes in energy expenditure at 60 minutes after walking exercise under normobaric (sea level, NE) and hypobaric environment (HE). Values are expressed as means±SD. \*p<0.05

### 3. 常圧および低圧環境下における歩行運動終了60分後のエネルギー消費量

図3に常圧および低圧環境下における歩行運動終了60分後のエネルギー消費量を示した。

この歩行運動終了60分後のエネルギー消費量も歩行運動終了30分後の変化と同様に低圧環境下における歩行運動後のエネルギー消費量 (38.7 ± 4.3kcal/kg/day) は、常圧環境後 (33.4 ± 4.3kcal/kg/day) との間に有意な差が認められた (p<0.05)。さらに、脂肪からの推定エネルギー消費量も低圧環境後の値 (26.5 ± 3.2kcal/kg/day) が常圧環境後の値 (20.8 ± 1.7kcal/kg/day) に比較して、有意の増加を示した (p<0.05)。

### 4. 常圧および低圧環境下における歩行運動終了後の翌朝空腹時の安静時代謝量

常圧および低圧環境下における歩行運動終了後の翌朝空腹時の安静時代謝量 (上段; 非運動時) を図4に示した。非運動時における安静時代謝量は、26.6 ± 1.7kcal/kg/dayであった。低圧環境下における運動終了後の安静時代謝量は、29.3 ± 2.9kcal/kg/dayで、常圧時の値が27.3 ± 1.7kcal/kg/dayを示し、両環境間では有意な差がみられなかった。しかし、低圧環境後の値は、非運動時の値に比較して、有意な高値を示していた

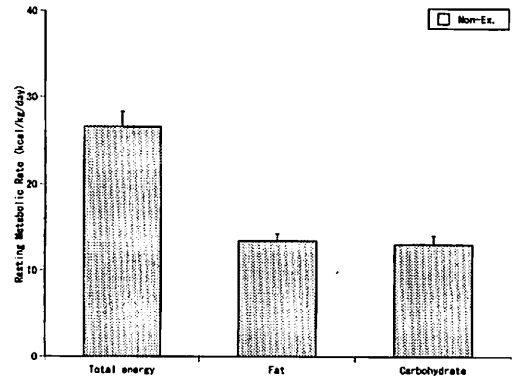


図4 常圧および低圧環境下の歩行運動終了後における翌朝空腹時の安静時代謝量の変化 (上段: 非運動時)

Fig.4 Changes in resting metabolic rate (RM) at fasting the following morning after walking exercise under normobaric (sea level, NE) and hypobaric environment (HE). Values are expressed as means±SD. Non-Ex.; non-exercise \*\*p<0.01

図4 常圧および低圧環境下の歩行運動終了後における翌朝空腹時の安静時代謝量の変化 (下段: 非運動時)

Fig.4 Changes in resting metabolic rate (RM) at fasting the following morning after walking exercise under normobaric (sea level, NE) and hypobaric environment (HE). Values are expressed as means±SD. Non-Ex.; non-exercise \*\*p<0.01

(p<0.01)。

さらに、低圧環境後の安静時における脂肪からのエネルギー消費量は、常圧環境後の値に比較して、有意な増加を示した (p<0.01)。

## IV. 考 察

本研究では、減量・ウエイトコントロールを必要とする肥満者を対象に、低圧環境下における乳酸性閾値 (lactate threshold, LT) 強度で一過性の歩行運動を行わせた場合、運動終了後のエネルギー消費量にどのような影響を及ぼすかを検討した。

肥満者およびスポーツ選手の減量に対する低圧

環境下における歩行運動に関する一連の研究<sup>11, 12)</sup>では、標高1500mに相当する低圧環境下での歩行運動について検討を行っている。この気圧の設定には、肥満者に対して高山病の症状がほとんどなく安全性のあることが認められたからである。高地（低圧環境）では平地（常圧環境）と同じ運動をしても、生理的な運動強度が相対的に高くなることは事実である。しかし、実際の高地を含めた低圧環境下の運動では、標高（気圧）や運動強度の違い、個々の体力レベル、高地順化の程度など、様々な因子によって生体に及ぼす効果も異なってくる。たとえば、最大酸素摂取量は、標高約1200mから低減を始め、1500m以上では1000m上昇ごとに指数関数的に約10%の低減を示すこと<sup>13)</sup>が報告されている。しかし、最大下常運動時の酸素摂取量には、高度3500m以下の場合、高度間の有意な差異はみられないという報告<sup>14)</sup>もある。そこで、本研究の常圧および低圧環境下における歩行運動中の全エネルギー消費量、糖質および脂肪からの推定エネルギー消費量等は、両環境下に顕著な差がみられなかった。これらの成績は、前述の報告を踏まえて、低圧環境条件が比較的低い標高1500mに相当する気圧であり、肥満者に対して両環境条件下でも運動可能な最大下運動で、しかもLT強度の歩行運動であったことなどが1時間の運動中で生理応答に顕著な差異がみられなかったものと考えられる。

しかし、常圧と低圧環境下における歩行運動終了30および60分後のエネルギー消費量、脂肪からの推定エネルギー消費量については、両環境間で差異がみられた。すなわち、歩行運動終了30および60分後のエネルギー消費量も低圧環境下における歩行運動後の値は、常圧環境後の値に比較して、有意な高値を示していた。運動終了後における回復期のエネルギー消費量は、乳酸以外に運動による体熱産生（体温上昇）に伴う代謝の亢進の影響も関与している<sup>15)</sup>。平地でVT（換気性閾値）強度の運動を1時間行うと、運動後過剰酸素消費量の増加がみられるとともに、RQ（呼吸商）は運動中の値よりも運動終了後急激に下降することが報

告<sup>16)</sup>されている。これらの結果から、LT、あるいはVT強度の運動を1時間程度行うと、運動後のエネルギー消費を高めることが考えられた。さらに、運動後の生理応答は、標高の違いによっても影響の異なることが推察される。本研究の両環境間の比較では、低圧環境下の運動後の方が常圧環境後よりも体熱産生に伴う代謝の亢進をもたらすことが示唆される。事実、ほとんどの被験者は、低圧環境下の運動終了後に主観的であるが体の軽度な火照り、すなわち、体熱の上昇を感じていた。さらに、脂肪からの推定エネルギー消費量も運動終了60分後に低圧環境後の方が常圧環境後の値に比較して、有意の増加を示した。前述のRQの変化、さらには、運動終了後の回復過程では、脂質代謝（トリグリセライド／脂肪酸サイクルにおけるエネルギー需要）が関与していること<sup>17)</sup>も報告されている。したがって、本研究の運動終了後には、両環境とも主に脂質代謝の亢進がみられたのも事実であり、さらに、時間経過しても低圧環境後の方が常圧環境後よりも脂質代謝の亢進が持続することも推察される。

次に、運動終了後15時間が経過した翌朝空腹時の安静時代謝量は、両環境間では有意な差がみられなかったが、低圧環境後の値は、非運動時の安静時代謝量に比較して、有意な高値を示していた。さらに、低圧環境後の安静時における脂肪からのエネルギー消費量は、常圧環境後の値に比較して、有意な増加を示した。平地における一過性の運動に関しても鍛錬者に対する最大酸素摂取量の70%強度の運動（運動時間；80分）<sup>18)</sup>や非鍛錬者に対する換気性閾値強度の運動（運動時間；60分）<sup>16)</sup>では、運動終了後、長時間にわたって脂質代謝を亢進させ、エネルギー消費量を上昇させることが報告されている。高度との関連からみると、肥満者を高地に滞在させ、歩行運動を行わせた研究では、2日目に安静時代謝量の上昇を認めたこと<sup>19)</sup>が報告されている。したがって、これらの結果から、平地での運動よりも高地での運動の方がエネルギー代謝の面でより効果をもたらすことが考えられる。標高1500mに相当する低圧環境下で一定強度

の運動を一定時間負荷すると、運動刺激と低圧低酸素刺激の相乗作用が運動終了後に生理応答を増加させ、回復期のエネルギー消費量、さらには翌朝の安静時代謝量も高めることが示唆される。これらの効果は、私たちが現在までに報告してきている研究<sup>11, 12, 20)</sup>で、週3回の標高1500mに相当する低圧環境下の歩行運動が身体的に安全で、短期間で乳酸処理能力を向上させ、基礎代謝（安静時代謝）および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができることの結果に関連づけることができる。すなわち、本研究のような低圧環境下（高地）の歩行運動を一定期間トレーニングを継続すると、常圧環境下（平地）の歩行運動よりも慢性的なエネルギー代謝量の増加、脂質代謝の亢進、さらには、体脂肪量の減少に大きく関与することが示唆される。

そこで、近年、女性や中高年者が週末を利用してトレッキングなどでの高地登山（標高1000m～2000m）の増加は、運動能力の改善は基より、登山後の長時間にわたるエネルギー代謝の亢進が推測され、肥満の予防および健康増進の観点から推奨されるであろうと考えている。

以上、本研究の成績から、肥満者に対する標高1500mに相当する低圧環境下における1時間の歩行運動は、運動後長時間にわたって脂質代謝を亢進させ、安静時代謝量をも高める可能性のあることが示唆された。

## V. まとめ

本研究は、減量・ウエイトコントロールを必要とする肥満者を対象に、低圧環境下における乳酸性閾値（lactate threshold, LT）強度を指標とした一過性の歩行運動が運動終了後のエネルギー消費量にどのような影響を及ぼすか検討した。

その成績を示すと次のごとくである。

- 1) 運動中の全エネルギー消費量は、低圧環境下（ $8.10 \pm 0.79 \text{ kcal/hr}$ ）と常圧環境下（ $8.20 \pm 0.67 \text{ kcal/hr}$ ）との間に有意の差がみられな

かった。さらに、糖質および脂肪からの推定エネルギー消費量等も両環境間に顕著な差が認められなかった。

- 2) 低圧環境下における歩行運動後のエネルギー消費量は $41.6 \pm 6.0 \text{ kcal/kg/day}$ で、常圧環境後の $38.2 \pm 5.5 \text{ kcal/kg/day}$ との間に有意な差が認められた（ $p < 0.05$ ）。しかし、脂肪および糖質からの推定エネルギー消費量は、両環境間で有意な差がみられなかった。両環境下とも運動後は、脂質代謝の方が糖代謝よりも高まっていた。
- 3) 歩行運動終了60分後のエネルギー消費量も歩行運動終了30分後の変化と同様に低圧環境下における歩行運動後のエネルギー消費量（ $38.7 \pm 4.3 \text{ kcal/kg/day}$ ）は、常圧環境後（ $33.4 \pm 3.4 \text{ kcal/kg/day}$ ）との間に有意な差が認められた（ $p < 0.05$ ）。さらに、脂肪からの推定エネルギー消費量も低圧環境後の値（ $26.5 \pm 3.2 \text{ kcal/kg/day}$ ）が常圧環境の値（ $20.8 \pm 1.7 \text{ kcal/kg/day}$ ）に比較して、有意の増加を示した（ $p < 0.05$ ）。
- 4) 非運動時における安静時代謝量は、 $26.6 \pm 1.7 \text{ kcal/kg/day}$ であった。低圧環境下における運動終了後の安静時代謝量は、 $29.3 \pm 2.9 \text{ kcal/kg/day}$ で、常圧時の値が $27.3 \pm 1.7 \text{ kcal/kg/day}$ を示し、両環境間では有意な差がみられなかった。しかし、低圧環境後の値は、前記の非運動時における値に比較して、有意な高値を示していた（ $p < 0.01$ ）。低圧環境後の安静時における脂肪からのエネルギー消費量は、常圧後の値に比較して、有意な増加を示した（ $p < 0.01$ ）。

以上、本研究の成績から、肥満者に対する標高1500mに相当する低圧環境下における1時間の歩行運動は、運動後長時間にわたって脂質代謝を亢進させ、安静時代謝量をも高める可能性のあることが示唆された。

## 参考文献

- 1) 浅野勝己：高所トレーニングの生理的意義と最

- 近の動向, 臨床スポーツ医学, 16(5): 505-516, 1999.
- 2) Franklin, B., Buskrk, E., Hodgson, J., Gahagan, H., Kollias, J., Mendez, J.: Effectsof physical conditioning on cardiorespiratory function, body composition and serum lipids in relatively normal-weight and obese middle-aged women. *Int. J.Obesity*, 3: 97-109, 1979.
  - 3) Hagan, R.D., Upton, S.J., Wong, L., Wittam, J.: The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18: 87-94, 1986.
  - 4) 清水完悦, 木川田隆一, 寺尾 保, 西脇 要, 高尾良英, 羽鳥 裕, 森敬太郎, 笹川洋之助, 京極 浩, 伊藤久史: 肥満例に対するフィットネスクラブ主体の3ヶ月間の運動療法の肥満, 血清脂質, 血圧, 運動耐容能への効果, 日本臨床生理学会雑誌, 26(1): 15-23, 1996.
  - 5) 佐藤祐造, 押田芳治: 糖尿病・肥満治療としてのウォーキング, 臨床スポーツ医学, 9(2): 149-152, 1992.
  - 6) 甲田道子, 宮下充正: 運動実践が肥満に及ぼす影響, *J. J. Sports Sci.*, 14(1): 79-83, 1995
  - 7) 寺尾 保, 恩田哲也, 中村 豊, 有賀誠司: 低圧環境下における持続的トレーニングがスポーツ選手の形態, 身体組成および脂質代謝に及ぼす効果, *体力科学*, 46(6): 916, 1997.
  - 8) Terrados, N., Melichna, J., Sylven, C., Jansson, E. and Kaijiser, L.: Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57: 203-209, 1988.
  - 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, 佐藤宣践, 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続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, 第8号: 65-72, 1996.
  - 10) 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: 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, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第9号: 28-33, 1997.
  - 11) 寺尾 保, 木村季由, 湯浅康弘, 袋館龍太郎, 恩田哲也, 有賀誠司, 中澤一成, 山並義孝, 中村 豊, 齋藤 勝: スポーツ選手の減量に対する低圧環境下の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第11号: 22-29, 1999.
  - 12) 寺尾 保, 木村季由, 恩田哲也, 有賀誠司, 中村 豊, サンドゥー・アダルシュ, 山並義孝, 齋藤 勝: 肥満者およびスポーツ選手の減量に対する低圧環境下における歩行運動の有効性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第13号: 15-23, 2001.
  - 13) Elina, M., Livesey, G.: "Energy expenditure and fuel selection in biological systems: The theory and practice of calculations based on indirect calorimetry and tracer methods", *World Rev. Nutr. Diet. Basel, Karger*, 70: 68-131, 1992.
  - 14) 星川佳広, 宮下充正: 高度500mから3000mまでの4つの高度で行われる最大下定常運動と最大運動に対する生理応答, *J. J. SPORTS SCI.*, 第15巻5号: 349-355, 1996.
  - 15) Gaesser, G.A., and Brooks, G.A.: Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16(1): 29-43, 1984.
  - 16) 長野真弓, 白山正人, 平野裕一, 宮下充正: 換気性閾値強度の運動が運動後過剰酸素消費量の量・持続時間に及ぼす影響, *体力科学*, 41: 436-446, 1992.
  - 17) Bahr, R., Hansson, P., and Sejersted, O. M.: Triglyceride/fatty acid cycling is increased after exercise. *Metabolism*, 39: 993-999, 1990.
  - 18) Maehlum, S., Grandmontagne, M., Newshome, E. A. and Sejestered, O. M: Magnitude and duration of excess postexercise oxygen consumption in healthy young subjects. *Metabolism*, 35: 425-429, 1986.
  - 19) 長崎成良, 高櫻英輔, 泉一郎: 高所環境における肥満治療の可能性 (ヘルシーウォークイン立山) —安静時エネルギー代謝の増大を利用して—, *体力科学*, 46(5): 552, 1997.
  - 20) Terao, T., Onda, T., Aruga, S., Yamanami, Y.: Effects of walking exercise in a hypobaric environment on the body composition and energy metabolism of obese subjects. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, 4(4): 161, 1999.

# 柔道選手におけるダンベルを用いた クイックリフト・エクササイズについて

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

## Quick-lift Exercise with Dumbbell in judo players

Seiji ARUGA, Tamotsu TERAOKA, Tetsuya ONDA, Yutaka NAKAMURA, Yasuhiro YAMASHITA,  
Hidetoshi Nakanishi and Ken UBUKATA

### Abstract

The purpose of this research was to obtain a guideline for introducing a quick-lift exercise with dumbbell to athletes. The subjects were 49 collegiate judo players. 1RM of Dumbbell Clean (DC) and Dumbbell Snatch (DS) were measured. DC is an exercise which requires lifting a dumbbell up to the shoulder level with one arm. DS is an exercise which requires lifting a dumbbell over the head at a stretch with one arm. The findings are as follows;

- 1) There were the significant positive correlations between 1RM of those exercises (DC and DS) and body weight ( $p < 0.01$ ). On the other hand, as to 1RM/body weight of DS and DC, there were the significant negative correlations between 1RM and body weight ( $p < 0.01$ ).
- 2) Both DS and DC, as to the mean values of right and left arm's 1RM, showed that the right side recorded remarkably higher values than the left side ( $p < 0.05$ ). Between the mean values of each arm's 1RM and KUMITE (the style of offense/defense in judo), the remarkable correlations were not found.
- 3) There were the significant positive correlations between 1RM of DS and that of DC in both right and left arms.
- 4) The mean values of elite athletes in 1RM of DS were greatly higher compared with those of standard athletes
- 5) There were the significant positive correlations between 1RM of DS/DC and 1RM of barbell bench press, squat, and clean respectively ( $p < 0.01$ ).

These findings indicated that the quick lift exercise with dumbbell could be used as the alternative exercise of the quick-lift exercise with barbell, or to evaluate athletes' power. (Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 23-33, 2002)

## I. 緒 言

スポーツ選手が競技パフォーマンスの向上を目

的として筋力トレーニングを実施する際には、競技動作に関連のある動きを採り入れた専門的筋力トレーニングを実施することが重要である<sup>1~4)</sup>。このような専門的筋力トレーニングの中でも、ダンベルを片手に保持して素早く挙上するエクササ

イズ<sup>5-9)</sup> (以下ダンベル・クイックリフト) は、体幹の回旋動作を伴い、左右非対称な動作が可能であることなどから、近年、柔道選手の専門的動作パワー向上のための筋力トレーニング種目として試行されるようになってきている<sup>10)</sup>。

柔道選手の筋力に関する報告は多くみられるが、握力計や背筋力計を用いて発揮された筋力を測定したもの<sup>11-13)</sup>、等尺性脚伸展力を測定したもの<sup>14, 15)</sup>、等速性筋出力測定装置を用いて膝関節の屈曲伸展動作の筋出力を測定したもの<sup>16-18)</sup> など、一般的な動作において発揮された筋力を測定したものがほとんどであり、柔道の動作特性を配慮した筋出力<sup>19)</sup> について報告したものは少ない。一方、柔道選手における筋力トレーニングの効果について検討を行った報告については、ベンチプレスやスクワットなどの一般的な動作の筋力トレーニング種目を対象としたもの<sup>20, 21)</sup> はみられるが、専門的動作を配慮した筋力トレーニングの効果に関する報告<sup>22)</sup> は僅かである。

本研究では、近年柔道選手の専門的筋力トレーニングとして導入されるようになったダンベル・クイックリフトに関する基礎資料や、今後のトレーニング方法の指針を得ること目的に、大学柔道選手を対象として、ダンベル・クイックリフトの最大挙上重量の測定を行い、形態や柔道の組み手、競技力、他の筋力トレーニング種目との関連等について検討を行った。

## II. 方 法

### 1. 対象

本研究の対象は、大学柔道部に所属し、日頃より筋力トレーニングを定期的実施している男子選手49名であった。全ての対象は、ベンチプレス、スクワット、バーベルクリーンのトレーニング経験は有すが、ダンベルクイックリフト (ダンベルスナッチ、ダンベルクリーン) については未経験であった。対象となった選手の所属階級の内訳は、60kg級 9名、66kg級 6名、73kg級 8名、

81kg級 6名、90kg級 6名、100kg級 7名、100kg超級 7名であり、階級ごとの身体的特徴は表1の通りである。対象には測定の内容および危険性について説明し、測定参加の同意を得た。

### 2. 挙上重量の測定

全ての対象に対し、片手によるダンベルスナッチとダンベルクリーン、バーベルによるベンチプレス、スクワット、クリーンの最大挙上重量 (以下1RM) の測定を行なった。各種目の1RMの測定にあたっては、軽めの重量を用いて3セットのウォームアップを行わせるとともに、種目間には十分な休息をとり、前の測定の疲労が後の測定に影響を与えないように配慮した。なお、ダンベルスナッチとダンベルクリーンの測定に先立ち、測定日の2週間前より週2回、合計4回のフォーム指導を行った。

ダンベルスナッチの動作は、片手に1個のダンベルを保持してしゃがみ、ダンベルのシャフトが膝蓋骨下端より低い位置にくるようにして開始姿勢をとり、床を勢いよく蹴って上体を起こしながら、全力スピードでダンベルを頭上まで一気に挙上し、静止して直立した時に成功とした (写真1)。頭上にダンベルを挙上した時に、肘が曲がった状態で静止してから肘を伸ばしたり、頭上でダンベルを静止せずに下ろした場合には失敗とした。

ダンベルクリーンの動作は、片手に1個のダンベルを保持してしゃがみ、ダンベルのシャフトの上端部分が膝蓋骨下端より低い高さにくるようにして開始姿勢をとり、床を勢いよく蹴って上体を

表1 対象者の身体的特徴

Table 1 Physical characteristics of the subjects

Category	n	Height (cm)	Body weight (kg)
-60kg	9	164.7±3.8	62.9±1.4
-66kg	6	170.2±3.9	69.9±0.9
-73kg	8	172.5±2.4	74.7±2.0
-81kg	6	177.6±3.4	82.4±2.3
-90kg	6	180.0±5.3	88.5±2.5
-100kg	7	175.7±4.5	100.2±3.4
+100kg	7	181.9±3.0	125.3±17.2



写真1 ダンベルスナッチ  
Photo 1 Dumbbell Snatch



写真2 ダンベルクリーン  
Photo 2 Dumbbell Clean

起こしてダンベルを挙上し、ダンベルのシャフトが鎖骨上端より高い位置にくるようにしてダンベルを保持し、静止して直立できた時に成功とした(写真2)。

ベンチプレスとスクワットの動作については、藤瀬ら<sup>23)</sup>が規定した方法に基づいて実施した。ベンチプレスについては、動作中に両足を床に付けたままにしておくとともに、臀部がベンチから離れないようにし、両手でバーベルを保持してラックからはずし、両肘を伸ばした開始姿勢から、バーベルを胸部に触れるまで下ろし、次いで両肘を完全に伸展させて挙上した場合に成功とした。スクワットについては、バーベルを肩に載せて直立した開始姿勢から、大腿部上端が床面と平行になるところまでしゃがみ、直立姿勢まで挙上した場合に成功とした。なお、スクワットの動作中に体幹の姿勢が崩れた場合には失敗とした。

クリーンの動作については、床に置いたバーベルを両手で保持してしゃがんだ姿勢から、床を蹴って上体を起こしてバーベルを肩の高さまで一気に挙上し、バーベルを保持したまま直立した場合に成功とした。

