

東海大学

第11号 **スポーツ医科学雑誌** 1999

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所

イコメナ 葉 図子



【研究論文】

Oxygen uptake efficiency slope (OUES) : その生理学的基礎と臨床応用
馬場礼三 9

学生長距離選手の赤血球指標の縦断的变化
岩垣丞恒・新居利広・山村雅一・佐藤大貴 15

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
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 22

大学アメリカンフットボールチームにおける
計画的ウエイトトレーニングプログラム導入の効果
有賀誠司・中澤一成・麻生 敬・阿部総一郎・恩田哲也・中村 豊・寺尾 保 30

大学柔道部員における傷害発生の実態調査
恩田哲也・有賀誠司・寺尾 保・中村 豊・宮崎誠司・佐藤宣践・岩川武久 44

高身長・高体重スポーツ選手の膝蓋・大腿関節適合不良について
中村 豊・寺尾 保・有賀誠司・恩田哲也・戸松泰介 52

筋紡錘の関節位置覚における役割
宮崎誠司・岩瀬 敏・間野忠明・中村 豊・福田宏明 59

足関節弛緩の測定
——測定装置の考案——
菊川久夫・中村 豊・戸松泰介・福田宏明・康井義明・森山裕幸 63

音楽聴取による情動変化について
——音楽専攻の有無による違いや聴取音楽による違いについて——
山本賢司・伊賀富栄・高橋幸子・志水哲雄 71

スポーツ医科学研究所プロジェクト研究報告
岩垣丞恒・寺尾 保・中村 豊・恩田哲也・有賀誠司・山村雅一
馬場礼三・新居利広・中村一生・佐藤大貴・風見昌利 79

過去2年間における中長距離選手の血液粘度
——種目特性、身体の状態に関与するか?——

山村雅一・新居利広・岩垣丞恒 91

Dr. Berno Wischmann 教授の来訪記

岩垣丞恒 94

スポーツ医科学研究会の開催にあたって (研究会・第1回~第6回)

96

スポーツ医科学研究所所報

101

編集後記

107



研 究 論 文

- ① Oxygen uptake efficiency slope (OUES) : その生理学的基礎と臨床応用
- ② 学生長距離選手の赤血球指標の縦断的变化
- ③ 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
- ④ 大学アメリカンフットボールチームにおける計画的ウエイトトレーニングプログラム導入の効果
- ⑤ 大学柔道部員における傷害発生の実態調査
- ⑥ 高身長・高体重スポーツ選手の膝蓋・大腿関節適合不良について
- ⑦ 筋紡錘の関節位置覚における役割
- ⑧ 足関節弛緩の測定
——測定装置の考案——
- ⑨ 音楽聴取による情動変化について
——音楽専攻の有無による違いや聴取音楽による違いについて——

Oxygen uptake efficiency slope (OUES) : その生理学的基礎と臨床応用

馬場礼三 (体育学部社会体育学科)

Oxygen uptake efficiency slope: physiological background and clinical application

Reizo BABA

School of Physical Education and Research Institute of Sports Medical Science, Tokai University

Abstract

Oxygen uptake efficiency slope (OUES) is a new index of cardiorespiratory functional reserve derived from the logarithmic relation between oxygen uptake (VO₂) and minute ventilation (VE) during incremental exercise. The OUES represents how effectively oxygen is extracted and taken into the body from the air ventilated. The physiological backgrounds of the index are based on (i) the development of metabolic acidosis that is controlled by the distribution of blood to the skeletal muscles, (ii) the physiologic dead space that is affected by the perfusion to the lungs, and (iii) arterial carbon dioxide partial pressure. One of the greatest advantages of the OUES is that it can be calculated by exercise data of submaximal levels. Another advantage is that it is mathematically determined from a set of gas analysis data and therefore is completely an objective measurement. Moreover, OUES is shown to be highly reproducible. Clinical applications of the OUES have been reported initially from a population of pediatric cardiology, then from adult patients with chronic heart failure and elite endurance athletes. Further applications are expected with the use of this sophisticated index.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 9-14, 1999)

Oxygen uptake efficiency slope (OUES) とは

図1 aは、ある被検者での漸増運動負荷中の酸素摂取量 (VO₂[ml/min]) と分時換気量 (VE [l/min]) の関係を示す。このグラフからわかるように、VO₂のVEに対する増加率は負荷強度が増すにつれて次第に鈍り、最後には頭打ちの状態になってくる。これらの関係は対数関数を用いるとよく表わすことができる¹⁻⁴⁾。図1 aをx軸についての片対数表示すると両者の関係は直線で表わされるが(図1 b)、その傾きは生理学的に重要な意味をもつ。すなわち、大きい傾きは一定の換気量の増加に対して大きい酸素摂取量の増加が得られ

ることを意味する。我々はこの傾きを酸素摂取効率勾配(oxygen uptake efficiency slope[OUES])⁴⁾と名づけ、これが運動耐容能の指標として使用可能であることを示唆した¹⁻⁴⁾。1995年に登場して以来、この指標に関していくつかの基礎的な研究や臨床応用が報告されてきている。本稿ではOUESに関するこれまでの知見をまとめて概説したい。

OUESの生理学

OUESは何をあらわしているか?