### 3. 統計処理

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

## Ⅲ. 結 果

### 1. ダンベルクイックリフトの 1 RM と体重との関係

図1に、ダンベルスナッチ 1 RM 及びダンベルクリーン 1 RM と体重との関係を示した。ダンベルスナッチ 1 RM 及びダンベルクリーン 1 RM と体重との相関係数は、それぞれ  $r = 0.809$ 、 $r = 0.566$  であり、いずれも有意な正の相関関係が認められた ( $p < 0.01$ )。

図2に、ダンベルスナッチ 1 RM の体重比及びダンベルクリーン 1 RM の体重比と体重との関係を示した。ダンベルスナッチ 1 RM 体重比及びダンベルクリーン 1 RM 体重比と体重との相関係数は、それぞれ  $r = -0.702$ 、 $r = -0.699$  であり、いずれも有意な負の相関関係が認められた ( $p < 0.01$ )。

### 2. ダンベルクイックリフトの 1 RM と階級との関係

図3に、各所属階級におけるダンベルクリーンの右 1 RM の平均値を示した。各階級におけるダンベルクリーンの右 1 RM 平均値と標準偏差は、60kg 級  $35.8 \pm 5.7$ 、66kg 級  $39.2 \pm 4.7$ 、73kg 級  $40.6 \pm 3.3$ 、81kg 級  $42.4 \pm 2.5$ 、90kg 級  $45.3 \pm 0.3$ 、100kg 級  $43.1 \pm 6.4$ 、100kg 超級  $45.9 \pm 4.4$  であり、60kg 級と 73~100kg 超級の 5 階級との間、66kg 級と 90~100kg 超級の 3 階級との間、73kg 級と 90kg 級との間、81kg 級と 90kg 級との間にそれぞれ



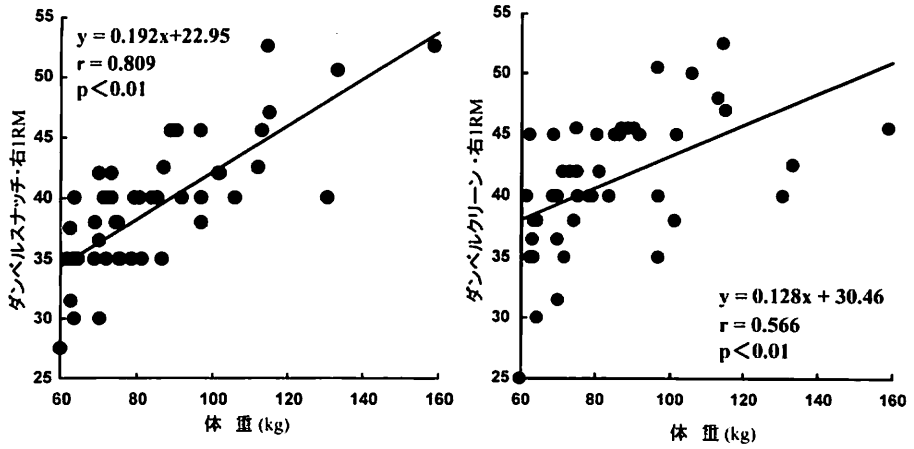


図1 ダンベルスナッチ 1 RM及びダンベルクリーン 1 RMと体重の関係

Fig. 1 Relationship between body weight and dumbbell snatch 1RM, and between body weight and dumbbell clean 1RM

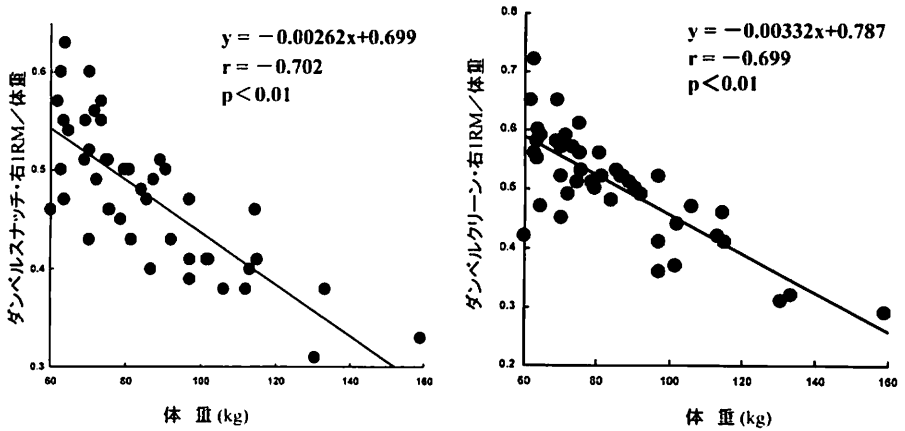


図2 ダンベルスナッチ 1 RM体重比及びダンベルクリーン 1 RM体重比と体重の関係

Fig. 2 Relationship between body weight and dumbbell snatch 1RM/body weight, and between body weight and dumbbell clean 1RM/body weight

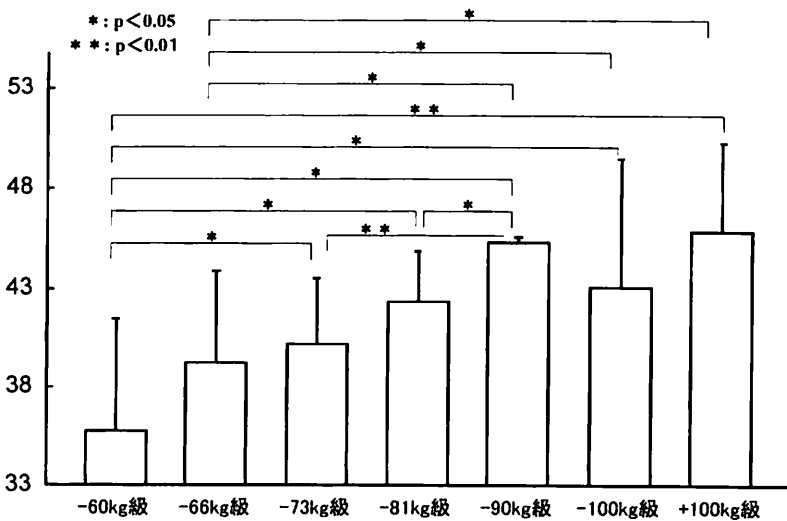


図3 各階級のダンベルクリーン右 1 RMの平均値

Fig. 3 1RM of Dumbbell Clean with right arm in each weight category

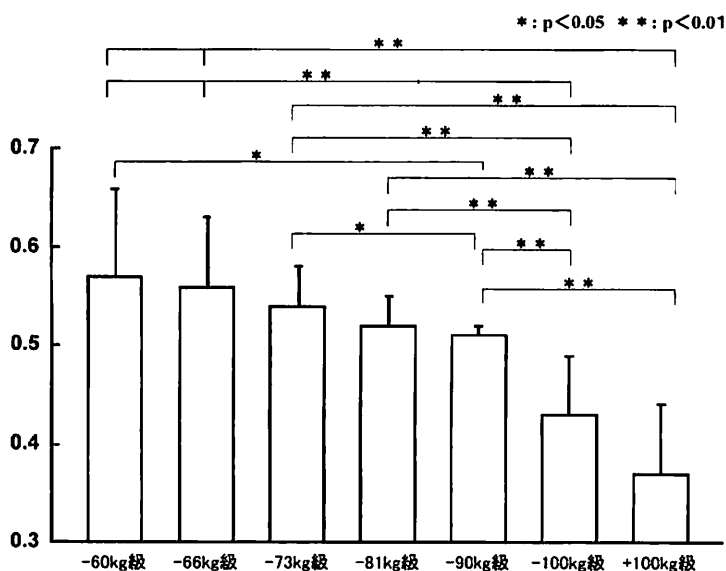


図4 各階級のダンベルクリーン右1RM体重比の平均値  
Fig. 4 1RM/body weight of Dumbbell Clean with right arm in each weight category

れ統計的な有意差が認められた。

図4に、所属階級ごとのダンベルクリーンの右1RM体重比の平均値を示した。各階級におけるダンベルクリーンの右1RM体重比の平均値と標準偏差は、60kg級 $0.57 \pm 0.09$ 、66kg級 $0.56 \pm 0.07$ 、73kg級 $0.54 \pm 0.04$ 、81kg級 $0.52 \pm 0.03$ 、90kg級 $0.51 \pm 0.01$ 、100kg級 $0.43 \pm 0.06$ 、100kg超級 $0.37 \pm 0.07$ であり、60kg級と90～100kg超級の3階級との間、66kg級と100kg級及び100kg超級の2階級との間、73kg級と90～100kg超級の3階級との間、81kg級と100kg級及び100kg超級の2階級との間、90kg級と100kg級及び100kg超級の2階級との間にそれぞれ統計的な有意差が認められた。

### 3. ダンベルスナッチ1RMとダンベルクリーン1RMの関係

図5に、ダンベルスナッチ1RMとダンベルクリーン1RMの関係を示した。右手によるダンベルスナッチ1RMとダンベルクリーン1RMとの間には、 $r = 0.667$ の有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。また、左手によるダンベルスナッチ1RMとダンベルクリーン1RMの間にも、 $r = 0.714$ の有意な正の相関が認められた ( $p <$

0.01)。

### 4. ダンベルスナッチ1RMとダンベルクリーン1RMの左右差

図6に、ダンベルスナッチ1RM及びダンベルクリーン1RMの左右の平均値を示した。ダンベルスナッチの1RMについては、左が $38.59 \pm 5.56$ 、右が $39.29 \pm 5.39$ であり、右の1RMは左に比べて有意に高い値を示した ( $p < 0.01$ )。また、ダンベルクリーンの1RMについても、左が $40.60 \pm 5.73$ 、右が $41.28 \pm 5.41$ であり、右の1RMは左に比べて有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。

### 5. 柔道の組み手との関係

図7に柔道の組み手側とダンベルスナッチ及びダンベルクリーンの右1RMの関係について示した。ダンベルスナッチの右1RMの平均値及び標準偏差については、左組み群 $39.63 \pm 4.86$ 、右組み群 $39.13 \pm 5.94$ であり、両者の間には有意な差は認められなかった。また、ダンベルクリーンの右1RMの平均値及び標準偏差についても、左組み群 $41.58 \pm 4.76$ 、右組み群 $40.96 \pm 6.14$ であり、両者の間には有意な差は認められなかった。なお、

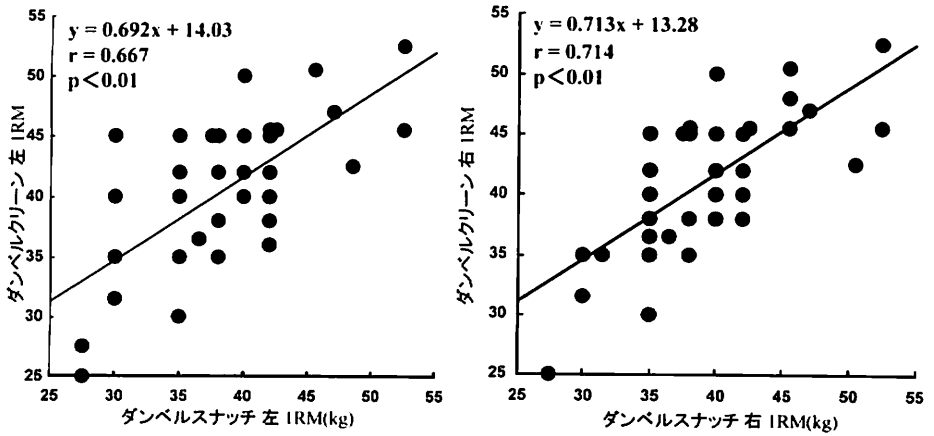


図5 ダンベルスナッチ 1RMとダンベルクリーン 1RMの関係  
 Fig. 5 Relationship between dumbbell snatch 1RM and dumbbell clean 1RM

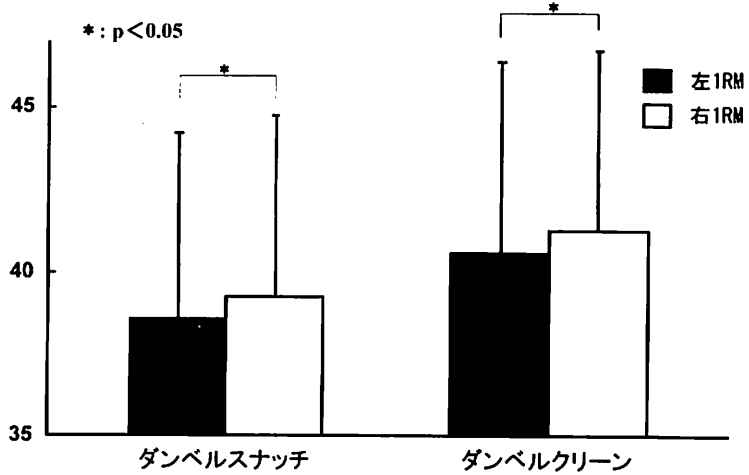


図6 ダンベルスナッチ及びダンベルクリーンの1RM平均値の左右差  
 Fig. 6 Difference of 1RM between right and left in dumbbell snatch and dumbbell clean

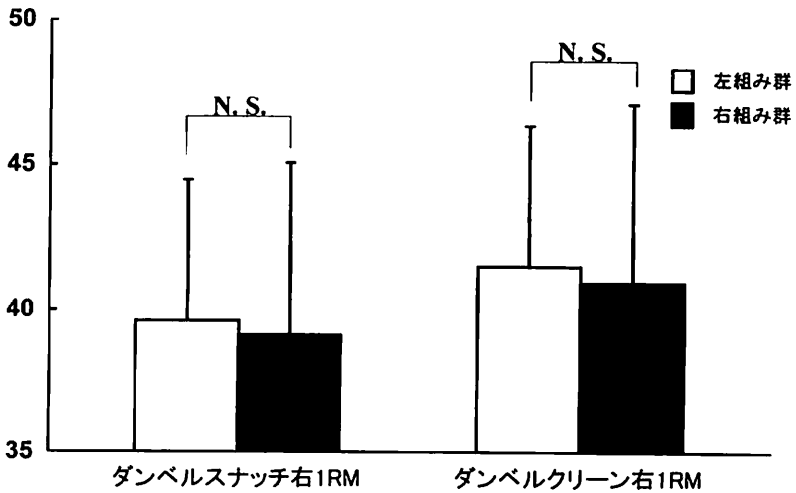


図7 柔道の組み手と1RMの関係  
 Fig. 7 Relationship between judo KUMITE and 1RM

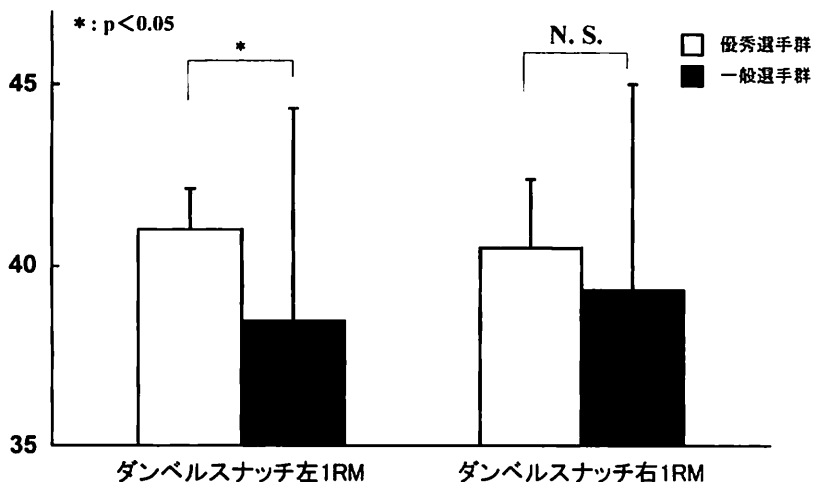


図8 競技成績と1RMの関係  
Fig. 8 Relationship between level of athlete and 1RM

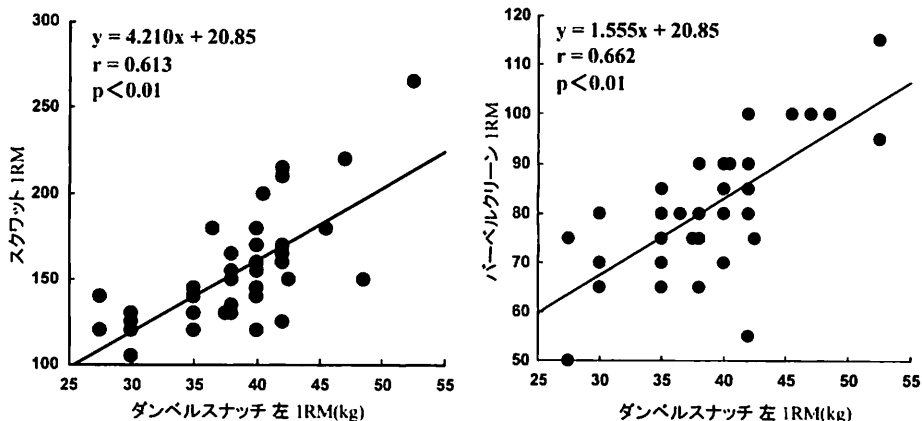


図9 ダンベルスナッチ1RMとスクワット1RM及びバーベルクリーン1RMとの関係  
Fig. 9 Relationship between dumbbell snatch 1RM and squat 1RM, and between dumbbell snatch 1RM and barbell clean 1RM

柔道の組み手側とダンベルスナッチ及びダンベルクリーンの左1RMの間にも有意差はみられなかった。

## 6. 競技成績との関係

対象の中から、大学入学後に国際試合または全日本ジュニア選手権に出場した経験を持つ選手5名を優秀選手群、その他の選手を一般選手群とし、両群のダンベルスナッチの1RMの平均値を算出し、図8に示した。ダンベルスナッチの左1RMの平均値及び標準偏差について、優秀選手は一般選手群に比べて有意に高い値を示した( $p < 0.05$ )。一方、ダンベルスナッチの右1RMの平均値及び

標準偏差については、優秀選手群  $40.50 \pm 1.91$ 、一般選手群  $39.34 \pm 5.70$  であり、両者の間には有意な差は認められなかった。なお、ダンベルスナッチの1RM体重比、ダンベルクリーンの1RM及び1RMの体重比については、優秀選手群と一般選手群の間に有意な差は認められなかった。

## 7. 他のエクササイズの1RMとの関係

ダンベルスナッチ及びダンベルクリーンの左右の1RMとベンチプレス、スクワット、バーベルクリーン1RMとの間には、全てにおいて正の有意な相関が認められた ( $p < 0.01$ )。また、ダンベルスナッチ及びダンベルクリーンの左右の1RM

体重比とベンチプレス、スクワット、バーベルクリーンの1 RM 体重比の間にも、全てにおいて正の有意な相関が認められた ( $p < 0.05$ )。

図9は、上記の結果を示す代表例として、ダンベルスナッチの左1 RMとスクワット及びバーベルクリーンの1 RMとの関係を示したものであり、ダンベルスナッチの左1 RMとスクワット1 RMとの間には、 $r = 0.613$ の有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。また、ダンベルスナッチの左1 RMとバーベルクリーン1 RMの間にも、 $r = 0.662$ の有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。

#### IV. 考 察

本研究において、ダンベルスナッチ及びダンベルクリーンの1 RMと体重の間には有意な正の相関が認められたが、両エクササイズの1 RM 体重比と体重の間には有意な負の相関が認められた。また、ダンベルクリーンの1 RM 体重比については、体重が100kg級と100kg超級の選手において、他の階級の選手に比べて低い値を示す傾向が見られた。金久ら<sup>24)</sup>は、日本のスポーツ選手では、体重が90kgを超えると体脂肪率が大きくなり、皮下脂肪筋断面積比率が急激に増加する傾向があることを報告している。また、山本<sup>14)</sup>は、柔道選手の等尺性脚伸展力の測定を行い、90kgを越える重量級選手の体重あたりの筋力が低いことを報告している。本研究におけるダンベルスナッチとダンベルクリーンの測定結果は、上記2つの報告と同様の傾向を示した。

ダンベルスナッチとダンベルクリーンの1 RM及び1 RM 体重比の値は、ベンチプレス、スクワット、バーベルクリーンの1 RM及び1 RM 体重比との間に有意な正の相関を示した。また、ダンベルスナッチの1 RMとダンベルクリーンの1 RMとの間にも有意な正の相関が認められた。これらのことは、ダンベルスナッチやダンベルクリーンは、ベンチプレス、スクワット、バーベルク

リーンといった一般的なエクササイズの挙上能力と関連があり、パワー評価の指標として活用しうる可能性を示唆するものであると思われた。

ダンベルクリーンの1 RMとダンベルスナッチの1 RMの左右差については、両種目ともに右側の値が左側よりも有意に高い値を示した。一方、組み手と左右の1 RMの間には有意な相関はみられなかった。柔道においては、引き手と釣り手が存在し、釣り手の動作がダンベルを上方に引き上げる動作に類似していることから、得意技の釣り手側と、ダンベルの挙上能力との間に何らかの関連があることが予想されたが、今回は特別な関連を見いだすことはできなかった。この要因としては、対象者のダンベル・クイックリフトのトレーニング経験が2週間と短期間であったこと、対象となった選手のほとんどが右利きであったこと、ダンベル・クイックリフトの開始姿勢におけるダンベルの高さが実際の柔道の釣り手の位置よりもかなり低いこと、などが考えられる。今後、ダンベル・クイックリフトと柔道の組み手との関連についてさらに調べるためには、ダンベル・クイックリフトのトレーニング経験を積んだ選手を対象とした挙上重量の測定を行うことが必要であると思われた。

島ら<sup>27)</sup>は背負い投げ動作について筋電図を用いた分析を行い、運動開始直後から外腹斜筋が活動し始め、投げ動作終了まで活発に収縮していることを報告するとともに、体幹の捻転運動を高速写真にて確認している。また、Imaizumiら<sup>28)</sup>は、女子柔道選手の腹斜筋断面積と等速性体幹捻転力について、競技レベルと高い相関が見られたことを報告した。一方、Takahashi<sup>29)</sup>は、柔道のかつき技における体幹の捻転力の重要性に注目し、メディシンボールを用いたサイドスローヤトルソースローといったエクササイズを柔道選手のトレーニングプログラムに導入したことを報告している。これらの報告から、ダンベル・クイックリフトは、動作中に体幹の回旋動作がみられるという特徴から、柔道選手にとって有効なトレーニング手段となり得る可能性があると考えられ、今

後は、ダンベル・クイックリフトの挙上重量と体幹の捻転力との関連や、ダンベル・クイックリフトの実施に伴う体幹の捻転力の変化についても検討を加える必要があると思われる。

Hedrick<sup>7)</sup>は、スポーツ選手の動作パワーの改善のためにダンベルを用いたエクササイズが有効であると述べるとともに、ダンベルによるエクササイズの長所として、左右非対称な動きが可能であり、可動範囲が広く、バランス能力の改善や安定筋の強化に効果的であることなどを指摘している。現在までの日本の柔道選手の筋力トレーニングにおいては、高負荷を用いて、比較的ゆっくりとしたスピードでベンチプレスやスクワットといった一般的なトレーニング種目を実施し、挙上重量を伸ばすことに重点が置かれる傾向にあった。また、筋パワーを養成するためのエクササイズとしては、バーベルを用いたクリーンがよく行われるが、この動作は体幹の捻転を伴わず、正しいフォームの習得のために多くの時間を費やしてしまう上、重量級の選手では、肘や手首の可動範囲が狭いためバーベルを肩の高さに正しくキャッチできないといった問題点があった。これらの背景と今回の研究結果より、ダンベル・クイックリフトは、柔道選手の専門的筋力を効率よく向上させるための有効なトレーニング手段になりうる可能性が示唆され、効果的な実践のためには、柔道選手におけるダンベル・クイックリフトのトレーニング効果に関する検討や、ダンベル・クイックリフトと柔道の動作との関連に関する検討などが必要であると考えられる。

## V. 要 約

本研究の目的は、ダンベルを用いたクイックリフト・エクササイズをスポーツ選手に導入する際の指針を得ることであった。対象は、大学柔道選手49名であり、片手に持ったダンベルを肩の高さまで一気に挙上するダンベルクリーン (DC) と、肘を伸ばして頭上に挙上するダンベルスナッ

チ (DS) の最大挙上重量 (1 RM) を測定し、次のような知見を得た。

- 1) DSとDCの1 RMと体重との間には有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。一方、DSとDCの1 RM体重比については、体重との間に有意な負の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。
- 2) DS、DCともに、左右の1 RMの平均値については、右側が左側よりも有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。DS及びDCの左右の1 RMと柔道の組み手との間には、有意な関係は認められなかった。
- 3) DSの1 RMとDCの1 RMとの間には、左右ともに有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。
- 4) 優秀選手群のDSの1 RMの平均値は、一般選手群の平均値に比べて有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。
- 5) DSとDCの左右の1 RMと、バーベルによるベンチプレス、スクワット、クリーンの1 RMとの間にそれぞれ有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。

これらのことから、ダンベルによるクイックリフト・エクササイズは、柔道選手の筋力トレーニングの手段として、また、パワー評価の指標として活用し得る可能性が示唆された。

本研究の一部は、2001年第56回日本体力医学会大会にて報告した。

## 謝辞

本稿を終えるにあたり、測定に協力していただいた東海大学スポーツ教育センターの中村波雄氏と小田千尋氏に深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) Baechle, T. R.: Essentials of strength and conditioning, Human Kinetics, 1994.
- 2) Bompa, T. O.: Periodization Training for sports, Human Kinetics, 1999.

- 3) 有賀誠司：ファンクショナル・トレーニング，月刊トレーニング・ジャーナル，22(10)，72-75，2000.
- 4) 有賀誠司：スポーツ競技に活かす筋力トレーニング・専門的筋力トレーニング，月刊トレーニング・ジャーナル，23(2)，2001.
- 5) Shewokis, T., B. Takano, and I. Javorek.: The dumbbell. power clean. NSCA Journal 12(1):17-19. 1990.
- 6) Auferoth, S. J., and J. Joseph.: The dumbbell power clean. NSCA Journal 12(5), 47-48. 1990.
- 7) Hedrick, A.: Dumbbell training for football at the U.S. Air Force Academy. Strength and Conditioning 20(6): 34-39. 1998.
- 8) 有賀誠司：専門的筋力トレーニングの負荷手段を整理する，月刊トレーニング・ジャーナル，23(3)，61-67，2001.
- 9) 有賀誠司：ダンベルエクササイズの実践，月刊トレーニング・ジャーナル，23(12)，10-19，2001.
- 10) 有賀誠司：柔道選手の専門的筋力トレーニング，月刊トレーニング・ジャーナル，23(6)，69-75，2001.
- 11) 横田三四郎，青柳 領，高野裕光，広崎寿伸，清野哲也：大学柔道選手の体格及び体力と競技内容との関連，武道学研究，25(1)，57-65，1992.
- 12) 藤本涼子，春日井淳夫，山口 香，小沢裕二，佐藤伸一郎，射手矢俣，吉鷹幸春，向井幹博，渡辺直勇，岡田弘隆，小俣幸嗣，松村成司，中村良三，竹内善徳：運動機能項目からみた全日本女子柔道強化選手の体力の現状，柔道科学研究，1，7-10，1993.
- 13) 金久博昭：武道系選手の体力特性，Jpn. J. Sports sci., 4，690-696，1990.
- 14) 山本利春：傷害予防の観点からみた柔道選手の階級別脚筋力と身体組成の評価，臨床スポーツ医学，13(4)，262-266，1996.
- 15) 木村昌彦，山本洋祐，佐藤宣践，中西英敏，柏崎克彦，野瀬清喜，山崎俊輔：等速性筋出力からみた大学生柔道選手の筋力特性，柔道科学研究，1，25-29，1993.
- 16) 有賀誠司，金山浩康，齋藤 仁，松井 勲，山下泰裕，村松成司，木村昌彦：全日本柔道強化選手の脚筋力の発揮特性，柔道科学研究，2，15-20，1994.
- 17) 今泉哲雄，野瀬清喜，有賀誠司，柳沢 久，森脇保彦，稲田 明：一流柔道選手における脚筋力の特性，柔道科学研究，3，35-39，1995.
- 18) 北田晃三，古谷嘉邦，佐藤宣践，小河原慶太，有賀誠司：男子柔道選手の等速性筋力に関する研究，東海大学スポーツ医科学雑誌，第8号，41-46，1995.
- 19) 中村 勇，小俣幸嗣，佐藤伸一郎，岡田弘隆，射手矢俣，木村昌彦：競技レベル別にみた柔道競技者の体幹捻転力特性，柔道科学研究，4，39-45，1996.
- 20) 清野哲也，春日井淳夫，青山陽紀，山本浩貴，吉見浩二，佐藤伸一郎，高野裕光，青柳領：階級別柔道選手におけるベンチプレス・トレーニング法の検討，柔道科学研究，3，29-34，1995.
- 21) 有賀誠司，寺尾 保，中村 豊，恩田哲也，山下泰裕，中西英敏，佐藤宣践，白瀬英春，橋本敏明，古谷嘉邦：柔道競技におけるトレーニング方法に関する研究～一流柔道選手の階級増を目的としたトレーニングの実践例とその効果～，東海大学スポーツ医科学雑誌，第10号，60-70，1998.
- 22) 有賀誠司，恩田哲也，山下泰裕，中西英敏：一流柔道選手におけるサーキット・ウエイトトレーニングの効果，日本武道学会第33回大会研究発表抄録，日本武道学会，2000.
- 23) 藤瀬武彦，杉山文宏，松永尚久，長畑芳仁：一般青年男女における筋力評価尺度としてのバーベル挙上能力測定を試み，体育学研究，39，403-419，1995.
- 24) 金久博昭，近藤正勝，角田直也，池川繁樹，福永哲夫：体重制競技選手の体組成，Jap. J. Sports Sci. 4(9)，1985.
- 25) 高橋邦郎：柔道強化選手の身体特性について～日本選手と韓国選手の比較～，1986年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集，15-21，1986.
- 26) 三田信孝，恩田哲也，中西英敏，寺尾 保，白瀬英春：大学柔道部新入生の階級別の形態的特徴と階級移動による身体組成変化について，東海大学スポーツ医科学雑誌，9，19-27，1997.
- 27) 島 義孝，徳山 広，金芳保之：背負い投げの筋電図学的研究，柔道，51，58-64，1980.
- 28) Imaizumi, T., Nose, S., Aruga, S. and Asami, T.: Study of isokinetic strength of the trunk rotator muscles in elite female judoists. The 2nd international

柔道選手におけるダンベルを用いたクイックリフト・エクササイズについて

- judo symposium, Medical and scientific aspsects, Strength & Conditioning Association Journal, 14(2),  
Kodokan judo institute, Tokyo, 24, 1996. 1992.
- 29) Rey Takahashi: Power training for judo, National



# スポーツ選手の難治性疲労骨折に対する 低出力超音波パルスの治療効果

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)  
恩田哲也 (スポーツ医科学研究所) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)  
齋藤 勝 (スポーツ医科学研究所)

The medical treatment effect of the low intensity pulsed ultrasound  
to a sports player's fatigue fracture which seldom cures

Yutaka NAKAMURA, Seiji ARUGA, Tetuya ONDA, Tamotu TERAOKA and Masaru SAITOU

## Abstract

Medical treatment by the low output ultrasonic wave pulse was performed to the sport player who held fatigue fracture whose conservative treatment did not express an effect over the long period of time.

In three persons, age, sex, and the sport item of an object are 19 years old, a male, a tennis player, 17 years old, a lady, a high school basket player and 23 years old, a lady, and the member of society of a walking, respectively.

For the place of fatigue fracture, the central part of tibia is two persons. The number of what has fatigue fracture into the 3rd metatarsal bones is one

A mean term after an ache comes out until it consults to a medical institution is four months, and terms until it starts an ultrasonic treatment were one month, 6 months, 28 months. The low output ultrasonic wave pulse was irradiated [for 20 minutes] to the affected part using Exogen SAFHS (The sonic accelerated fracture healing system) 2000 system.

After carrying out ultrasonic treatment start, mitigation of subjective symptoms accepted from time for about one month, and in simple X-rays findings or the bone scan findings, the improvement tendency was seen from time for three months.

Although insurance application of the ultrasonic treatment was not carried out at fatigue fracture, the effect was enough accepted also in fatigue fracture and it was considered to be an effective medical treatment means also as medical treatment performed while continuing a game like a sport player.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 34-40, 2002)

## I. 緒 言

人間生活のなかで音波は会話や音楽などでわかるように、日常生活に深く浸透して馴染み深いも

のとなっている。しかし超音波となると生活との関わりは薄くなり、我々にとっても不可解な存在となる。これは人間の可聴限界を超えた周波数の音波であり、高周波の音圧波として体内を透過しうる機械的エネルギーである。これらの超音波は以前から医学的に多く用いられており、診断、手

術や理学療法などに利用されている。

診断には5～50mW/cm<sup>2</sup>の低出力で、妊娠、末梢血管、血流や内臓などを対象とした画像診断に用いられている。手術には5～300W/cm<sup>2</sup>の高出力で腎結石や白内障などに使用され、理学療法では1～3W/cm<sup>2</sup>の中等度以下の出力で疼痛除去や筋肉の緊張改善などに用いられている。

超音波が骨折の治療に有効であると1983年にDuarteとXavierが報告して以来、主として欧米を中心としてこれを用いた骨折の治療が行われてきた。本邦においても1998年に厚生省の認可を受け、主に長管骨の遷延治療骨折と偽関節などの難治性骨折の治療に使用されている。

一方、疲労骨折はスポーツ選手にとっては重要な問題である。スポーツ現場においてこの骨折の抱える問題の1つは、早期に医療機関で正しく診断されることが少ないことである。選手は慢性の痛みのためにパフォーマンスが低下した状態で、思うような練習が行えず、ただいたずらに練習に時間を費やし、選手自身も原因の解らぬまま試行錯誤の練習を繰り返して、実際にどのように対処してよいか苦しむ場合などが現場の疲労骨折の現状であろう。

さらなる問題は診断がなされても安静がとりにくいことが挙げられる。試合に向けてトレーニングを積み重ねてきた選手にとっては目標を急に変更できない難しさがある。またチームの一員としての位置づけを崩すことは、自身の問題としても周囲の眼からも困難な面がある。また大幅に練習内容を変更する際に適格な指導を受けづらいなどの問題もある。

このようなスポーツ界の現状を考えれば、スポーツに早期に復帰できる方法あるいはスポーツ継続を計りながら傷害を克服する手段は選手にとって大きな利点を与えられと考えられる。今回の調査研究は疲労骨折のなかでも難治性と思われるスポーツ選手に、低出力超音波パルスによる治療を試み、競技復帰に対しての縦断的調査を行ないその有効性を検討することを目的とした。

## Ⅱ. 方 法

### 1. 対象

疲労骨折の診断を受け、発症より6ヶ月以上の疼痛歴をもつ難治性疲労骨折の3例で、年齢は17歳の高校生、19歳の大学生および23歳の社会人である。性別およびスポーツ種目は17歳バスケット選手とウォーキングの社会人の2名は女性であり、19歳テニス選手は男性である。

それぞれのスポーツ活動は一週間当たりの頻度としてはウォーキングを除き5日以上であり、ウォーキングも仕事上での歩行機会が多いものであった。一日当たりのスポーツ活動時間はおよそ平均で2～3時間であるが、休日や大会直前では伸びることが多く不定期である。運動強度については内容的には特別なものはないが、いずれも通年に比べて発症以前の活動強度は増加していた。

医療機関へ受診するまでの期間はそれぞれ疼痛を自覚して6ヶ月、4ヶ月、5ヶ月の平均4ヶ月であり、その間特別な治療は行わず疼痛経過をみながらスポーツ活動を継続していた。

### 2. 診断

疲労骨折の診断は自発痛および疼痛部位や局所の圧痛点を診察し、単純X線写真による画像診断に加え、骨スキャンによるRIの集積像にて行ない、疼痛歴およびMRI画像も参考に加えた。

3名の疲労骨折部位は右脛骨中央部が2名で、左足第3中足骨骨幹部が1名である。脛骨中央部の疲労骨折は跳躍型疲労骨折で、その骨シンチグラムはいずれもZwas分類<sup>1)</sup>でGradeⅢであり、第3中足骨の骨シンチグラム像はGradeⅣであった。

### 3. 先行治療

疲労骨折の診断がなされて超音波治療が行われるまでの保存的治療の内容は安静が主体であるが、それぞれで僅かに異なり具体的には競技の中

止は2名で1名は競技を継続しながら治療を加えた。

競技を中止した2例の内訳ではテニス選手が診断後約6ヶ月競技を中止し、その後超音波療法を併用しながら競技を再開した。もう1例のウォーキングの社会人は自己プランの運動はすべて中止し、生活および仕事における歩行だけとして約3年4ヶ月の経過であった。その他の治療として局所のアイシングや薬物以外に足底板の作成なども併用された。

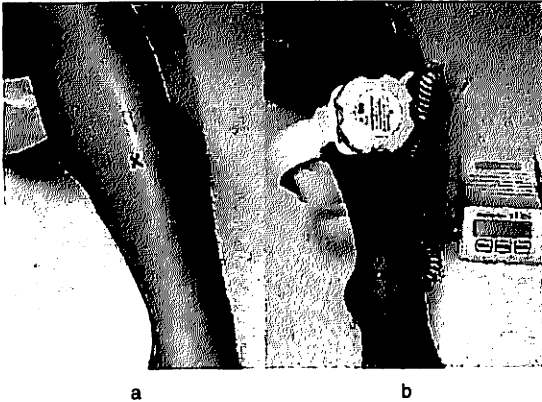


図1 超音波刺激装置  
a : 患部のマーキング  
b : 装置着用時

Fig. 1 SAFHS (The sonic accelerated fracture healing system) 2000 system  
a : marking of the affected part  
b : at the time of equipment wear

競技を継続したバスケット選手は診断が確定されて超音波療法を開始するまでの期間は約1ヶ月で、この間は局所のアイシングと消炎鎮痛剤などの薬物療法を行ない、超音波療法継続を条件に必要な最小限の競技活動を継続した。

#### 4. 超音波療法

超音波治療器はExogen社製のSAFHS (The sonic accelerated fracture healing system) 2000を用い、超音波信号特性は超音波周波数1.5MHz、超音波出力30mW/cm<sup>2</sup>、パースト幅200μsec、繰返し周期1kHzであり、超音波治療の条件として1日1回20分間を超音波照射時間とした(図1)。

#### 5. 評価

治療効果の判定には自覚症状の改善をVisual Analog Scale (以下VAS) を用いて評価し、骨折部分の治癒過程は単純X線検査にて仮骨形成を評価し、骨スキャン (Bone Scan Findings) によってRIの集積程度およびZwas分類<sup>1)</sup>によって評価した(図2)。

### Ⅲ. 結 果

SAFHS2000の低出力超音波パルスによる3症

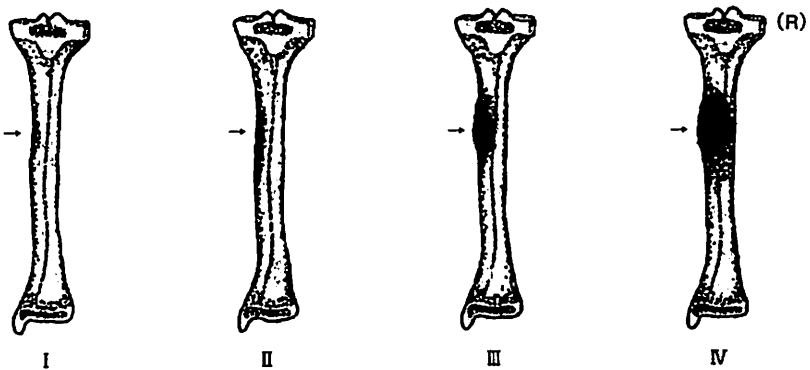


図2 脛骨疲労骨折の骨シンチグラムZwas分類

Fig. 2 Classification of Bone Scan Findings (Zwas)

Four grades (I ~ IV) of stress fracture evolution as seen on bone scintigraphy are presented schematically

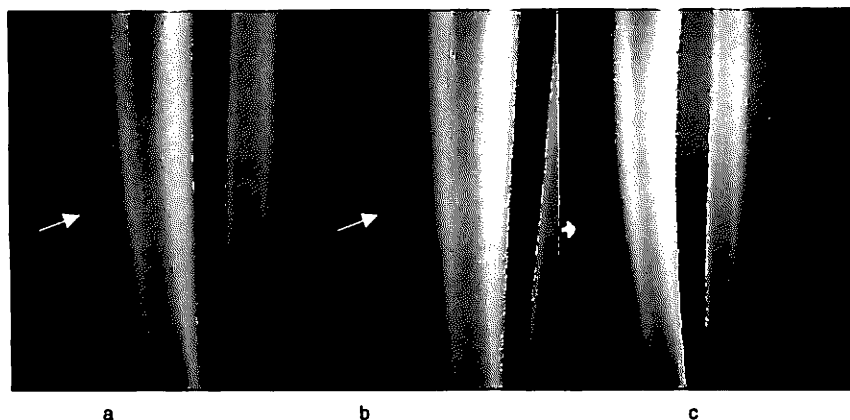


図3 跳躍型疲労骨折の骨改変層 (umbauzone) の変化

- a : 初診時
- b : 保存療法後6ヶ月、変化は見られない
- c : 超音波療法後1ヶ月(受診後7ヶ月)、縮小し改善傾向がある

Fig. 3 Change of the bone umbauzone of jump type fatigue fracture

- a : at the time of the first medical examination
- b : at six months after a conservative treatment, change of the bone umbauzone is not seen
- c : at one month after an ultrasonic treatment [seven months after consultation ], change of the bone umbauzone is noted and there is an improvement tendency

例の治療経過はいずれも良好であり、それぞれの経過を疼痛、X線所見、骨スキャン所見を中心に述べる。

19歳テニス選手は跳躍型脛骨疲労骨折の診断を得て以来スポーツ活動は中止による保存療法をおこない経過をみるが、経過観察6ヶ月の時点では疼痛改善は若干みられたものの歩行時、階段昇降や軽度の運動時に疼痛が残存した。VASでは10分の8程度の改善で単純X線所見の変化は骨改変層に関する変化は見られず仮骨の形成も認められない。この時点で本人が競技復帰を強く望むため、低出力超音波パルスによる超音波療法の併用を条件に経過観察を行った。開始後1ヶ月の時点で歩行時痛が消失し、運動時のVASでは10分の4へと改善傾向を示した。単純X線検査では骨改変層の縮小傾向を認めた。開始後4ヶ月の時点でVASは0となり競技への完全復帰となった。超音波療法開始後9ヶ月の超音波療法終了時の単純X線所見でもさらなる改善が認められ、16ヶ月時点で単純X線上の骨改変層の消失と、骨スキャンによるRI集積像の消失が確認された(図4)。

17歳のバスケット選手は競技を継続しながらで

あるが使用後1ヶ月で安静時痛は消失し、階段昇降時に疼痛残存するがVASでは10分の5に減少し、3ヶ月で運動時に軽度の疼痛が残存するのみにまで改善が見られた。

単純X線評価では骨改変層 (umbauzone) の変化は1ヶ月経過時では変化なく、3ヶ月経過時では骨改変層は見られるものの、仮骨形成がみられ骨吸収像の改善が見られている。

骨スキャンによるZwas分類は初回検査時ではGradeⅢであるが、低出力超音波パルス療法開始後3ヶ月ではGradeⅡに移行し、明らかにRIの集積強度が低下し改善が認められた。

23歳の社会人は左足第3中足骨骨幹部の疲労骨折の診断を受け(図5)、ウォーキングを中止して仕事のみで経過をみるが改善傾向なく、靴の改良、足底挿板の作成を行うが疼痛持続し、疼痛発生より2年5ヶ月、診断を受けてより2年4ヶ月で超音波療法を開始した。開始後1ヶ月にて疼痛の軽快がみられ、VASでは10分の7程度になり局所の圧痛は明らかに低下した。開始後2ヶ月の骨スキャン所見ではZwas分類のGradeⅣには変化がないが、明らかにRI集積の減少がみられ改善傾向



図4 骨癒合完成(16ヶ月時点) 骨改変層(umbauzone)の消失  
Fig. 4 at 16 months, completion of bone fusion disappearance of a bone umbauzone



図5 第3中足骨疲労骨折(初診時)  
Fig. 5 Stress fracture of the 3th metatarsal bone (at first visit to a medical institution)

が見られ、VASでは10分の5程度に軽快した。開始後6ヶ月では痛みはほぼ消失したが、寒冷時には疼痛がありVASでは10分の2程度になり、開始後1年で疼痛は完全に消失し、単純X線所見でも骨折部の中足骨の膨隆が減少し、骨改変の進行が見られた。1年経過時の骨スキャンではRIの異常集積は完全に消失した(図6)。

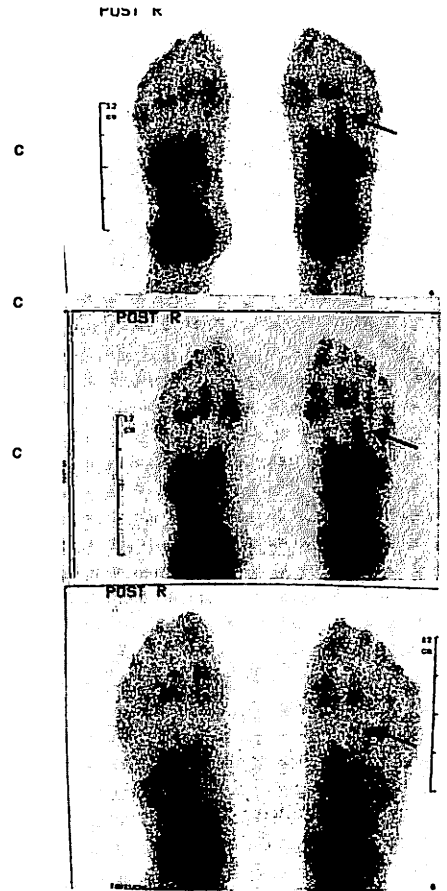


図6 骨シンチグラム  
a: 受診後1年 第3中足骨にRIの異常集積  
b: 受診後2年半(超音波治療前)、RIの異常集積に変化なし  
c: 超音波治療後1年、RI集積の消失  
Fig. 6 Bone Scintigraphy  
a: at the one year after first visit to a medical institution It is unusual accumulation of the radioactive isotope of the 3rd metatarsal bone  
b: at the two years and half after first visit to a medical institution (before ultrasonic medical treatment) no major change of accumulation of the radioactive isotope  
c: at the one year after ultrasonic medical treatment disappearance of accumulation of the radioactive isotope

#### IV. 考 察

現在、日本国内では超音波による骨折治療は骨折の遷延治療の場合や偽関節の場合にのみ健康保険の適応が認められ、骨折治療経過の短縮などからその効果が認められているが、疲労骨折に対し

ては未だに適応が認められていない。

今回、我々はスポーツ選手の難治性と言われていた跳躍型脛骨疲労骨折の2例、さらに約2年半もの間の保存療法に抵抗した中足骨疲労骨折の1例の合計3症例に対し、低出力超音波パルスによる超音波療法を行ない良好な結果が得られ、しかも難治性と言われる脛骨の跳躍型疲労骨折の場合はスポーツ活動がある程度継続しながら改善が得られた。

難治性骨折を規定することは難しさがあるが、跳躍型疲労骨折は難治性といわれており、また自覚症状に乏しいことからスポーツ活動中に完全骨折を起こす例もあると言われていた<sup>2, 3)</sup>。脛骨はその形態をみると前方にわずかにカーブしており、ジャンプ動作などの衝撃が長軸方向に加われば脛骨前方皮質に引っ張り応力が働き、後方には曲げ応力が作用して損傷に至ると言われている<sup>4)</sup>。さらに脛骨中央部は筋肉や髄組織などの軟部組織の付着がないため、血流分布が乏しく損傷が起こると修復には不利となる<sup>5)</sup>。

疲労骨折の治療の主体は原因となるストレスの排除が第1選択であり、通常の疲労骨折では約70%は12週間以内に治癒すると言われていた<sup>6)</sup>。今回の症例のように19歳テニス選手の場合では競技中止による6ヶ月間(24週間)の保存療法では改善がみられず治療に抵抗した。中足骨の疲労骨折では超音波療法開始まで約2年5ヶ月経過しており、通常の骨折でも半年以内に大部分に骨癒合が得られることを考えれば難治性と言わざるを得ない。

超音波療法が骨癒合促進するメカニズムはさまざまな報告がみられるが、物理的メカニズムによるものでは超音波の音圧刺激が細胞系へ機械的刺激を与えると、Goldberg (1997) は動物モデルで血流増加を示し、Bolander (1997) は蛍光顕微鏡を使用して超音波照射後に細胞内Caの流入が促進されるとし、Wang (1994)<sup>7)</sup> や水野らは実験的な偽関節に対して内軟骨性骨化を再び活性化し骨癒合過程を促進させるとしている。すなわち難治性骨折では骨折間の内軟骨性骨化過程

に参与する軟骨細胞群が活性を失い線維性細胞群に退化するが、これに超音波刺激をすると、軟骨群が活性化されて骨癒合が再び促進すると言われている<sup>8)</sup>。

このような骨癒合促進するメカニズムは疲労骨折においても有効と考えられ、今回のVAS (Visual Analog Scale) による改善度、単純X線所見、骨シンチグラムの所見による効果の判定では、経過期間との対比より有効性が十分あると考えられた。

自覚症状についてはVASにより超音波療法開始後1ヶ月で2例が半減しており、残る1例も2ヶ月でほぼ半減した。単純X線所見では跳躍型疲労骨折の2例とも骨改變層 (umbauzone) の縮小がみられたが、完全消失には16ヶ月と18ヶ月を要した。中足骨の場合でも超音波療法の開始後約1年で骨の改變 (remodeling) の明らかな進行が見られた。骨シンチグラムでは療法開始3ヶ月でバスケット選手にRI集積の減少がみられ、2年半の保存療法に抵抗した社会人の場合に、約1年で集積像の消失がみられた。

このようにいずれの評価でも有効性が考えられ、遷延治癒骨折や偽関節などと同様に疲労骨折にも有効であると考えられた。さらに超音波療法が骨折部の生物学的活性が残っている場合に有効であることを考えれば疲労骨折は良い適応と思われる。

今回の超音波療法は低出力超音波パルスで画像診断に用いられているレベルの低出力であり、人体に自覚する不快感がなく在宅で治療することが可能であり、約20分間の時間で効果が期待でき、時間の限られたスポーツ選手の疲労骨折には簡便で良い方法と思われる。しかも今回の例のように難治性と言われる疲労骨折で競技をある程度を継続しながら治癒が得られたことは、競技の継続志望が強いスポーツ選手には有効な治療手段と考えられた。

## V. 結 語

1. スポーツ選手に発生した3例の難治性疲労骨折に対して、低出力超音波パルスを用いて治療し良好な結果を得た。
2. 跳躍型疲労骨折の2例は、競技を継続しながらの超音波療法で骨癒合が得られた。
3. 超音波療法は難治性骨折以外の疲労骨折に対しても有効であった。
4. 競技の継続志望の強いスポーツ選手の疲労骨折には、在宅加療が可能な低出力超音波パルスによる治療は有効な手段と考えられた。

### 参考文献

- 1) Zwas ST, Elkanovitch R, and Frank G: Interpretation and classification of bone scintigraphic findings

in stress fractures. *J Nucl Med*, 28: 452-457, 1987.

- 2) Green NE, et al.: Nonunions of stress fractures of the tibia. *Am J Sports Med*, 13: 171-176, 1985.
- 3) Blank S: Transverse tibial stress fractures-A special problem. *Am J Sports Med*, 15: 597-602, 1987.
- 4) Ekenman I: Local bone deformation at two predominant sites for stress fractures of the tibia: an in vivo study. *Foot Ankle Int*, 19(7), 479-484, 1998.
- 5) 佐々木良介: 跳躍型疲労骨折の病態と治療, 関節外科, 19(6), 81-87, 2000.
- 6) 大田美穂ほか: スポーツに伴う疲労骨折の実態, 疲労骨折—スポーツに伴う疲労骨折の原因・診断・治療・予防—. 武藤芳照編, 文光堂, 1998, 19-58.
- 7) Wang S-J et al.: Low intensity ultrasound treatment increase strength in a rat femoral fracture model. *J Orthop Res* 12: 40-47, 1994.
- 8) 水野ほか: 超音波骨折治療の現況, 整・災外, 43, 213-223, 2000.

# 女子柔道選手における大学柔道部 入部後の身体的変化の特性について

—レギュラー選手と非レギュラー選手を比較して—

恩田哲也 (スポーツ医科学研究所) 有賀誠司 (スポーツ医科学研究所)  
中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)  
宮崎誠司 (医学部整形外科) 白瀬英春 (体育学部武道学科)  
中西英敏 (体育学部武道学科)

The study on the changing of body composition of women students Judo players  
— the comparison between elite Judo player and non-elite Judo player —

Tetsuya ONDA, Seiji ARUGA, Yutaka NAKAMURA, Tamotsu TERAOKA, Seiji MIYAZAKI,  
Hideharu SHIRASE, Hidetoshi NAKANISHI and Takehisa IWAKAWA

## Abstract

This study will attempt to analyze the body composition of the difference between elite judo players and non-elite judo players after one year since they entered University. Sixteen female University Judo club members were divided into two groups (Group A : elite Judo players, Group B : non-elite Judo players) on this research. The following measurements were used the Hologic QDR-4500 such as body weight, body muscle volume, body fat volume, body bone volume and Bone Mineral Density (BMD).

The results showed were as follows.

In Group A, there was decreasing of their body weight and it was mainly caused by their fat volume of entire body parts. While, body muscle volume and body bone volume were not changed.

In Group B, the body weight was not changed. However, the fat volumes in the lower limbs (JIKUASHI & HI-JIKUASHI) and the muscle volume in JIKUASHI were decreasing although BMD was increasing. (Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 41-47, 2002)

## I. 序 論

運動競技のパフォーマンスに影響を与える要素として、筋肉、脂肪、骨などを中心とする組織の

割合を示す身体組成が上げられる。一方、競技者は長年の競技生活を送ることにより、身体は競技特性を踏まえた、その競技に適した体つきになっていくと思われる。相撲などの様に、体重制限がなく、筋力やパワーなどが勝負を左右するような競技では、絶対的な筋量の多さを必要とするもの



の、マラソンやクロスカントリーなどの長時間にわたる持続的な運動においては、脂肪量が少ないとことがよいとされ、競技結果としての関連性も指摘されている<sup>1)</sup>。

柔道競技の場合において、男女試合時間は5分であり、場合によっては1日数試合行われ、不規則に筋力、パワー、持久的要素が複雑に絡み合っている。また、女子においては、競技を始める年齢や選手としてのピークの年齢層もまちまちであり、競技スポーツとして柔道をおこなう年齢等も幅広い。

そこで、競技レベルの違いによる、身体組成に及ぼす柔道競技の影響及び変化を把握することを目的とし、女子柔道選手を対象に、体重、筋肉量、脂肪量等を身体部位別にそのの違いを観察し検討を行った。

## Ⅱ. 方 法

対象は東海大学女子柔道部員16名であり、グループ分けにおいては、高校時に全国大会で上位入賞し入学当初の1年次よりレギュラーで公式戦で活躍したグループをA（8名）とし、それ以外の対象者をグループB（8名）とした。

測定項目については、体重、筋肉量、体脂肪量、体脂肪率、骨量、骨密度（BMD）を、測定部位

に関しては全体の他に、引手（相手と組んだ時、主に袖を持っている手）、釣手（主に相手の襟を持っている手）体幹、軸足（技を試みたとき、体を支える足）、非軸足（軸足に対して反対の足）における質量、筋肉量、体脂肪量をHologic社製、QDR-4500Aを用い二重エネルギーX線吸収法（DXA法）で計測した。被験者の測定時期は1回目を大学入学後3ヶ月以内、2回目を1回目測定後、最短12ヶ月から最長18ヶ月の間に行い、試合前の体重コントロールの影響も考え、試合前後20日間の間のある時期に測定を行った。測定1回目と2回目の比較に対しては、T検定を用い5%水準で、その差の有無を判定した。

## Ⅲ. 結 果

図1はグループAとグループBの体重・筋肉量・脂肪量及び体脂肪率をそれぞれ入学直後（1回目）と一年後（2回目）の平均値を示している。体重に関してはグループAの入学時が、最も高い $67.5 \pm 5.0\text{kg}$ であり、一年後の2回目の測定においては $2.4\text{kg}$ 減少の $65.1 \pm 5.3\text{kg}$ となり、有意な差が認められた（ $P < 0.01$ ）。一方、グループBに関しては、1回目の測定では $63.6 \pm 10.3\text{kg}$ あったのが、2回目では $62.4 \pm 11.4\text{kg}$ と $1.2\text{kg}$ の減少がみられたものの、それぞれの値の間での有意な差は認

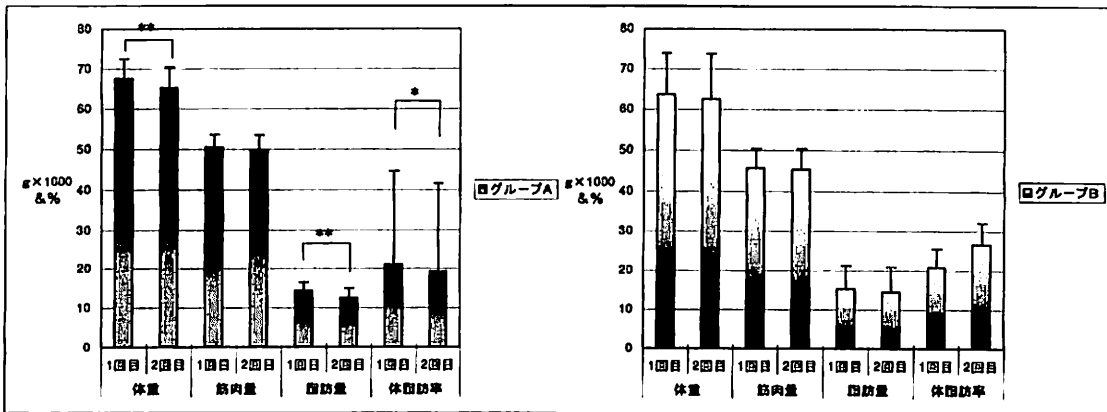


図1 体重・筋肉量・脂肪量・体脂肪率  
Fig. 1 The body weight, body muscle volume, body fat volume and body fat %

められなかった。筋肉量に関してグループAでは、1回目では $50.5 \pm 3.1\text{kg}$ であり、2回目では $49.9 \pm 3.6\text{kg}$ と約 $0.6\text{kg}$ の減少がみられた。グループBでも同様に1回目が $45.7 \pm 4.7\text{kg}$ であったのに対し、2回目は $45.4 \pm 5.1\text{kg}$ と僅か $0.3\text{kg}$ の減少であった。グループA、B双方1回目と2回目の値での有意な差は認められなかった。脂肪量では、グループAは1回目 ( $14.3 \pm 2.2\text{kg}$ ) に対し2回目は $1.8\text{kg}$ 減少の $12.5 \pm 2.4\text{kg}$ であり、これらの値で有意な差が認められた ( $P < 0.01$ )。しかし、グループBにおいては、1回目は $15.4 \pm 5.8\text{kg}$ であり、2回目は $15.4 \pm 6.4\text{kg}$ と $0.9\text{kg}$ の減少であったが有意な差は認められなかった。体脂肪率に関しても脂肪量と同様の傾向を示し、グループAに関して

$21.1 \pm 2.1\%$ から $19.2 \pm 2.7\%$ と $0.9\%$ の減少があり有意な差が認められた ( $P < 0.01$ )。グループBでは、1回目の値が $23.4 \pm 4.8\%$ から、2回目は $22.5 \pm 5.4\%$ と $0.9\%$ の減少があったものの有意な差は認められなかった。

図2はグループAとグループBの入学当初(1回目)と一年後(2回目)の身体全体の骨量と骨密度を示している。骨量に関しては、グループAは $2668.9 \pm 185.6\text{g}$ から $2700.4 \pm 194.6\text{g}$ と $31.5\text{g}$ の増加があった。グループBでも、1回目の値が $2532.0 \pm 242.7\text{g}$ から、2回目は $2544.0 \pm 248.7\text{g}$ と僅かではあるが $12\text{g}$ の増加がみられた。しかしながら両グループとも有意な差は認められなかった。骨密度ではグループA、グループBそれぞれ $1.23\text{gms/cm}^2$  (A:  $\pm 0.033\text{gms/cm}^2$ , B:  $\pm 0.027\text{gms/cm}^2$ ) が $1.24\text{gms/cm}^2$  (A:  $\pm 0.058\text{gms/cm}^2$ , B:  $\pm 0.060\text{gms/cm}^2$ ) と $0.01\text{gms/cm}^2$ の増加がみられた。また、グループBにおいては有意な差も認められた ( $P < 0.05$ )。

図3はグループAとグループBにおける入学当初(1回目)と一年後(2回目)の身体部位別量を示している。引手では、グループAでは $4046.6 \pm 472.1\text{g}$ から $3968.1 \pm 341.2\text{g}$ とほとんど変化なく僅か $78.5\text{g}$ の減少で、一方、グループBでは1回目が $3893.8 \pm 808.0\text{g}$ であったのに対し、2回目は $3620.1 \pm 748.5\text{g}$ と $273.7\text{g}$ の減少がみられ、有意な差が認められた ( $P < 0.05$ )。釣手に関して

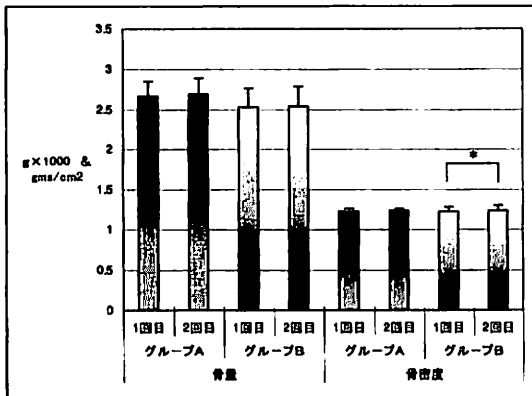


図2 骨量と骨密度  
Fig. 2 The body bone volume and BMD

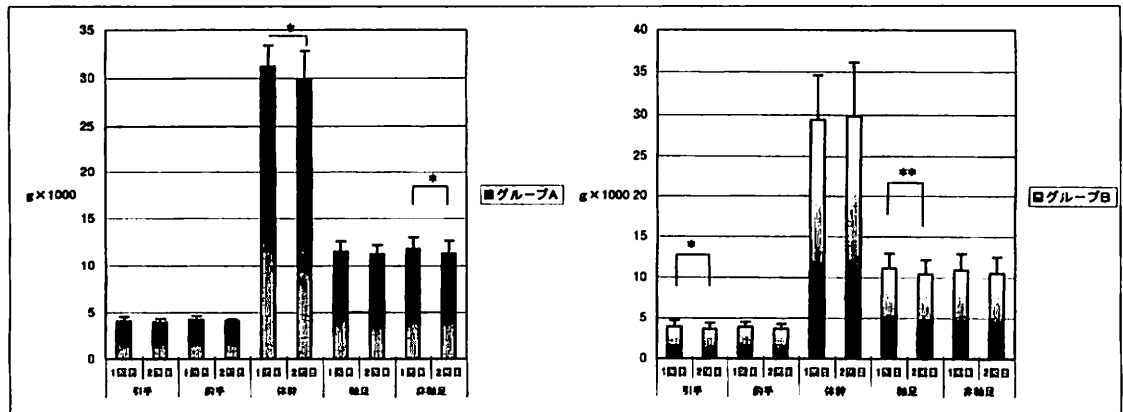


図3 身体部位別の重量  
Fig. 3 The weight in each body parts

は、各グループにおいて有意な差は認められなかったものの、グループA、グループB、それぞれ  $4217.4 \pm 428.6\text{g}$  が  $4113.8 \pm 179.0\text{g}$ 、 $3893.8 \pm 808.0\text{g}$  が  $3620.1 \pm 748.5\text{g}$  と  $103.6\text{g}$ 、 $273.7\text{g}$  の減少がみられた。体幹 (Trunk) に関して、グループAでは入学当初の  $31176.6 \pm 2153.7\text{g}$  から一年後の値は  $29787.8 \pm 2968.7\text{g}$  と  $1388.8\text{g}$  減少し、有意な差が認められた ( $P < 0.05$ )。グループBではグループAとは反対に、 $29417.5 \pm 5188.1\text{g}$  から一年後には  $29848.0 \pm 6245.3\text{g}$  と僅か  $430.5\text{g}$  であるが増加がみられた。しかしながら、グループBにおいては有意な差はみとめられなかった。軸足に関しては、グループAでは1回目が  $11478.2 \pm 1097\text{g}$  から2回目の  $11222.0 \pm 970.6\text{g}$  と  $256.2\text{g}$  の減少がうかがえた。グループBでは  $11136.9 \pm 1803.2\text{g}$  の値を1回目で示し、2回目では  $10428.6 \pm 1728.4\text{g}$  と  $273.7\text{g}$  の減少がみられ、グループBの軸足に関しては、有意な差が認められた ( $P < 0.001$ )。非軸足においてグループAでは、1回目  $11774.6 \pm 1208.9\text{g}$  で、2回目では  $11301.3 \pm 1351.9\text{g}$  と  $473.3\text{g}$  の減少があり、グループBでも1回目が  $10927.9 \pm 2005.2\text{kg}$  であったのに対し、2回目は  $10542.9 \pm 1995.31\text{kg}$  と  $385.0\text{kg}$  の減少であった。しかしながら、グループAでは有意な差が認められた ( $P < 0.05$ ) もの、グループBではその差においては有意性は認められなかった。

回目) と一年後 (2 回目) の身体部位別の筋肉量を示している。引手に関する筋肉量は、グループAでは入学当初の  $2995.2 \pm 249.7\text{g}$  から一年後の値は  $3015.4 \pm 216.0\text{g}$  と僅かであるが  $20.9\text{g}$  の増加がみられた。一方、グループBではグループAとは反対に、 $2700.1 \pm 428.9\text{g}$  から  $2570.2 \pm 398.2\text{g}$  と逆に  $129.9\text{g}$  の減少がみられた。しかしながら、両グループとも有意な差はみとめられなかった。釣手でも有意な差は認められなかったものの、引手と同様な傾向を示した。グループAにおいては、1回目の値が  $3134.1 \pm 251.6\text{g}$  が  $3157.4 \pm 134.0\text{g}$  と  $23.3\text{g}$  の増加がみられ、グループBでは反対に  $2696.0 \pm 414.1\text{g}$  が  $2586.7 \pm 311.2\text{g}$  と  $109.3\text{g}$  の減少がみられた。体幹では、引手及び釣手の傾向とは反対に、グループAでは  $24998.7 \pm 1484.7\text{g}$  から  $24411.3 \pm 2083.8\text{g}$  と  $587.4\text{g}$  の減少がみられたものの、グループBでも1回目が  $22433.7 \pm 2057.6\text{g}$  であったのに対し、2回目は  $22821.7 \pm 2533.6\text{g}$  と  $388.0\text{g}$  の増加がみられた。両グループでの有意な差は認められていない。軸足に関しては、グループA、グループBともに1回目と2回目の値で有意な差が認められた ( $P < 0.01$ ) もの、グループAでは  $035.7 \pm 775.7\text{g}$  から  $8192.7 \pm 786.8\text{g}$  と  $157.0\text{g}$  の増量がみられたのに対し、グループBでは  $7535.8 \pm 1004.6\text{g}$  から  $7174.7 \pm 838.6\text{g}$  と逆に  $361.1\text{g}$  の減少がみられた ( $P < 0.01$ )。非軸足において、グループAで軸足とは反対に、1回目が

図4はグループAとグループBの入学当初 (1

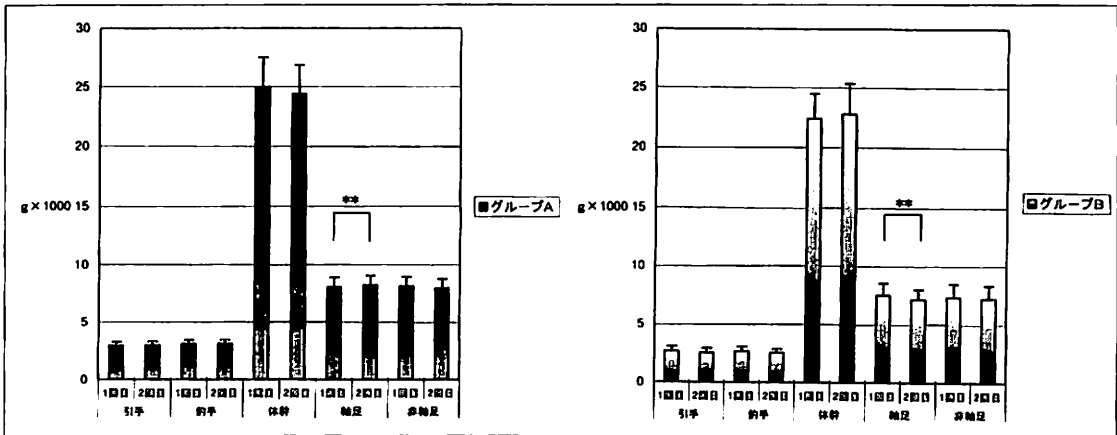


図4 身体部位別の筋肉量  
Fig. 4 The muscle volume in each body parts

8098.4±701.4gで、2回目では7922.5±750.8gと175.9gの減少がみられた。グループBは1回目7367.8±1115.1gであったのに対し、2回目は7268.0±1075.2gとグループA同様に、僅かであるが99.8gの減少みられた。しかしながら、グループA、Bともに有意な差は認められなかった。

図5はグループAとグループBの入学当初と一年後の身体部位別の脂肪量を示している。引手に関する脂肪量は、グループAでは1回目864.4±236.9gで、2回目759.2±167.8gと105.2gの減少がみられ、グループBについても同様に、1回目1015.8±457.2gで、2回目880.2±406.2gと135.6gの減少がみられ、双方のグループで有意な差も認められた (P<0.05)。釣手においても、グループAでは879.0±197.1gが747.7±126.1gと131.3g減少し、有意な差も認められた (P<0.05)。しかしながら、グループBでは、993.4±338.0gが873.±337.4gと119.7gの減少がみられたものの、有意な差は認められなかった。体幹では、グループAでは5392.1±942.0gから4597.3±1219.1gと794.8gの減少がみられ、有意な差も認められた (P<0.05)。グループBでは逆に、有意な差は認められなかったものの、1回目6244.7±3239.6gであり、2回目においても6265.7±3765.2gと僅かだが21gの増加であった。軸足においては、グループAでは3066.3±526.0gから2720.0±546.1gと346.3gの減少がみられ、有意な差が認められた (P<0.05)。グループBでは

3147.4±872.4gから2810.4±925.3gと337.0gの減量がみられ、グループA同様に有意な差が認められた (P<0.01)。一方の非軸足においても軸足同様に、グループAでは3130.4±435.7gから2752.1±524.0gと378.3gの減少がみられ、有意な差が認められ (P<0.01)、脂肪量ではグループAは、すべての部位での減少が認められたことになる。グループBでも非軸足では3113.5±954.5gから2833.7±958.8gと337.0gの減量がみられ、非軸足においても、グループBでは有意な差が認められた (P<0.05)。

#### IV. 考 察

運動競技を行う上で、そのパフォーマンスに影響を与える要因の一つに身体組成があり、大きく分け筋量、脂肪量、骨などがそれにあたる。そして、それらは競技を継続し行っていく上で、競技にあった身体形成を促がすと思われる。そこで今回の測定では、高校時及び大学1年時において全国レベルで活躍したグループと、それ以外のグループとを、大学入学当初と一年後の身体組成の変化の違いを観察した。表1は今回測定した部位における1回目の測定と2回目の測定における統計的差の有無を表している。

身体全体では、グループAにおいて体重、筋肉量、脂肪量、骨量、のうち、差が認められたのは

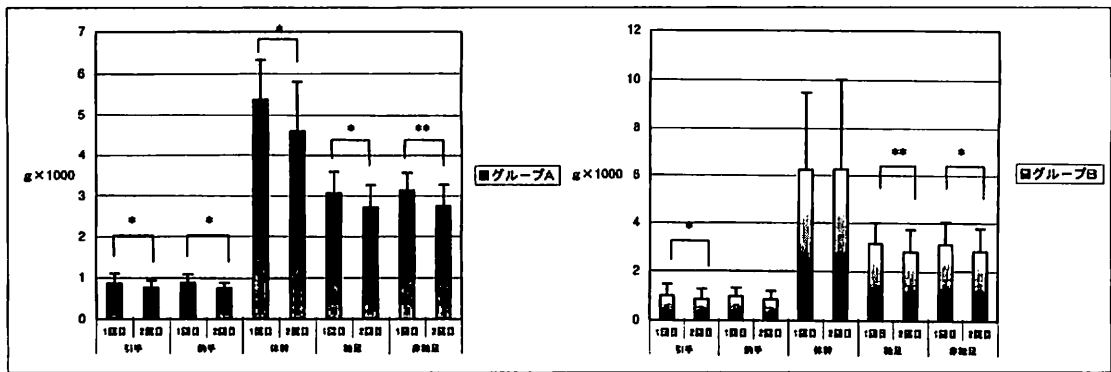


図5 身体部位別の脂肪量  
Fig. 5 The fat volume in each body parts

表1 入学時と1年後における統計的差の有無  
Table 1 The significant defference between 1st measurement and 2nd measurement

全体	グループA	体重量	引手	釣手	体幹	軸足	非軸足
	グループB	**↓	*↓		*	**↓	*
筋肉	グループA	全体量	引手	釣手	体幹	軸足	非軸足
	グループB					**↓	**↓
脂肪	グループA	全体量	引手	釣手	体幹	軸足	非軸足
	グループB	**↓	*↓	*↓	*↓	*↓	**↓
		体脂肪率	骨量	骨密度			
グループA	*↓						
グループB				*↓			

\*\* P<0.01  
\* P<0.05

体重、脂肪量であり、筋肉量及び骨量ではその差は認められなかった。又、体脂肪率と骨密度に関しては、体脂肪率では1回目と2回目の間に減少が認められたものの、骨密度に関しては、その差は認められなかった。一方、グループBではこれら6項目のうち5項目において、その差は認められなかった。唯一1回目と2回目の差が認められたのが、骨密度の増加であった。これらのことは、グループAに関しては、脂肪量の減少が体重及び身体組成の変化に現れたことになるが、これに対しグループBでは筋肉、脂肪量の変化は体重、身体組成等には大きく変化として現れず、柔道選手が骨密度が高いことから<sup>2) 3)</sup>、柔道競技特性の骨の変化に依存しているのかもしれない。

部位別にこれらの関係をもてみると、引手に関してはグループAでは脂肪量のみ減少であるのに対し、グループBでは引手の全体の重さと脂肪量に減少が認められた。この事は、グループAでは、引手における全体に対して脂肪量の割合が約21%と小さいのに対して、グループBではその割合が高く(約26%)なり、脂肪量の減少が大きく引手全体の量に影響を与えた結果であると考えられる。釣手に関しては、グループAでは脂肪量のみ減少が認められている。一方グループBでは、釣手では全体量、筋肉量、脂肪量と変化は認められていない。柔道を行う場合、通常、右組み、左組みとがあり、右組みの場合は引手に左上肢があたり、釣手が右上肢となる。左組みの場合はその逆となる。競技状況、技により引手及び釣手の使い方は異なり、技を掛けるにあたっては、引手は相手のバランスを崩す為、主に相手を引き出し

たり、1ヶ所に相手の重心を寄せたりする役割をはたしている。それに対し、釣手に関しては、その補助的な役割となっている。これらの動作の違いにより、グループBの様に、引手では違いが認められたものの、釣手では違いが生じなかったと考えることが出来る。体幹においても釣手と同様の傾向が示されている。グループAの、全体量、脂肪量の減少が認められた。このことは、体重同様、体幹における脂肪量の減少が体幹全体量の減少を導いていることが推測できる。一方、グループBでは、全体脂肪量、筋量、脂肪量のすべてにおいて変化が認められなかった。一般に男性の場合、運動などによる脂肪量の変化は腹部を中心とした体幹の脂肪量が減る傾向があり、競技女子柔道選手においても似たような傾向を示すが<sup>4-6)</sup>、今回の測定でも競技レベルの高いグループAにおいては同様のことが伺える。下肢における軸足では、全体量ではグループBのみが減少が認められている。グループAでは筋量において増加が認められ、脂肪量においては逆に減少が認められた。軸足における量そのものは入学時と変わらないものの、一年後においては軸足における筋肉の割合が多くなり、その分脂肪の割合が少なくなる、運動競技選手としてはふさわしい変化といえる。グループBにおいては、筋量、脂肪量の減少が認められている、このことは、軸足における筋肉及び脂肪の減少は、全体的量にまで影響している事になる。非軸足ではグループAでは全体量と脂肪量の減少が認められている。グループAにおいては、今回の測定では特に脂肪量の減少が測定部位すべてから認められており、非軸足及び体幹においては脂肪量の減少が全体量の減少に影響を与えていると思われる。一方、グループBにおいても非軸足では脂肪量の減少が認められており、下肢にあたる軸足、非軸足では脂肪量の減少が中心となっているようで、一般女性においては脂肪の付着しやすい部位<sup>7)</sup>の、臀部から大腿部の脂肪量の減少が多いことになる。

これらの事より、高校時及び大学入学後1年間、競技レベルの高いグループAでは大学入学後の身

体組成の変化は、ほとんど脂肪の減少によるもので、身体全体の脂肪量が減っている。これらは、高校のクラブ活動引退後の影響であると思われる、高校の一流バレーボール選手の実業団入社後の身体組成の報告と同様である<sup>8)</sup>。その理由として運動量の減少や、食事の量なども考えられ、筋肉量の減少が大きく起こる前に、脂肪の蓄積し、再度大学入学後競技に復帰した為であると思われる。一方、高校、大学入学後一年目に活全国的なレベルにおいて活躍しなかったグループBでは、現時点では体重面では大きな変化が確認できないものの、一般女性の身体組成から柔道の運動競技選手への身体組成に変化している段階であると推測できるものの、今後の追従した継続研究が必要である。

## V. まとめ

本研究では、競技レベルの違いによる、身体組成に及ぼす柔道競技の影響を把握することを目的とした。大学女子柔道選手16名を対象に、競技レベルの高いグループAと競技レベル低いグループBに分け、それぞれ大学入学時と入学後1年経過後にHologic社製QDR-4500Aを用い、体重、筋肉量、体脂肪率、体脂肪量(引き手、釣り手、体幹、軸足、非軸足)、骨量、骨密度(BMD)を測定し、身体的変化を観察し検討を行い以下のような結果を得た。

グループAでは体重の減少がみられ、主にそれは身体全体の脂肪量の減少によるものであると考えられ、特に体幹及び非軸足に関してはそれが著しい。筋肉量、骨量においては減少は認められなかった。

グループBでは体重の減少はみられず、下肢に当たる軸足、非軸足と上肢では引手の脂肪量の減少がみられ、その影響が部位における絶対量の減

少になっている。また筋肉量の減少も軸足にみられ、骨密度に関しては増加が見られた。

これらの事より、競技レベルの高いグループAでは大学入学後の身体組成の変化は、ほとんど脂肪の減少によるものであり、主に高校のクラブ活動引退後の運動量の減少といった影響によるもので、競技による身体組成は確立されているように思われる。一方、グループBでは、体重面を中心とし大きな変化が確認できないものの、一般女性の身体組成から柔道競技選手への身体組成に変化している段階である推測する。

## 参考文献

- 1) 阿部 孝：スポーツパフォーマンスと脂肪・筋肉，コーチングクリニック，10-12，11 (a-2)，1999.
- 2) 石井直方：筋と筋力の科学—筋・骨格系の仕組みとトレーニング—，フィジーク，No110，Feb，1999.
- 3) 林 泰史：骨粗鬆症における運動の意義と実際，臨床スポーツ医学，Vol. 16，No. 6，665-671，1999.
- 4) Despres J. P, Tremblay A, Nadeau A, Bouchard C: Physical training and change in regional adipose tissue distribution. *Acta Med Scand*; 723. 205-212. 1988.
- 5) Shimosaka H, Andres R, Coon PJ: Studies in the distribution of body fat II, longitudinal effects of change in weight. *Int J Obesity*; 13. 455-64. 1989.
- 6) 恩田哲也，有賀誠司，寺尾 保，中村 豊，宮崎誠司，白瀬英春，中西英敏：女子柔道選手の体重調整による体組成の変化，東海大学スポーツ医学雑誌，第12号，36-41，2000.
- 7) 阿部 孝，福永哲夫：日本人の体脂肪と筋肉分布，杏林書院，5-7，1995.
- 8) 篠原孝子：イトーヨーカードー・バレーボール部のウエイトコントロール，コーチングクリニック，12-15，12，2000.

# 保存による皮質骨の破壊じん性の変化に関する一考察

菊川久夫 (医学部医学科機能再建学系整形外科) 持田讓治 (医学部医学科機能再建学系整形外科)

A Study on Change of Fracture Toughness of Cortical Bone by Storage Method

Hisao KIKUGAWA and Joji MOCHIDA

## Abstract

To establish a preventive method against injuries caused by sports, it is necessary to clarify fracture characteristics of tissues. The object of this study was to examine the effect of formalin preservation on fracture toughness of cortical bone. Samples were taken from Haversian bone and plexiform bone in the vicinity of the posterior portion of one-third of the shaft of the bovine femur center. A compact tension specimen of 16-mm width was manufactured from the diaphysis by machining. Specimens processed and tested within 5 days under the freezing condition at a temperature of  $-30^{\circ}\text{C}$  were assigned to the normal group. Specimens of the formalin preservation group were prepared in the same way as the normal group specimen and preserved in 250 ml of a 10% formaldehyde solution. The period of formalin preservation was 2, 5, 15, 30, 60 or 90 days. An Instron material testing machine, Model 1000, was used for the fracture toughness test and the loading rate was set at 5mm/min. In an early stage, it was confirmed that fracture toughness of the cortical bone decreased with the highest figure showing a 28% reduction in fracture toughness when the method of formalin preservation was applied. This reduction occurred in a comparatively short period of about 15 days. In 90 days, fracture toughness increased again with an increase of period preservation. The results obtained in this experiment at study well expressed the accurate simulation model of bone fracture development using by finite element analysis.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 48-52, 2002)

## I. 緒 言

スポーツ外傷による骨折の発生影響因子として、骨の力学的特性が挙げられる。これら骨折予防に関しては、骨の破壊抵抗および骨折進展挙動を十分考慮した上でトレーニング等を行うべきである。

また近年、CAEのスポーツ工学への適用が進み、FEMが整形外科領域の各種骨折の力学シミュレーションに用いられるようになった<sup>1)</sup>。しか

し、破壊じん性をはじめとするヒトの骨の物性評価が統一的手法により把握されていないため、シミュレーション結果の信頼性については疑問の残るところである。

特に、実験室レベルにおいて、骨折挙動や骨の機械的特性を正確に決定するために、骨の保存の影響は最小限に保たなければならないが、入手される試料は必ずしも統一された保存処理がなされているわけではない。よって、その保存方法や保存期間が骨の物性に与える影響を把握する必要がある。

骨の力学的特性に与える保存の影響を調査した

研究は、冷凍保存に関する報告例がほとんどである<sup>2)</sup>。一方、医学分野においては生体組織の保存法としてホルマリン保存がよく用いられているが、これらが骨の破壊挙動に与える影響を詳細に調べた報告は見あたらないようである。

以上の観点から、本研究ではウシ大腿骨皮質骨よりコンパクトテンション試験片を製作し、静的モードI荷重下における破壊じん性試験を行ない、ホルマリン保存がウシ皮質骨の破壊じん性に与える影響について調査し、その変化のメカニズムについて考察した。

## II. 試料および実験方法

試料は図1に示すような生後14から15ヶ月のウシ大腿骨中央骨幹部1/3皮質骨である。図2は本実験で使用した試験片の見かけの密度 $\rho$ をワイブル確率紙上に整理した一例である。ワイブル分布の分布関数 $F(\rho)$ は次式で近似でき、数回の骨の購入に対してもほぼ同一の安定した分布を示すことを確認している。

$$F(\rho) = 1 - \exp\left[-\frac{\rho^m}{\alpha}\right] \quad (1)$$

ここで $m = 63.89$ 、 $\alpha = 3.86 \times 10^{20}$ である。

これらをASTM E399に準じて、図3に示すコンパクトテンション試験片を機械加工により製作

した。試験片に設けた初期き裂は、骨が持つ異方性の確認のため骨軸方向に水平に導入したものをL方向試験片、一方、これに直交する方向に導入したものをT方向試験片とした。また、ウシ皮質骨には異なった2種類の組織構造のHaversian bone (以後HBと略称する)と煉瓦状組織のplexiform bone (以後PBと略称する)とが混在するため、本実験では両皮質骨<sup>3)</sup>を用いて実験を行った。

試験片は屠殺後、 $-30^{\circ}\text{C}$ の冷凍保存下で、5日以内に加工および試験を完了させた試験片をNormal群 (以後N群)とした。また250mlの10%ホルムアルデヒド溶液中で保存したものを保存群とし、保存期間は2日(T方向試験片のみ)、5日、15日、30日、60日および90日とした。

破壊じん性試験にはインストロン材料試験機

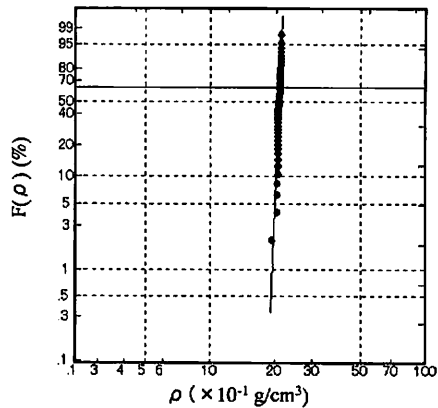


図2 ワイブル確率紙上にプロットされた骨密度分布  
Fig.2 Distribution of bone density plotted on weibull probability paper

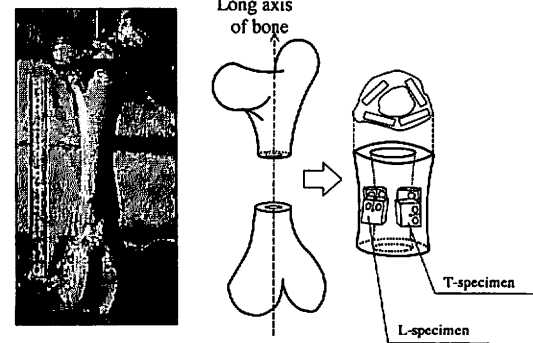


図1 試験片の採取部位  
Fig.1 Specimen preparation

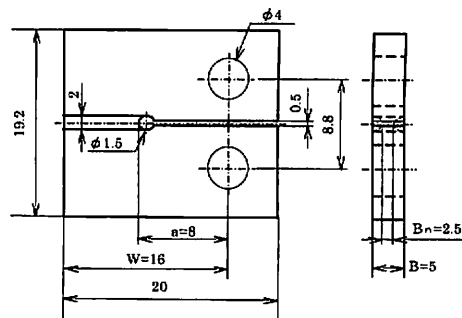


図3 コンパクトテンション試験片の外観と寸法 (単位mm)  
Fig.3 Compact tension specimen and dimensions (in mm)



(Model 1000) を用い、負荷速度は 5 mm/min (ひずみ速度  $\epsilon = 10^{-2} \text{s}^{-1}$ ) に設定した。

特製の固定チャックを用い、試験片に設けた 2 つのピン穴に通した鋼製ピンを介して引張力を加え、試験片が破断にいたるまで試験を行ない、この時の荷重-変位曲線を記録した。破壊じん性値  $K_c$  は、次式に示す Norman<sup>1)</sup>らの式を用いて算出した。

$$K_c = \frac{P_{\max}}{(BB_n)^{1/2} W^{1/2}} f(a/W) \quad (2)$$

$$f(a/W) = \frac{(2+a/W)}{(1-a/W)^{3/2}} \{0.886 + 4.64(a/W) - 13.36(a/W)^2 + 14.72(a/W)^3 - 5.6(a/W)^4\} \quad (3)$$

ここで  $P_{\max}$  は荷重-変位曲線における最大荷重、

$B$  は試験片厚さ、 $B_n$  はグループ部の厚さ、 $W$  は試験片幅、 $a$  はスリット長さおよび  $f(a/W)$  は形状因子である。N群と保存群の破壊じん性値の有意差検定は paired t-test により行なった。また、試験片の見かけの密度における、各群間の平均値の比較には一元配置分散分析を用いた。なお、表 1 に各グループにおける試験片の見かけの密度の平均値と標準偏差 (カッコ内) を示すが、各グループ間で有意な差は認められない事を確認している。

### Ⅲ. 実験結果および考察

表 2 に N群および保存群における破壊じん性値の平均値と標準偏差 (カッコ内) を示す。いずれの群においても T 方向試験片が L 方向試験片を上

表 1 試験片の骨密度  $\rho$   
Table 1 Bone density of samples

(g/cm<sup>3</sup>)

		Normal	2days	5days	15days	30days	60days	90days
L	Haversian bone	2.07 (0.05)	—	2.08 (0.04)	2.05 (0.10)	2.12 (0.03)	2.07 (0.05)	2.06 (4.93)
	plexiform bone	2.13 (0.03)	—	2.14 (0.04)	2.13 (0.04)	2.14 (0.03)	2.12 (0.06)	2.12 (0.05)
T	Haversian bone	2.04 (0.07)	2.02 (0.04)	2.06 (0.04)	2.03 (0.07)	2.09 (0.06)	2.09 (0.06)	2.10 (0.06)
	plexiform bone	2.09 (0.03)	2.09 (0.04)	2.09 (0.02)	2.10 (0.01)	2.13 (0.02)	2.12 (0.03)	2.12 (0.06)

表 2  $K_c$  値と保存期間の関係

Table 2 Relationship between average of  $K_c$  and period of preservation.

(MPam<sup>1/2</sup>)

		Normal	2days	5days	15days	30days	60days	90days
L	Haversian bone	4.31 (0.60)	—	3.99 (0.4)	3.61 (0.62)	3.62 (0.32)	3.87 (1.09)	3.89 (0.78)
	plexiform bone	4.21 (0.74)	—	3.62 (0.4)	3.25 (0.55)	3.05 (0.45)	3.67 (0.58)	3.52 (0.40)
T	Haversian bone	6.38 (1.21)	6.20 (0.56)	5.13 (0.81)	5.19 (0.82)	5.27 (1.10)	4.8 (0.89)	5.07 (0.53)
	plexiform bone	7.58 (0.59)	6.52 (0.80)	5.59 (0.78)	5.75 (0.78)	5.45 (0.85)	4.78 (0.96)	5.76 (1.25)

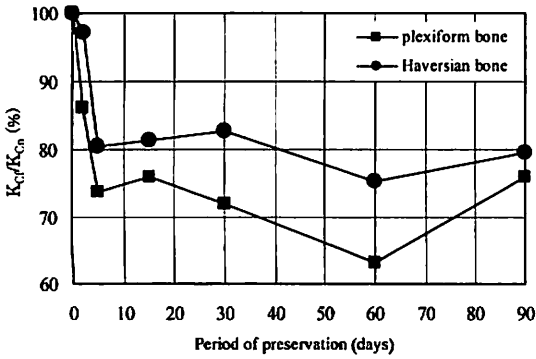


図4 T方向試験片における保存期間と $K_c/K_{c_n}$ の関係  
Fig.4 Relationship between  $K_c/K_{c_n}$  of transverse specimen and period of preservation

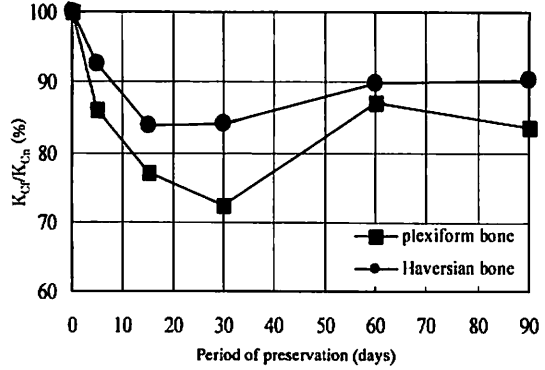


図5 L方向試験片における保存期間と $K_c/K_{c_n}$ の関係  
Fig.5 Relationship between  $K_c/K_{c_n}$  of longitudinal specimen and period of preservation

回っており、破壊じん性値はスリットの導入方向によって差が生じた。これは骨軸方向に平行に配向して存在するオステオン束、あるいはオステオン束や介在層板の主構成要素であるコラーゲン線維が軸方向に強化されていることに起因すると予想される。き裂はこれらを切断しながら進展するため、T方向試験片の場合、き裂抵抗を増大させたものと考えられる。

また、L方向試験片においては、HBが高い値を示しているのに対し、T方向試験片では逆の傾向が認められた。小松原<sup>5)</sup>らは生理食塩水中に保存したVノッチを有するコンパクトテンション試験片を用いて、同様な実験を行っている。これによるとき裂の導入方向によらずPBの $K_c$ 値がHBのそれより大きいと述べており、本研究のL方向試験片の結果と異なっている。この点については今後さらなる検討が必要である。いずれにしても保存群の $K_c$ 値はN群のそれより低い値を示した。

図4および図5は、N群における破壊じん性値の平均値 $K_{c_n}$ に対する保存群における破壊じん性値の平均値 $K_c$ の減少率と、保存期間の関係を、T方向およびL方向それぞれについて示している。T方向試験片(図4)において、PBはHBに比べ減少の割合が大きく、減少率 $K_c/K_{c_n}$ は保存開始直後から減少し、保存期間60日においてPBで37%、HBで25%減少した。一方、L方向試験片(図5)においてもその変化の傾向はT方向試験片とほぼ同様で、保存期間30日においてPBで

28%、HBで16%減少した。減少率は全体を通してT方向試験片のほうが顕著に大きく、これは、ホルムアルデヒドが持つタンパク質を不可逆的に凝固させる性質により、皮質骨中に含まれるタンパク質成分であるコラーゲン線維がホルマリン保存により変性、つまり脆化し、骨のき裂進展を容易にさせたものと考えられる。特に、コラーゲン線維は骨軸方向の機械的特性の強化に貢献しているため、T方向試験で保存の初期に顕著な低下を認めたと推察する。

しかし、T方向試験片で保存期間60日以降、L方向試験片で30日以降において再び $K_c$ 値の増加傾向が認められた。このことはホルマリンにより変性されにくい、皮質骨のもう一つの主構成要素である hidroキシアパタイトが、この時期にわずかではあるが脱灰し、これにコラーゲン線維の脆弱化が加わり、骨内にマイクロクラックが発生しやすくなると推察される。そしてマイクロクラックは主き裂進展に、き裂近傍組織の応力緩和効果により破壊抵抗を再び向上させたものと考えられる。

田中<sup>6)</sup>らは、鶏の長管骨を用い、静的3点曲げ試験を行ない、ホルマリン保存の影響を調査しており、皮質骨の巨視的挙動に与えるホルマリン保存の影響は少ないようである。むしろホルマリン保存によるコラーゲン線維の変性は、皮質骨の破壊挙動に大きな影響を及ぼすことが本研究により初めて明らかとなった。

従来までに我々は、スポーツによる骨折メカニズム解明の目的で、スポーツ活動中に生じる各種衝撃荷重<sup>7, 8)</sup>、個体差による物性のばらつきをあらかじめ考慮に入れた評価<sup>9)</sup>、試験法の確立<sup>10)</sup>および比較的短期間によるホルマリン保存の影響<sup>11)</sup>についての骨の破壊じん性評価を系統的に行ってきた。本報告では、皮質骨の破壊じん性に与える長期間のホルマリン保存の影響について詳細に検討した。

以上の成果は、スポーツ選手の疲労骨折等の障害をより正確に把握するために重要な知見を与え、今後行う体内の状態に出来るだけ近い条件での力学シミュレーションモデル構築に寄与すると考えている。

なお、本研究の一部は第27回日本臨床バイオメカニクス学会で報告した。試験片の製作にご協力いただいた本学工学部（機械系工場）佐藤清技師補に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 菊川久夫, 戸松泰介, 康井義明: 有限要素法による骨軟骨損傷の力学的検討, 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vol. 19, 371-375, 1998.
- 2) 例えば, Pereira, K, S. Khong, T. H. Ng and T. S. Loang: The Influence of Ultra Low Freezing (-150°C) on the Torsional Property of Canine Diaphyseal Femur, 7th International conference on Biomedical Engineering, 445-448, 1992.

- 3) 坂本 信, 中島 豪, 佐藤朋永, 坂井 淳, 原利昭: 皮質骨の微小硬さと力学的曲げ特性との関係, 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vol. 20, 231-236, 1999.
- 4) T. L. Norman, D. Vashishth and D. B. Burr: Effect of Groove on Bone Fracture Toughness, J. Biomech., Vol. 25, 1489-1492. 1992.
- 5) 小松原和章, 田辺裕治, 原 利昭: ウシち密骨の破壊靱性評価, 日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, No. 930-71, 57-58, 1993.
- 6) 田中茂雄, 渡辺恵美子, 原 利昭, 長谷川和宏, 高橋栄明: 骨の力学的およびAE特性に及ぼすホルマリン保存の影響, Vol. 15, 1-6, 1994.
- 7) 菊川久夫, 康井義明, 戸松泰介: 皮質骨の破壊じん性に及ぼすひずみ速度の影響, 日本材料学会誌「材料」, Vol. 49, No. 3, 327-333, 2000.
- 8) H. Kikugawa, T. Ttomatsu, Y. Yasui: Journal of Japanese Society for Clinical Biomechanics and Related Reseach, Vol. 20, 193-196, 1999.
- 9) 菊川久夫, 福田宏明, 康井義明: 皮質骨の破壊靱性について, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第12号, 62-66, 2000.
- 10) 菊川久夫, 福田宏明: 皮質骨の破壊じん性評価, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第13号, 61-66, 2001.
- 11) 菊川久夫, 福田宏明, 今村 亮, 康井義明: ウシ皮質骨の破壊じん性に及ぼすホルマリン保存の影響, 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vol. 22, 85-88, 2001.

# 運動選手を対象とした リアルタイム生体遠隔測定装置の改良

大塚義明 (工学研究科電気工学専攻) 小林崇幸 (工学部電気工学科)

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) サンドウー・アダルシユ (電子情報学部電気電子工学科)

## Improvement of Real-time Biotelemetry device for Athletes

Yoshiaki OTSUKA, Takayuki KOBAYASHI, Tamotsu TERAO and Adarsh SANDHU

### Abstract

We report on the features of a new compact and lightweight telemetric system for the remote and real-time measurement of EEG, pulse rate and blood oxygen level signals of athletes during actual outdoor practice sessions. The various signals are digitally monitored and can be transmitted by a lightweight PHS system to PC terminals located anywhere within Japan. The raw data is stored and can be analyzed in real time or after the completion of the training session. The system will be important as a means of monitoring both brain activity and conventional bodily function such as heart rate and oxygen intake during actual racing conditions.  
(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 53-57, 2002)

### Ⅰ. 緒 言

現在我々が研究している走者の分析<sup>1)</sup>においてはオキシメータや脳波測定器を用いている。これらの装置はリアルタイムに測定が可能であるが、現在の実験においては測定終了後に蓄積されたデータを分析してその結果を検討している。

リアルタイム性のあるこれらの装置による測定データを即座に分析し、運動中の選手などになんらかの手段で伝えることによって即座に反映させることができるため、体で感じながら最良の状態に近づけるものと考えられる。

ここで問題となるのが、このデータの伝送方法

とデータ分析である。

データ伝送については、一般的に大きく距離を離れて測定を行える装置というのはあまりない。なぜなら、大電力の無線装置では、まず、無線装置の大型化が問題となる。大型化すると当然重量もかさみ、選手への負担が大きくなる。装着してもらう装置の場合、小型化及び軽量化は大変重要である。

そこで我々はまずデータ伝送を行う装置としてPHS<sup>2, 3)</sup>に着目した。PHSはデジタル通信装置であり、エリア内であればどこでも測定が行える装置である。また、一般の携帯電話と比べても高速通信が可能であり、通信コストも比較的低い。データ通信におけるエラーについても補正を行う機構が組み込まれている。

データ受信および分析を行う装置については、使い勝手のよさや、PCの普及率からWindows機を利用することとした。また、リアルタイムに処理を行うため、Windowsのプログラムを行う言語でも一番実行速度が早いとされる Visual C++を用いてプログラム開発を行った。

この装置は既に今年初めには第一号機が完成し、テストを行ってきたが、改良をおこない、装置の小型化と操作性の向上を行ったので、報告する。

## II. システム

### 1. 構成

システムの構成図を図1に示す。装置は大きく分けると被験者に装着する送信装置側と受信装置側と分かれる。送信側装置の構成としては各種の測定器と制御装置、そして送信側のPHSユニットから構成されている。

運動中の人に装着する装置にかかる振動はとも大きく、一般的なハードディスクなどを用いているPCなどでは振動によって装置に損傷が起こる可能性がある。また、スポーツを行っている最中の測定を行うためには、被験者の負担をできる

だけ減らす必要がある。このため、送信装置は小型でなおかつ軽量である。マイコンを内蔵した制御回路、PHSモデム、そして脳波測定器から構成されている。耐衝撃性をもったシステムが必要とされる。そこで我々はメモリを内蔵し、多機能なマイコンである、Microchip Technology社のPIC16F873を用いてこのシステムを構成した。このマイコンは周辺回路をパッケージの中に内蔵しており、極めて少ない部品で機能を構成することが可能である。また、内蔵のメモリは192バイトあるため、簡単なバッファであれば構成可能である<sup>1)</sup>。

### 2. 改良点

新型装置の写真を図2に示す。従来型においては制御装置の寸法が140×90mmあったが、今回の装置では60×90mmと小型することができた。前はテスト用のために追加パーツの搭載などを考慮していたため、基板をユニバーサル基板で組んでいたが、これでは回路の信用度、小型化の面で問題があったため、小型基板を発注し、さらなる小型化を図った。新型基板を図3に示す。また、この基板の再設計の際に回路をもう一度組み直したため、1.5Wほど消費していた従来型に比べ、0.6Wほどと半分以下の電力消費にすることがで

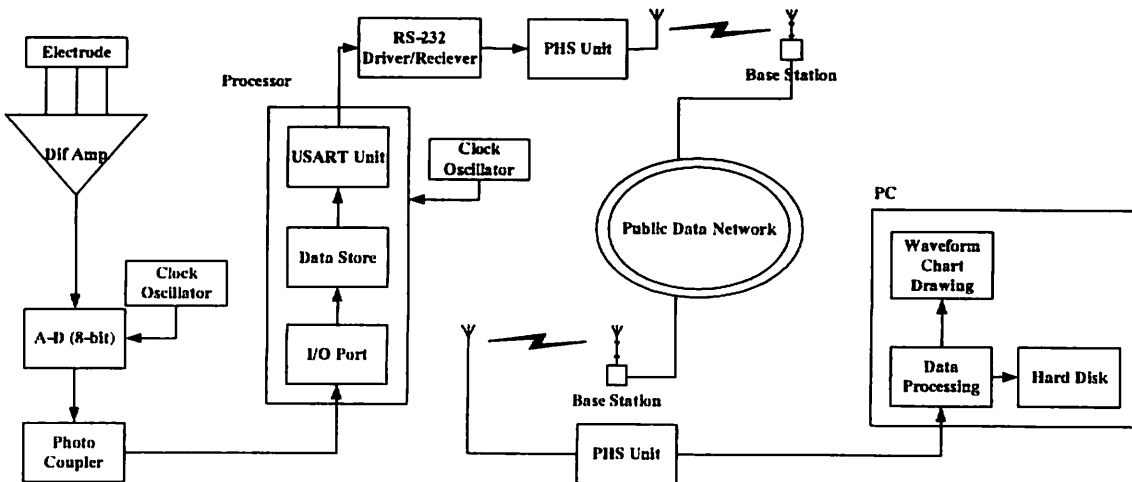


図1 システム構成  
Fig. 1 System Setup

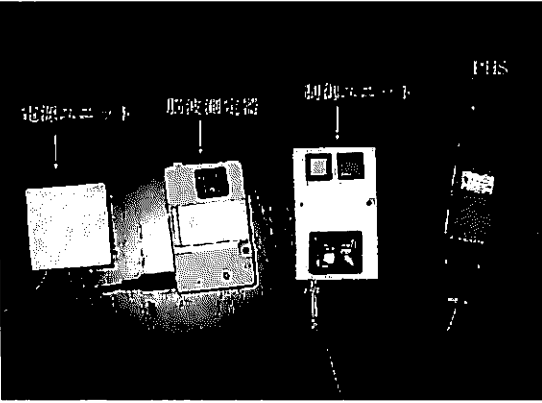


図2 新型装置  
Fig. 2 New Model Device

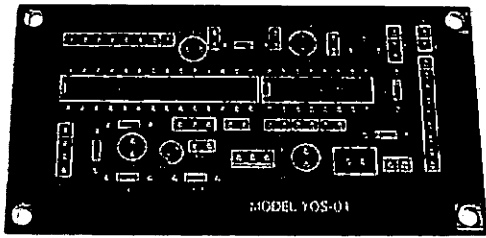


図3 プリント基板  
Fig. 3 Printed Circuit Board

きた。

さらにPHSはNDT-900AからNDT-910Aという新機種に変更を行い、大きさでは105×180mmから50×90mmに容積が減った。また、このPHSではダイバシティアンテナを採用し、さらなる感度の向上が期待できる。さらにパワーアンテナシステムに対応し、屋内のような電波の入りにくい場所においても安定して測定が行えるようになった。電力消費量も低下したため、測定時間の向上を計れた。重量も旧機種に比べ46%に減少している<sup>5)</sup>。

電源には従来型ではニッケル水素電池を利用していたが、今回の改良型ではリチウムイオン電池を使用した。リチウムイオン電池は他の充電電池と比べてエネルギー密度が高いため、同容量においては小型で軽量である<sup>6)</sup>。また、電池に電源保護回路が含まれているため、内部でショートを起こした場合でも保護が働くという安全性の高いものである。



図4 装着状態（前から）  
Fig. 4 Installing State (Front)



図5 装着状態（後ろから）  
Fig. 5 Installing State (Back)

表1 エラー率測定結果  
Table 1 Error Ratio Measurement Result

State	Error Rate [%]
Standing Still	0%
Running Track	0%

走者に装着した写真を図4、図5に示す。旧型の装置では背中的一部分にすべての装備が集中し、体のバランスを後方にずらしてしまうという問題があったが、それぞれの装置を分離可能な形にしたため、バランスをとりやすくなった。また、リチウムイオン電池や脳波測定器を装着する部分は自由に設置場所を変更できる形状になっている。

操作性の面ではボタンの形状をよりわかりやすくするため、照光式のボタンを配置し、二つのランプの点灯状態によって通信状況が即座にわかるようにした。

### Ⅲ. 動作試験

#### 1. PHSデータ送信試験

開発した装置の試験を行うため、はじめの実験では測定器を接続せずに、マイコンから発生させた信号を公衆回線経由で送信させ、そのデータのエラーを検出するという実験をおこなった。信号の形式としては16進数を用いて8bitで表せる00h～FFhまでを送信させ、さらにFFhまで達した

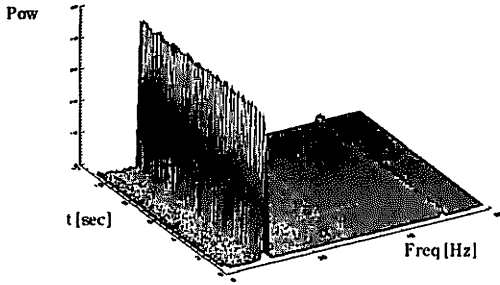


図6 伝送結果  
Fig. 6 Transmission Result

場合には次はFFh～00hまでを連続的に送信する形になっている。出力の間隔は約3.3msecと設定し、一周期で約300Hz程度になるように設定した。PC側でエラーの計算にはIDLというデータ処理言語を利用した。測定時間は30分で、静止時及び400mトラックの走行時という二つの状態における伝送エラーを観測する試験を行った。結果を表1に示す。静止時、グラウンド走行時共にエラーは検出されなかった。

## 2. 測定器データ伝送試験

次に実際の状態により近い試験として、脳波測定器に正弦波を入力するという試験を行った。発信回路としてはオペアンプを利用した発信回路、クワドラチャ発信回路<sup>1)</sup>を用いている。この発信回路から発信された正弦波を分圧し、脳波測定器に入力した。発振周波数は10Hz、分圧後の電圧は約17 $\mu$ Vとしてある。この伝送試験の結果を図6に示す。結果として、正弦波の伝送が確認され、フーリエ変換によって10Hz付近にピークが見られ、伝送が正常に行われていることが、確認できた。

## 3. 実試験

これまでの実験で伝送が確認されたので、実際に走者に測定装置を装着し、400mトラックにおいて走行試験を行った。図7に伝送されたデータ波形を示す。データ伝送が行われていることが確認された。

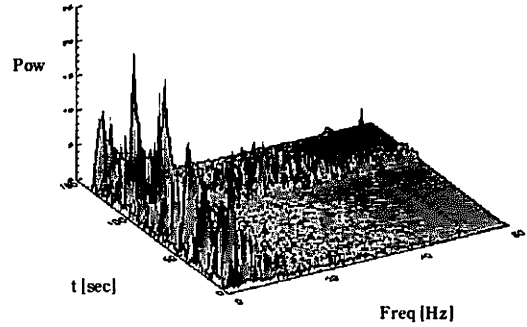


図7 走行時測定結果  
Fig. 7 Measurement Result on Running

## IV. まとめ

本研究では、移動体通信において高速で高い信頼性をもつPHSを通信装置にもちいて、走者を対象としたテレメトリシステムの開発を行い、改良を行った。

改良された点としては、制御装置を基板設計から組み直すことにより小型化に成功した。また、PHSを新機種へと変更し、さらに信頼できる通信がおこなえるようになった。また、電源にリチウムイオン蓄電池を採用し、重量の低下と測定時間の延長を実現した。測定装置を取り付けるバンドについても改良を行い、被験者の体のバランスを失わないように自由に取り付け位置を変更できるように改良を行った。

この装置が正常にデータ伝送を行っているか確認するため、制御装置から直接データを伝送し、PHS間のエラー率の測定を行った。結果としてエラーは検出されなかった。さらに脳波測定器に正弦波を入力する試験を行ったが、正常にデータを送信できていることが確認された。最後に走者に装置を装着してもらい、400mトラック内で測定を行えることが確認された。今後はこの装置を実用できるものとして、実際に測定を行っていく予定である。

## 参考文献

- 1) 斉藤裕之：脳波測定を用いた走者応答型トレッ

運動選手を対象としたリアルタイム生体遠隔測定装置の改良

- ドミルにおける走者の分析, 東海大学電気工学科卒業論文, 2000.
- 2) PHS Internet Access Forum Standard (PIAFS)の概要, PHSインターネット・アクセス・フォーラム技術部会, 1996.
- 3) PIAFS仕様書, モバイル・インターネット・アクセス・フォーラム 第2.2版, 1996.
- 4) Data Sheet-DS30292-J, Microchip Technology Inc., 2000.
- 5) 機能性能仕様書 PHSモデム型名: NDT-910A 第1.0版, 2001.
- 6) 西村昭義: 電池の本 第2版, CQ出版, 1997.
- 7) 角田秀夫: 実用オペアンプ回路, 東京電機大学出版局, 1987.



# 大学柔道選手の膝関節傷害の 11年間の推移について

宮崎誠司 (医学部整形外科) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

佐藤宣践 (体育学部武道学科) 白瀬英春 (体育学部武道学科)

山下泰裕 (体育学部武道学科) 中西英敏 (体育学部武道学科)

恩田哲也 (スポーツ医科学研究所) 有賀誠司 (スポーツ医科学研究所)

knee injuries of university judoka in eleven years

Seiji MIYAZAKI, Yutaka NAKAMURA, Nobuyuki SATO, Hideharu SHIRASE, Yasuhiro YAMASHITA,  
Hidetoshi NAKANISHI, Tetsuya ONDA And Seiji ARUGA

## Abstract

The change of the past eleven years was researched about the injury of the knee joint which that judoka has many most is said about. The injuries of the knee joint were 976 cases (28.1% total injury were 3470 cases) in by investigation which it went to 1322 judoka. In the injury of the knee joint, The injury whose frequency is the highest is medial collateral ligament injury (366cases), next is anterior cruciate ligament injury (108cases), meniscal injury (62cases), and disorder which isn't involved in the trauma.

The number and rate in total injury of knee injury, and medial collateral ligament injury were comparatively decreasing of this after 1996. Additionally, severe case was decreased. It thought with the training center where activities were started in 1995, and the thing which the fulfillment of sports medical clinic reflects on this background.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 58-62, 2002)

## I. はじめに

柔道の傷害は下肢とくに膝関節の傷害が多いとされている<sup>1)</sup>。その膝関節の傷害は外傷 (trauma) による靭帯損傷や半月板損傷だけでなく、関節水腫や関節痛、膝関節周囲の腱炎など Overuse を含んだいわゆる障害 (disorder) も少なくない。またこれらは日常のケアやトレーニング、コンデ

ィショニングによって予防されうるものである。今回、大学柔道選手11年間の傷害の推移を調査することで予防の可能性を含めて検討した。

## II. 研究の方法

1990年4月から2001年11月までに在学した大学柔道選手に対して傷害の調査を行った。1年の区切りは1月1日から12月31日までとした。選

大学柔道選手の膝関節傷害の11年間の推移について

表1 各年度の在籍数

Table 1 The number of student in each year

年度	在籍数
1990	112
1991	113
1992	117
1993	120
1994	118
1995	117
1996	110
1997	104
1998	99
1999	95
2000	105
2001	112
総計	1322

手は延べ1322人であるが各年度の在学数はほぼ一定であった。(表1) 傷害は稽古を休むか医療機関の受診など医師による診療および医学的な助言を必要としたものとした。

III. 結 果

傷害数の総数は3470件であった。そのうち膝

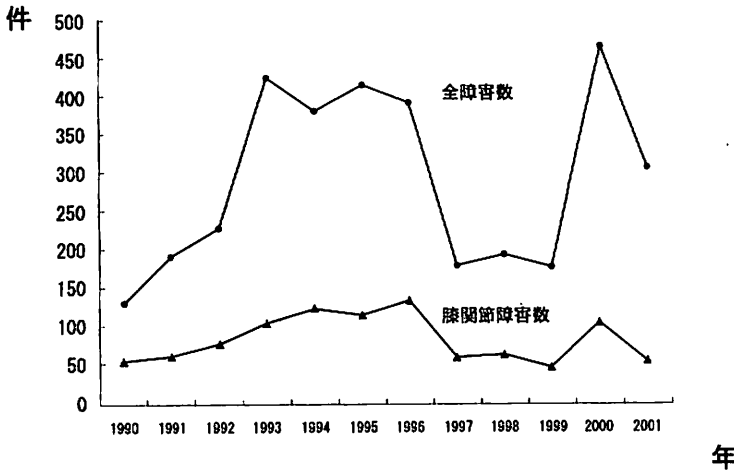


図1 全障害数と膝関節傷害数

Fig. 1 The number of all the injuries and the number of knee joint injuries

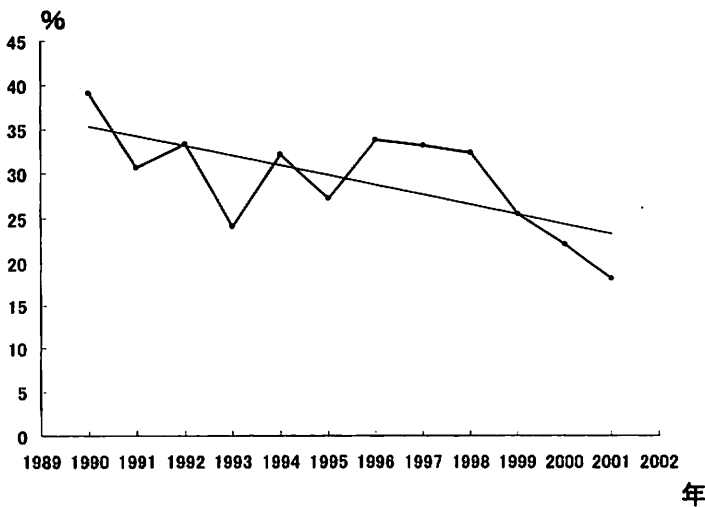


図2 膝関節傷害の全障害数に対する割合

Fig. 2 A rate to the number of the knee joint injury of all the injuries

$$Y = -1.1 X + 2219, P = 0.0185$$

関節の傷害は976件(28.1%)であった。976件のうち外傷は746件でそのうち内側側副靭帯損傷は366件、前十字靭帯損傷は108件、後十字靭帯は17件、半月板損傷は62件などであった。外傷によるものではない関節痛や腱炎などの障害は230件存在した。年毎に比較してみると全体の総数は決まった傾向を見せないが、膝関節の傷害の数、および全傷害におけるその割合は年毎の変動はあるものの1997年以降減少する傾向にあった(図1、2)。この傾向は内側側副靭帯損傷や慢性の障害の数や、全傷害における割合とも同様であった。しかし前十字靭帯損傷や後十字靭帯、半月

板損傷は年毎の推移は見られなかった(図3、4)。手術件数は前十字靭帯再建12件、半月板損傷22件であった。前十字靭帯再建術はそのほとんどが1996年以降に行われていた。半月板の手術は各年とも件数の変化は見られなかった(図5)。

### IV. 考 察

柔道選手の部位別の傷害頻度は膝関節が最も多いといわれており、母集団の違いがあるものまたアンケート結果ながら様々な報告がされてい

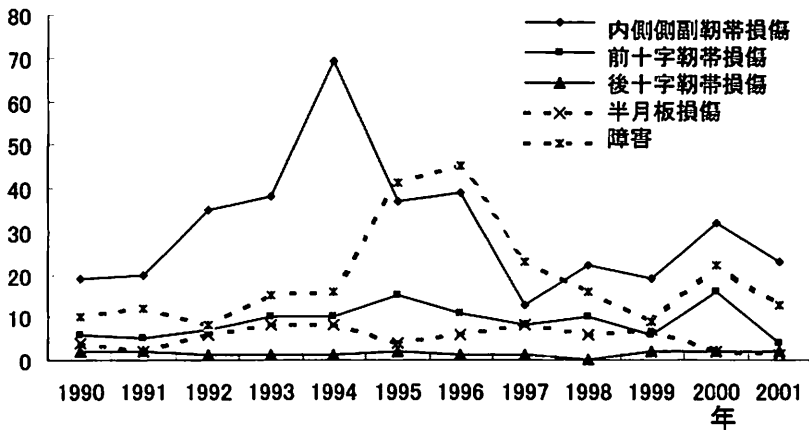


図3 傷害の受傷数  
Fig. 3 The number of each injuries of knee joint

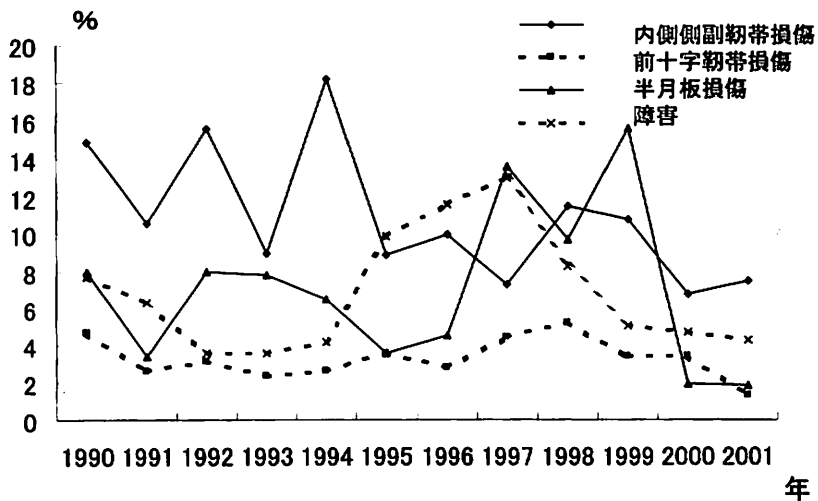


図4 各傷害の全傷害数に対する割合  
Fig. 4 A rate to the number of each injuries of the all injury

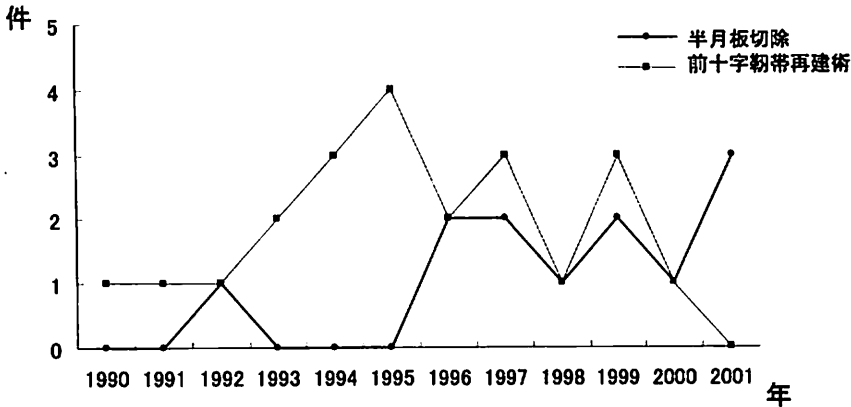


図5 前十字靭帯再建と半月板切除手術件数  
Fig. 5 The number of reconstruction of anterior cruciate injury and meniscectomy

る<sup>2-6)</sup>。今回、ほぼ一定の母集団（大学柔道選手）において行うことのできた調査では、各年に傷害頻度ののばらつきはあるものの一定の傾向を示した。まず、全体の傷害数は年毎ののばらつきがあり増減はみられないこと。膝関節の傷害は、年毎ののばらつきがあるが、1996年以降減少傾向にあること。特に膝関節傷害の全体の傷害に対する割合は、1997年以降、減少していること。前十字靭帯損傷や後十字靭帯、半月板損傷は年毎の推移は見られなかったが、内側側副靭帯損傷や膝関節障害の数、割合は1996年以降減少傾向にあった。

傷害発生頻度、特に減少してきた背景はこの11年の間に2つある。それはトレーニングセンターを中心としたトレーニングのサポートとスポーツ選手を対象としたメディカルクリニックである。

トレーニングセンターは15号館地下に1995年より活動を開始し、選手のトレーニングプログラム作成、各クラブのトレーニングリーダー養成、トレーナー育成を行い競技力向上だけでなく傷害予防としての筋力増強を行っている。

メディカルクリニックの歴史は長く、スポーツ医学研究所の準備段階から行われていた。始まりは1990年より前にさかのぼり週に1回の割合で医学部整形外科の医師が武道館や総合体育館に出向いて医事相談を行っていた。1995年より15号館地下のトレーニングセンター脇で定時に同じ

場所で活動を始めた。1998年より15号館5階に移り週に2回定時に行うようになり、2001年5月より現在の場所で行っている。また5階へ移ると同時に選手のカルテ作成を行い、診察だけでなく簡単な処置や大学病院から理学療法士も来て徒手療法や装具作成なども行うようになった。また、現在ではトレーニングセンターのスタッフも診察室に入り、傷害の診断、治療のほかリハビリや復帰に向けたトレーニングのプログラム作成も行っている。

傷害数の数は選手が練習を休むだけでなく医学的助言を求めた数も入っているため、選手の傷害に対する意識もその数を左右する要因となる。1996年から1998年までの傷害数が少ないのはメディカルクリニックが定時および定所に来れなかったことや、1995年以前は道場で診察を行っていたため手軽に医師の診察を受けることが可能な環境にあったことが挙げられる。1999年以降は定時に同じ場所で行えるため、受診しやすい環境になったため増加していると思われる。靭帯損傷など受傷数の数、割合にその影響は少ないため、重症のもの数は減少傾向にある一方、軽微なものや軽症で今までは受診しなかったものが受診しやすい環境にあるようになり、全体の数は増加していると思われる。これは重症を見過ごすことないようにすること、きちっとしたケアができる点で重要なことである。

これらの傷害予防、再発予防という事が膝の外傷とくに内側側副靭帯損傷の軽減につながっているといえよう。しかし、偶発的に起りうる半月板損傷や前十字靭帯損傷の発生頻度は変化していない。これは外傷が起りやすい柔道の宿命的なものと言えるかもしれないが、今後さらに傷害のケアやトレーニングの効果として減少する可能性はあるといえよう。

## V. まとめ

- ① 過去11年の柔道選手の膝関節傷害について調査した。
- ② 傷害の総数はばらつきがあったが内側側副靭帯損傷は減少傾向にあった。
- ③ 傷害の予防にトレーニングセンターやメディカ

ルクリニックが関与している可能性がある。

## 参考文献

- 1) 宮崎誠司ら：大学柔道選手における傷害の現状。東海大学スポーツ医科学雑誌9：9-12, 1997.
- 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) 松本憲ら：一流柔道選手の検診結果。臨床スポーツ医学2：222, 1985.
- 4) 井上靖夫ら：柔道におけるスポーツ障害について。臨床スポーツ医学（別冊）：409-412, 1989.
- 5) 深堀雄蔵ら：金鷲旗高校柔道大会，玉竜旗高校剣道大会，出場選手ならびに監督，コーチに対するスポーツ障害アンケート調査。臨床スポーツ医学（別冊）：405-408, 1989.
- 6) 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.

# レーシングドライバーに必要な 心理的競技能力の特徴

—日本のトップレーシングドライバーに対する面接調査に基づく分析—

佐藤公俊 (体育学研究科大学院生) 吉川政夫 (体育学部社会体育学科)

## Characteristics of Psychological-Competitive Abilities Necessary for Racing Car Drivers

Kimitoshi SATO and Masao KIKKAWA

### Abstract

The purpose of this study was to inquire characteristics of psychological-competitive abilities necessary for racing car drivers in motor sports. Research was conducted by using case study method. Semi-structured interviews were conducted with three Japanese top professional racing car drivers who have achieved high-level performance. The main characteristics of psychological-competitive abilities necessary for racing car drivers obtained from content analysis of the interviews were as follows: (a) talent: a great love for driving a racing car, ability to aware of racing car conditions and control the racing car quickly and accurately, (b) motivation: maintaining motivation to put forth the effort to succeed, seeking for special peak experience, and desire to drive one's racing car fastest, (c) maintaining composure, not afraid to fail, and staying cool, (d) concentration: focused on the present and effortless concentration, (e) ability to make critical decisions during competition, (f) intellect, (g) learning ability: learning from one's succeeds and mistakes, and observational learning ability, and (h) communication skills to relate well to teammates. These results indicate the direction of developing the psychological skills training programs for racing car drivers.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 14, 63-70, 2002)

### I. はじめに

サーキット系のレーシングドライバーは、レーシングカート、F3、フォーミュラーニッポン等を経てピラミッド構造の頂点であるF1を目指していく。それを実現するための極めて重要な心理的競技能力として、現場レベルでは「闘争心」が強調されている。それに加え、他の競技に比べほ

んの一瞬のミスが大きな事故になりかねない生死を賭けたスポーツであるため、マシン、サーキット、他の車などの状況の変化に対応する「冷静な判断力の強化」や「恐怖心の克服」も課題であると言われている。それにはドライバー固有の性格・資質が大きく作用することはもちろんであるが、レース経験に学ぶこと、さらにはそれらの心理的競技能力をレベルアップすることを目的としたメンタルトレーニングも当然必要であると考えられる。

フランス語圏におけるラリーでは、レーシングドライバーのことをパイロットと呼んでいるが、航空機の操縦行動とレーシングカーの運転行動の仕組みに多くの共通点が認められる。外界及び計器等から受容器(視覚、聴覚、触覚等)に入力された情報は、求心性神経を通じ大脳に送られる。それらは、教育、訓練、経験を通して形成された、パイロットやドライバー個人の認知プログラムに基づいて情報が照合され、判断や意思決定がなされ、それらが命令として遠心性神経により効果器である手、足、口に伝えられ、操縦にかかわる次の操作・行動が行われる。そして、操作によって生じた航空機やレーシングカーの動きが操縦者にフィードバックされ、それが次の操作行動の情報源になる。こうしたループ状の一連の情報処理は、典型的な人間-機械系の情報処理プロセスであるといえる。

パイロットの場合、「パイロットとして必要な特性」として①闘志、大胆、勇気、②努力、忍耐力、③沈着、落ち着き、④細心、緻密、⑤冷静、⑥機敏な決断力、⑦誠実、責任感、⑧強調心、団結力、⑨明朗、陽気、⑩自信、自主性、信念、⑪柔軟性、順応性などが必要であるとされている<sup>9)</sup>。また操縦訓練においては、さらに飛行感覚、操舵と調和、注意分配、飛行手順、判断力が技量評価のポイントとされている。そして一般にパイロットに求められる資質は次の通りである。まず平均的知能より高い知能水準、素早い反応ができる敏捷さ、優れた視知覚機能、判断力、自己抑制力、情緒的な安定、そして偏りのない性格である。すなわち、情緒的にも安定し、知能が優れ、身体的にも優れていることがパイロットには求められるのである。人間-機械系の情報処理と操縦を行う行動であるという点で、レーシングドライバーにも以上に述べたパイロットに求められる資質や特性と多くの類似性があると考えられる。

しかしながら、これまでに出版されているモータースポーツ関連の本や文献を見ると、スキルや体力面に比重が置かれていて、ドライバーのメンタル面に関するトレーニングに言及した文献は皆無といってよい。Taggert (1969) ら<sup>10)</sup>によると、

自動車レースにおける心拍数を測定したところ、スタート15分前では150~180拍/分、スタート直前には200~205拍/分まで達し、その後、レース中までこのレベルが続くとし、これは過緊張による動性頻脈が起こったためであると報告されている。このことは、過緊張を取り除くためにリラクゼーションなどのメンタルトレーニングを行う余地がかなりあることを示している。

スポーツにおけるメンタルトレーニングは、心理学の理論と技法に基づいて、競技場面で最高のパフォーマンスを発揮するために必要な心理的競技能力を積極的に高めること、そして自分で自分の心身をコントロールできるようになることを目指して行われるものである。

本研究の目的はレーシングドライバーの心理的競技能力として必要なものは何かを明確化することである。これは、メンタルトレーニングの方法を考える前に、まずスポーツ選手が最高の記録や最高のプレーを展開するためには、どのような心理的な能力を持っていなければならないか、すなわちピーク・パフォーマンスを達成するために必要な心理的競技能力や条件を明らかにする必要がある。本研究の結果からそれを浮かび上がらせ、レーシングドライバーの心理的競技能力を向上させるためのメンタルトレーニングプログラムの開発に向けての指針を示したい。

## II. 方 法

以下の要領による面接調査を実施した。そして、その結果をそれぞれ事例分析した。さらに、それらの結果について共通点と相違点を抽出するなどの総合的な分析検討を行い、まとめた。

### 1. 調査対象

日本人トップレーシングドライバー 3名。

### 2. 調査内容と調査手続

調査内容は、レースを始めたきっかけ、レース

への臨み方、レーシングドライバーに必要な心理的競技能力、レースに寄与する心技体の比率、メンタルトレーニングについて、その他のトレーニングについてなどであった。調査は、それらの質問項目を順次インタビューする半構成的面接調査法によって行った。調査時間は1時間半から2時間とした。

### 3. 調査時期

A氏 2001年1月。B氏 2001年6月。C氏 2001年12月。

## Ⅲ. 結果および考察

以下は、各事例の面接調査から得た回答内容のうちで重要なポイントと思われる点をまとめた結果及びそれらに関する分析検討を行った考察である。なお、事例結果中の☆ポイントは調査対象者の回答に著者によるコメントを付した部分である。

### 1. 事例について

#### 1) 事例1 A氏 (F1ドライバーとして活躍)

##### ①レースを始めたきっかけ

- ・F1のレースでより早く走る事を証明したい。
- ・日本で一番運転が上手いことを証明したい。

☆ポイント1：自分の能力を証明すること、すなわち自己実現動機によって動機づけられていることが判明した。

##### ②才能の重視

- ・レースや車の運転が好きであること。
- ・車の状態を感じ取る能力と感じ取った結果に基づいて車をすばやくかつ的確に操縦する能力
- ・一流のレーサーになるためには一に才能、二に才能である。

☆ポイント2：一流のレーシングドライバーになるための必要条件として才能を非常に強調していた。才能の1つにクルマやレースが何よりも好きなことがあげられていた。

##### ③試合への臨み方

・F1のレースでは、最高の走りをしなければよい成績は得られない。だから毎レース精一杯やった。

・日本でのレースでは、調子が悪くても勝てた。だから、レースにゆとりがあった。

☆ポイント3：ピーク・パフォーマンスを発揮することの重要性が指摘されている。そのために何をどのように準備し、実行するかが問題となる。

##### ④恐怖心について

・恐怖心を克服する必要は無かった。それは恐怖心が無かったから。もしあるとすれば怪我などで乗れなくなること。

##### ⑤心技体の比率

・フィジカル>技能>メンタルととれる発言内容が多かった。

・心技体の占める比率は年齢によって違う。子供の頃には身体や操縦技能を鍛えるための動機づけという点で心が大切。若いうちは特に、トレーニングを継続するためと、トレーニングに集中するために意欲ややる気といった動機づけを重視すべきである。

・しかし、心よりも身体が重要。レースでは、身体に心がついてくる。

☆ポイント4：ドライバーの必要条件は、まず、身体面の強化であり、それにかなりウェイトを置いたトレーニングをしてきている。身体能力の無さや疲労によってクルマのパフォーマンスを最高に発揮できないと、非常に悔しい。その為にあらず体力等の身体面を強化している。ただし、若手の場合は、目標設定が動機づけとして大切であるという。夢とか目標が無いと厳しいトレーニングに専心出来ない。また同様に、F1で優勝するといった高い目標が無い限りそれが実現できない。一流になるドライバーは、F1で勝つ以外、他のことはF1の為に犠牲に出来る強い心を持っている。つまり目標達成動機づけが非常に優れている。そうした点で、心が出来ていないと優秀な選手にはなれないと、心の重要性も強調している。

##### ⑥リラクゼーションとアクティベーション



・直線では何も考えていない。時速300kmの直線よりも、コーナリングで緊張している。

・リラクゼーションとアクティベーションを適度に組み合わせて走っていた。具体的には、コースを1周する間、レースを周回する50周の間、レース開催期間、一年を通して等と期間は様々であるが、各々でいつリラックスし、いつアクティブにするか、そのコンビネーションはある。

#### ⑦メンタルトレーニング

・メンタルトレーニングは行っていなかった。  
・イメージトレーニングはしていない。(次の日のレースのことを考えることはある)

☆ポイント5：シーズンの内、レースの無い合間に、何日間かトレーナーの下で心身の調整やトレーニングを受けていた。その時にフィジカルな面だけでなく、当人は意識していないが実際にはメンタル面のトレーニングもトレーナーによって取り入れられていたことが話から明らかになった。例えば、大きな声を出すことで緊張を開放し、リラクゼーションするなど。

2) 事例2 B氏(ル・マン24時間耐久レース等で活躍)

#### ①レーシングドライバーとは

・与えられた車のポテンシャルを100%引き出す、引き出せるのが良いドライバーである。

#### ②才能とは

・レーサーになりたいという思い。  
・勝ちたいという執念。  
・レースや車に乗ることが好きであること。  
・競争しながら五感で車の状態を感じられること。  
・大舞台、観客を味方に付ける力。

#### ③レーシングドライバーに必要な心理的競技能力について

・どういった状況においても冷静な判断が出来ること。  
・闘争心。  
・決断力。  
・平常心(状況によってドライバー心理はどんどん

ん変化するため)。

#### a. 闘争心について

・レースのカテゴリーによって変わる。ル・マンのような耐久レースの場合、相手と戦ってはいけない。闘争心といってもそれは自分との戦いになる。そこでは粘り強さとかあきらめない強さなどの精神的な強靭さが要求される。しかし、レース時間が相対的に短いF3、フォーミュラーニッポン、F1といったフォーミュラーの場合、文字通り、ドライバーの闘争心が大きくパフォーマンスを左右する。

#### b. 恐怖心について

・車が安全になっただけで、そのスピードに対する恐怖心というものは、まだまだある。逆にスピードに対する危険意識や恐怖心を無くした時点で危ないといえる。

#### ④心技体の比率

・トータルバランスである。  
・レースの場合は車がよくて、そのドライバーのレベルがそこそこであれば余裕を持って勝てる。逆に車が調子悪ければ、運転技術を駆使し、なおかつ精神力と体力を投入して、その状態での車の最大限の力を発揮させなければならない。

☆ポイント1：心と技と体は渾然一体となっていて分けて捉えることは難しいという見解を持っている。

#### ⑤メンタルトレーニング

・1992~1993年頃にはメンタルトレーニングはまだ取り入れられていなかった。しかし、自分は、乗れない時でも常に、自分のベストの走りのイメージを持ち、頭の中で車を走らせていた。

・前もって、スタートでこう来た時にはこう行こう、もしミスしたときはこうといった想定はしていた。しかし実際にはその状況での判断になるが。

・走らせるイメージとして、自分のいる場所の5m、10m先に気持ちを持っていくこと。それは危険予知にもつながる。

☆ポイント2：専門的なメンタルトレーニングを受けてはいないが、イメージトレーニングの効果

を認め、経験を通して自分なりにその方法を開発しレースに実際に有効に生かしている。

#### ⑥トレーニングについて

・車の調子が良かったのに、首にきた、ハンドルが切れなかったなどの理由で、コンマ何秒損した時、勝てる場所を勝てなかった時が、一番辛い。それを無くすために、トレーニング（技や体の）を行ってきた。

・体力的に落ち込むと、判断力など、精神面の全てが落ちてくるためにトレーニングが必要。

☆ポイント3：フィジカルトレーニングを重視する姿勢が明瞭に認められる。

### 3) 事例3 C氏（GT300などのツーリングカー選手権で活躍）

#### ①レースを始めたきっかけ

・大学で自動車部に入ったことがきっかけ。それまではレースを見るのも、自分が走るまでまったく興味がなかったくらいであった。

・当時はバブル時代でもあり、女性だけのレースの機会があり、人生で一度のチャンスだろうかと走ってみたら非常に面白かったため。

☆ポイント1：多くのトップドライバーが小さいころからカートなどで経験を積む場合が多いが、この事例の場合、レース開始年齢が高い。しかし開始年齢以上に、競技に対する楽しみや関心が競技力向上につながっているといえる。

#### ②レーシングドライバーに必要な心理的競技能力

・闘争心  
・常に前向きな高いモチベーションを持ち、それを維持すること（たとえ車やコンディションがベストでなくても、一台でも前に行かなくてはいけない。勝つとうれしい。次も勝ちたいと思う。逆に負けたときは悔しい、次こそはと思う。シリーズチャンピオンを目指す、もう一つ上のカテゴリーにステップアップするといった目標を持っていることが大切である。）

・強気（しかし、過信や過剰は駄目）

・瞬時の判断力

・冷静な判断力（熱くなっている自分がいる横で、自分を常に冷静に見ているもう一人の自分が必要。かっとなると判断力も鈍り、勢いだけでいってしまう。それが接触したりスピンをしたりというミスにつながる。気持ち的に一步引いて見ている自分が必要である。）

#### ③心技体の比率

・心：技：体の比率は3：3：4（体力に自信があるレーサーはバランスが違おうであろう。自分自身の場合は体力がないとわかっているから、このような比率になる。）

・体力と精神力は別物ではない（体力が低下すると集中力が落ちる。疲れたと思った瞬間にフッと集中力が途絶えてしまったり、気力もメンタル面も好調と思っていたのに、疲れるとメンタル面でもマイナスの影響が出てしまう。だから、ドライビングにおいては、精神面と体力面は切り離しては考えられない。）

#### ④メンタルトレーニング

・実施してこなかった。それはメンタルトレーニングをするという環境やそのような認識もなかったためである。

☆ポイント2：C氏によると、日本ではレーシングドライバーのメンタルトレーニングが組織的には行われてはいないという。自分自身は経験からメンタル面のコントロール能力が体得できたのではないだろうか、しかし、専門的なメンタルトレーニングがあれば必要であるという回答であった。

#### ⑤後続車との駆け引き

・気持ちとしては前よりも後ろを見ている。

・車の性能が一緒ならまず抜けない。だからミスを誘発するように、とにかく他車にプレッシャーをかける。それは相手方も同じである。

☆ポイント3：レースでは、前を走る相手を見据えることは当然であるが、それと同時に、後続車を前に出させないための駆け引きが同時に行われる。それは注意力の分散につながり、そこには相当のプレッシャーが存在する。C氏は経験を通してそうしたプレッシャーに対する精神力を身につけたということであった。このことから、レー

シングドライバーにとってメンタル・タフネスが必要であることが指摘できる。

#### ⑥集中力の配分

・10周のスプリントレースは集中力勝負のレースといえるが、1時間から3時間連続して乗るような耐久レースでは集中力の上手な配分が勝負になる。スプリント系の集中力では3時間は持たない。長い時間のレースでは波やリズムが当然あるので、集中すべきところと少し気を抜くつまりリラックスする部分のコンビネーション、リズムが必要である。

#### ⑦フィジカルトレーニング

・1985年ころからレースを始めて1992年にグループA（当時の全日本ツーリングカー選手権）の頃がフィジカルトレーニングを行うようになったきっかけである。それまでは、車速の遅い車だったので、横Gも小さく、体力勝負だとか、体力がなくて走れないという経験がなかった。そのため、フィジカルトレーニングをしていなかった。カテゴリーが上がるにつれて、本物のレーシングカーに乗ると、操作系が重いし、スピードが上がるとあらゆる体力が必要になり、体力の重要性を認識せざるを得なくなった。

・1992年から1993年当時は車に乗れる時間が長く、レースで車に乗っていること自体がフィジカルトレーニングであった。

・当時はレースで使う筋力は車の操作でしか鍛えられないという通説があった。

#### ⑧チームにとって必要な力

・メカニック一人一人に至るまでチームのメンバー全員が同じモチベーションを持つこと。

・チームのメンバーを動かすオーラをドライバーが持っていること（選手のためにやってやろうとか、がんばっているから勝たせてやりたいと思わせること）

⑨過去の経験から、これからレースを始めようという人や若い人に対して言いたいこと

- ・体力を養うこと。
- ・英語を話せるようにしておくこと。

この2つのことは経験から明確に言える。この

2つがあればもっとチャンスを広げられたのではないかを身をもって感じたためである。

## 2. 事例の結果に関する考察

### 1) 事例間の共通点について

レーシングドライバーの資質として才能があることが広く言われているが、今回事例分析を行ったA氏とB氏の二人も才能をあげている。才能というと人が持って生まれた、いわゆる天賦の才と捉えられがちであるが、必ずしもそうしたものだけを指しているのではなく、二人は共に、まず車や運転が好きであることが基本的に重要な要件であることを指摘している。さらに、車の状態を鋭く感じ取り、それをもとに車をすばやくかつ的確に操縦する能力にも、トレーニングによる向上という経験要因だけではなく、もって生まれた才能の要素が大きく関与するという見解を二人は持っていた。特に車や運転が好き、すなわちモチベーションがないと、どんなによい人材であっても上手になることはないといえる。この点についてはC氏も同様であった。運転することの楽しさが競技力の向上につながることも、運転が好きであること、楽しみであることが卓越したレーシングドライバーになるために必要な才能の一部であると、C氏も指摘していた。

競技パフォーマンスに及ぼすメンタル面とフィジカル面の影響力については、フィジカル面を重視する傾向が顕著であった。A氏の「身体に心がついてくる」という表現に象徴されるように、レースでは体力が基幹要因であって、精神面はそれに付随する要因という位置付けであった。そのためもあってか、メンタルトレーニングについては意識的、組織的には行われていなかった。しかしながら、B氏のように経験に基づいた自己開発により実践している場合もあり、まったく実施していなかったというわけではない。このようにメンタルトレーニングが自覚的に捉えられていない理由として、調査対象者3氏の年齢・時代的背景がその一つとしてあげられる。メンタルトレーニングが日本で本格的にとり入れられるようになって

10年余である。そのため、今回、調査対象とした3氏の場合、第一線で活躍し始めた時期にメンタルトレーニングがまだ一般的ではなかったと考えられる。

また、3氏の回答から、これまでの日本のモータースポーツ界においては、メンタルトレーニングは実施されていないという実態が明らかになった。しかし、B氏、C氏は特にメンタル面に関心を持ち合わせており、B氏は自己開発したイメージトレーニング法を用いていたし、C氏のように、専門的なメンタルトレーニングがあれば良いと考えるドライバーもいる。また、A氏においても、リラクゼーションとアクティベーションを適宜組み合わせるやり方をとっていることから、メンタル面のコントロールが果たす役割の重要性が指摘できる。以上の点から、レーシングドライバーにおいてはメンタルトレーニングがいまだ普及していないが、試合本番のレースやトレーニングのためにそれを自覚的に採り入れる価値があるといえよう。

B氏とC氏に共通していた点として、相対的に短い時間のスプリントレースと長い時間走る耐久レースでは集中力の使い方に違いがあるという指摘があげられる。長時間走るときはスプリントレースの凝縮した集中力ではもたないという。このことは、予選と本戦での集中力の発揮の仕方についてもあてはまるのではないだろうか。予選は、スプリントレースの要素が強く、相手との競争ではなくタイムとの勝負になることから、凝縮した集中力が必要となるであろう。すなわち、予選と本戦、所要時間が比較的短時間のレースと長時間のレースとでは、集中力を使い分けることが必要である。先にとりあげた、A氏の指摘するリラクゼーションとアクティベーションを適宜組み合わせる方法も集中力の使い分けと関連している。こうした能力は経験によって獲得されるとともに、メンタルトレーニングによる習得の余地がある。

## 2) 独自性・相違点について

恐怖心について、A氏はまったく持ち合わせて

いないと言う。それに対して、B氏からは車や環境が安全になっただけでスピードそのものへの恐怖心はもっており、スピードがもたらす危険性や恐怖に対する自覚をなくすことが危ないという回答が得られた。こうした相違は性格に起因するのか、その他の要因によるものかは現在のところは明らかではない。今後事例を増やしていくことによって明らかにすべき点である。

また、C氏から回答が得られたように、後続車との駆け引きにはメンタルタフネスが不可欠である。それに加え、一般的に用いられる集中力とは違い、集中力の分配がレーシングドライバーに不可欠であるという指摘は、戦闘機のパイロットに必要なとされる心理的能力と共通する点であるといえる。

## 3) まとめ

以上の事例分析、事例間の共通点と相違点に関する考察から明らかにされた、レーシングドライバーにとって必要な心理的競技能力や条件（心理面を中心に）をまとめると次の通りである。

### (1) 才能があること

- ①車のことを感じ取る能力
- ②素早く動きを修正して走らせる能力

マシン、サーキット、他車などの状況の変化に適應すること。

- ③①と②の能力をリンクさせられる能力
- ④車やレースが好きであること

### (2) 心理的競技能力

- ①冷静さ（落ち着き）

どういった状況下においても的確な判断を下せるだけの冷静さが必要である。

- ②緊張のコントロール

メンタルトレーニングでいうところの「理想的な心理状態」を確保するために緊張のコントロールが必要である。必要に応じてアクティベーションとリラクゼーションがセルフ・コントロールでできること。

- ③集中力

一点に凝縮する集中力とともに集中の分配がで

きること。

#### ④状況判断力

高速かつ激しく変化する状況の中で走るため、瞬時にまた的確に状況を把握し、意思決定できる能力を培う必要がある。

#### ⑤知性

車の操縦のみならず、車のメカニクを始めとして多くのことに知的関心や好奇心を有すること。また、レースの作戦の組み立て、状況に対する臨機応変さを持ち合わせていること。

#### ⑥学習能力

自分自身が体験から得たことや観察学習から学んだことをその後の競技に活かしていけること。

#### ⑦努力を続けるために必要なモチベーション

速く走ろうという意欲、勝利志向性、車やレースが好き、自分自身のコントロールに成功したという満足感を得ること、特別な高揚感の体験を得ること（マズローはこれを至高体験と称した）が、トレーニングやレースへ積極的に取り組むモチベーションとなる。

#### ⑧コミュニケーション能力

英会話能力などの語学力も含めて、チームのスタッフと上手にコミュニケーションをとることによって、マシンの最善のセッティングが可能になり、かつレースを円滑にマネジメントでき、それらが結果として勝利につながる。コミュニケーション能力はチーム全体のモラルの維持・向上につながる大切な役割を果たす能力である。

(3)経験を積むこと（失敗と成功の繰り返しから学ぶこと、トップドライバーの走りを観察学習する能力、上述の学習能力と関連している）

車を速く走らせる為には何をすればよいかを経験から得て、それを実際に活用できること。経験から得た知識や技能（ノウハウ）によって、精神的な余裕や安定、疲労の軽減がもたらされる。

#### (4)メンタルトレーニングによる能力開発

レーシングドライバーのトレーニングにおいて、操縦技能以外では、フィジカル面が重視され、メンタルトレーニングはまったくといってよいほ

どなされてこなかった。しかし、レース活動や練習活動のために多くの心理的競技能力が必要とされることは上述の結果から明らかである。そのための能力開発や本番のレースに向けての心理面のコンディショニングは不可欠であろう。

#### 謝辞

面接調査にご協力いただいた日本のトップレーシングドライバーであるA氏、B氏、C氏に感謝申し上げます。また、3氏を紹介いただいた本学工学部動力機械工学科林義正教授と田中誠一本学名誉教授にお礼申し上げます。

#### 参考・引用文献

- 1) 藤田悟郎, 柳田多美: 運転免許の取消処分者が交通事故後に経験する心理的ストレスと運転行動の変化, 科学警察研究所報告交通編, 39巻2号, 21-29, 1998.
- 2) 今村義正: スポーツとメンタルトレーニング, 東海大学紀要体育学部, 第20巻, 11-16, 1990.
- 3) 石田敏郎: 事故はどのようなときに起こるか, 日経サイエンス, 通巻315号, 112-114, 1997.
- 4) 垣本由起子: 航空機操縦とコミュニケーション, 望月享子・垣本由起子・今野義孝・長谷龍太郎・大塚博保・貝塚良行・生沼芳弘, 社会的かかわりにおける運動行動—障害, 高齢化, 国際化を中心に, 東海大学出版会, 117-138, 1999.
- 5) 鎌田貴・君嶋忠勝・田中誠一: オートバイレース走行中の心拍数変動, 東海大学紀要体育学部, 第19号, 43-48, 1989.
- 6) 小松紘・小野芳秀: 自動車走行中の速度の“ゆらぎ”から見たドライバーの覚醒水準の変動, 東北福祉大学研究紀要, 第22巻, 45-56, 1997.
- 7) 三浦利章: ドライバーが見ている世界, 日経サイエンス, 通巻315号, 123-126, 1997.
- 8) 大塚博保: 運転者の個性に応じた安全指導の技法, 新三容, 1979.
- 9) 清水和夫: クルマ安全学のすすめ, 日本放送協会出版協会, 1997.
- 10) Taggart, P. & Gibbons, D.: Motor-car driving and the heart rate, Brit. med. J., 1, 411-412, 1969.

# スポーツ医科学研究所



## スポーツ医科学研究所要覧

### 1. 研究機関名

和文名：東海大学スポーツ医科学研究所

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

### 2. 所在地

東海大学湘南校舎

### 3. 設置年月日

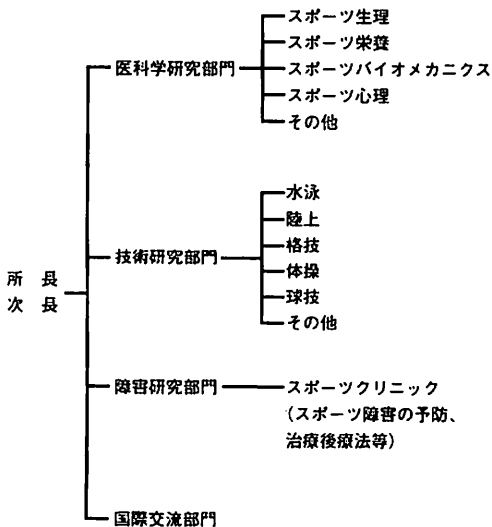
昭和62年10月1日

### 4. 設置目的

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

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

### 5. 研究所組織



## 東海大学スポーツ医科学研究所規程

1987年10月1日 制定

(2002年改訂予定)

### 第1章 総則

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

第2条 本研究所の設置目的は、スポーツ・運動および、それに関連する健康の維持、向上等に関する基礎的、応用的研究を行うとともに、競技技術の向上、スポーツ障害の予防、対策等の新手法、新技術の開発とその応用の具体化、発展を期するところにある。

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

第3条 本研究所は前条に定められた目的を達成するためにつぎの事業を行う。

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

第4条 本研究所における調査研究の分野をつぎの通りに定める。

- (1)医科学研究分野  
運動の効用、健康の維持と向上、運動生理学、栄養学、メディカルチェックと運動処方、その他
- (2)技術研究分野  
バイオメカニクス、心理学、運動技術の向上と



その指導、トレーニング方法、その他

(3)障害研究分野

スポーツ・運動障害の予防、治療、競技復帰の指導、理学および作業療法、その他

(4)その他の分野

各分野を統合した学際的研究、生涯スポーツの実施と指導、スポーツおよび運動器具、機械、施設等の開発と、その安全性、その他

第5条 本研究所につきの研究部門を置く。

- (1)医科学研究部門
- (2)技術研究部門
- (3)障害研究部門
- (4)国際交流部門

第6条 本研究所は、本学湘南校舎に置く。

## 第2章 組織

### 第1節 所長・次長

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

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

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

### 第2節 職員

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

### 第3節 研究所員

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

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

### 第4節 研究員

第12条 本研究所に研究員若干名を置き、付託された研究事項に従事する。

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

### 第5節 嘱託

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

### 第6節 研究生

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

### 第7節 委託研究および派遣員

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

2 委託調査、研究の受託に関しては、そのつ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。



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

#### 第4章 経理

第20条 本研究所の経理は研究機関会計として処理する。

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

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

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

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

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

#### 第5章 特許および著作権

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

#### 第6章 付則

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

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

付則 この規程は、昭和62年10月1日よりこれを施行する。

## 「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規定

1998年4月1日

### 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. 原稿は原則としてワードプロセッサを用いA4版横書き、25字30行としフロッピーを添えて提出とする。外国語、外国固有名詞、化学物質名などは原語。外来語、動植物名などはカタカナ、数詞は算用数字を使用する。単位及び単位記号は国際単位系、メートル法を基準とする。項目わけは、……Ⅰ、……Ⅱ、……1、2、……1)、2)、……(1)、(2)、……a)、b) ……(a)、(b)、とする。
6. 総説、原著論文、研究資料の原稿は、原則として1篇につき、図表、抄録等を含めて刷り上がり10ページ以内、書評、内外研究動向、研究上の問題提起の場合は、刷り上がり1ページ以内とする。このページ数を超過した場合、あるいは、特別な印刷を要した場合には、その実費を寄稿者が負担する。
7. 図表は8枚以内とし、そのまま印刷できるような鮮明なものとする。写真は白黒・カラーとわなないが、仕上がりは白黒のみとする。(但し、仕上がりをカラーで希望する場合及び特別な費用を要





した場合は寄稿者の負担とする。)

8. 図や表には、それぞれに必ず通し番号と、タイトル（表の場合、上方に、図の場合、下方に、和文を上として、和欧文両方で記入）をつけ、1枚ずつ台紙か原稿用紙に貼り、本文とは別の番号順に一括する。図表の挿入箇所は、本文原稿の欄外に、赤インクでそれぞれの番号によって指示する。
9. 引用・参考文献は、原則として、本文の最後に引用順に一括し、雑誌の場合には、著者・題目・雑誌名・巻号・ページ・西暦年号の順とし、単行本の場合には、著者・書名・版数・発行所・西暦年号・ページの順に記載する。なお、引用及び注記は本文中文献引用箇所の右肩に、1)、2)のごとく、引用文献数字を挿入する。
10. 総説、原著論文、研究資料の原稿には、必ず別紙として、欧文規定5. a). b). c) に従った欧文（原則として英語）による300語以内の抄録を添える。なお、同時に欧文抄録の和訳文を添付することを原則とする。
11. 掲載論文の別刷りを希望するときは、その必要部数を、あらかじめ編集委員会に申し込み、原稿第1ページに「別刷り何部」と朱書きする。なお、50部を越える別刷りの費用は寄稿者負担とする。
12. 寄稿論文は下記に送付する。  
〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117  
「東海大学スポーツ医科学研究所」編集委員会

## II. 欧文規定

1. 2. 3. 4. は、和文規定に同じ
5. a) 原稿は、欧文（原則として英語）とし、A4版の不透明なタイプ用紙（レターヘッド等のあるものを除く）に、通常の字体を使い、ダブルスペースでタイプ書きにするが、写真図版にある文字についてはこの限りではない。また、図表説明のスペースはシングルとする。  
b) 用紙の上端、下端および左端は約3センチ、右端は約2.5センチの余白を置き、ほぼ27行にわた

って書く。ページ番号は下端余白中央に書く。

- c) 欧文による題目の下に著者名（ローマ字）、更に著者名の下に所属する機関名を正式英語名から従って書く。
  6. 原稿は原則として1篇につき、図表抄録を含めて刷り上がり10ページ以内とするが（刷り上がり1ページは、おおよそ600語である）、ただし、このページ数を超過した場合、あるいは特別な印刷を要した場合には、その実費を寄稿者が負担する。
  7. 8. 9. は、和文規定に同じ。
  10. 原稿には、必ず別紙として、和文による題目・著者名・所属機関および抄録（600字以内）を添える。
  11. 12. は、和文規定に同じ。
- 附則 この規定は1998年4月1日から適用する。

## 東海大学スポーツ医科学研究所

### スポーツ医科学雑誌編集委員名簿 (2001. 4. 1)

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

## 2001年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

1. 所 長 齋藤 勝 体育学部（体育学科）
2. 次 長 山村 雅一 医学部（分子生命科学）
3. 専 任 寺尾 保 スポーツ医科学研究所
4. 専 任 中村 豊 スポーツ医科学研究所
5. 専 任 有賀 誠司 スポーツ医科学研究所
6. 専 任 恩田 哲也 スポーツ医科学研究所
7. 特 任 田中 誠一 スポーツ医科学研究所
8. 研究員 吉川 政夫 体育学部（社会体育学科）
9. 研究員 佐藤 宣践 体育学部（武道学科）

10. 研究員 林 義正 工学部 (動力機械工学科)
11. 研究員 持田 譲治 医学部 (整形外科学)
12. 研究員 山下 泰裕 体育学部 (武道学科)
13. 研究員 山並 義孝 体育学部 (社会体育学科)
14. 研究員 加藤 達郎 体育学部 (体育学科)
15. 研究員 宮川 千秋 体育学部 (体育学科)
16. 研究員 岡 義範 医学部 (整形外科学)
17. 研究員 桑平 一郎 医学部 (呼吸器内科学)
18. 研究員 植田 恭史 体育学部 (体育学科)
19. 研究員 高妻 容一 体育学部 (体育学科)
20. 研究員 新居 利広 体育学部 (体育学科)
21. 研究員 高野 進 体育学部 (体育学科)
22. 研究員 内山 秀一 体育学部 (体育学科)
23. 研究員 志水 哲雄 教養学部 (芸術学科)
24. 研究員 三田 信孝 体育学部 (社会体育学科)
25. 研究員 八木原 晋 理学部 (物理学科)
26. 研究員 サンドゥー・アダルシュ  
電子情報学部 (電気電子工学科)
27. 研究員 宮崎 誠司 医学部 (整形外科学)
28. 研究員 菊川 久夫 医学部 (整形外科学)
29. 研究員 飛田 美穂 医療技術短大

---

## 2001年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

---

健康・体力と競技力向上のための総合的研究

## 編集後記

【東海大学スポーツ医科学雑誌】はスポーツ医科学研究所が設立された翌年、1989年に創刊号が発行され、本年で第14号となりました。

1998年にウィーン大学スポーツ科学研究所を訪問し、所長のノルベルト・バハル博士にお会いした折に、両大学のスポーツ研究交流の手始めに相互の研究雑誌に論文の交換をしては、と申し出たところ、快く同意して頂き、以来、2000年よりウィーン大学は「スポーツ科学スペクトル」と「スポーツ医学ジャーナル」に、東海大学は「体育学部紀要」と「スポーツ医科学雑誌」に双方の論文が掲載されることとなり、今日に至っております。

本年は東海大学からスポーツ医科学研究所の恩田哲也、寺尾 保両先生の研究論文をオーストリアに送らせて頂きました。

本誌もかつてはスポーツエッセイやスポーツ医学とは異なる領域の論文が掲載されることもありましたが、ここ数年からは、本来のスポーツ医科学を重点としたものになりつつあります。今後は、我々の一層の努力により、東海大学のスポーツ医科学研究所の活動及びその研究内容をより多く取り上げ、この雑誌を通じて、多くの人達から高い評価と理解を受けられる研究成果を上げ、発表していければと思っております。今後とも宜しく、ご協力をお願い致します。

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

2002年 2月

編集委員長 齋藤 勝

「東海大学スポーツ医科学雑誌」  
編集委員

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

**東海大学スポーツ医科学雑誌 第14号 2002**

発行日———2002年3月30日

編集———東海大学スポーツ医科学雑誌編集委員会

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

製作———東海大学出版会

印刷———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——株式会社テイクアイ