前述したように、漸増運動負荷中のVEとVO₂の関係は対数関数で回帰することができ、対象^{1-3,5)}

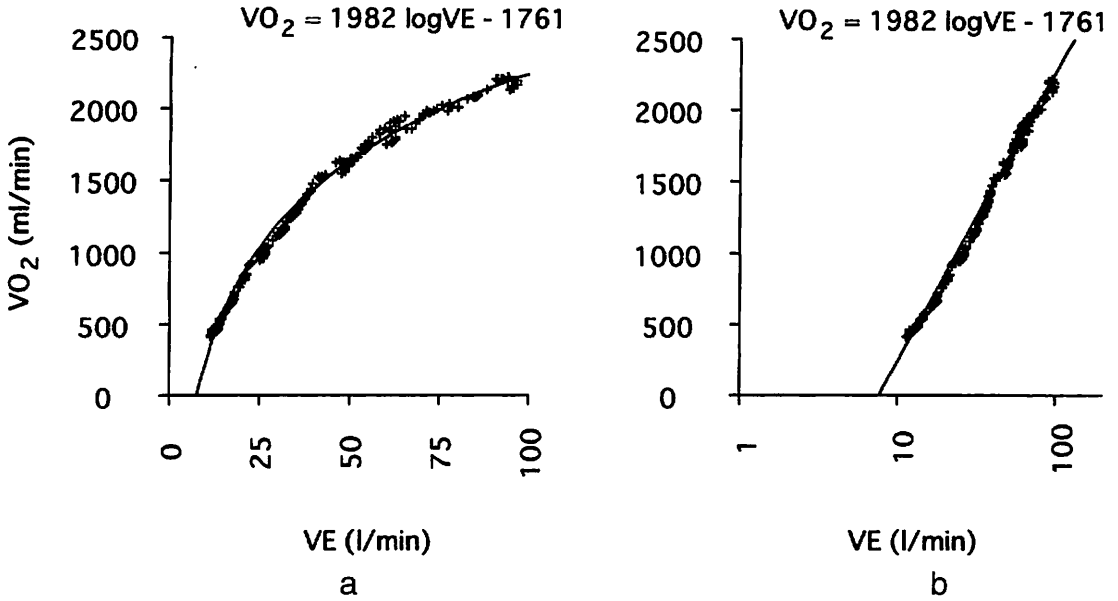


図1：ある被検者における漸増運動負荷中の酸素摂取量（VO₂）と換気量（VE）の関係。両者は対数関数でよくあわすことができる（a）。これをx軸についての片対数表示であらわすと、直線関係となる（b）。この直線の傾きは換気の有効性をあらわす指標であり、これをOUESと呼ぶ。

（年齢、基礎疾患の有無や種類）、負荷プロトコールの種類⁶⁾にかかわらずその回帰係数はいずれの報告でも平均で0.96以上の高値が得られている。すなわち、VEとVO₂の間には

$$VO_2 = a \times \log VE + b, \quad (1)$$

（ここで、aとbは被検者ごとに決定される係数）であらわすことのできる関係が成立する。両辺をVEで微分すると

$$dVO_2/dVE = a \times \ln 10 / VE$$

となる。この式は、VO₂のVEに対する増加率がVEと係数aによって決定されることを示している。すなわち、係数a（すなわちOUES）はある相対運動強度（VE）におけるVO₂の増加率を示す係数であり、いいかえれば体がどれくらい有効に酸素を摂取できるかをあらわす指標であるといえる³⁾。

OUESの決定因子は何か？

Whipp⁷⁾らによれば、定常状態における換気量は炭酸ガス産出量（VCO₂）、動脈血炭酸ガス分圧（PaCO₂）、死腔換気率（Vd/Vt）の関数すなわち、

$$VE = k \times VCO_2 / PaCO_2 (1 - Vd/Vt) \quad (2)$$

（ここで、kはSTPDをBTPSに変換するための定数）であらわされるといふ。さらに、ガス交換比（RER）をVCO₂/VO₂で定義するとこの式は、

$$VE = k \times RER \times VO_2 / PaCO_2 (1 - Vd/Vt) \quad (3)$$

と書くことができる。すなわち、VO₂とVEの関係はRER、PaCO₂、Vd/Vtの3つの変数によって規定されている。いいかえれば、OUESは、(i)代謝性アシドーシスへの進展の時期と程度、すなわち作業筋への血液供給量、(ii)運動中の“PaCO₂セットポイント”、(iii)生理学的死腔換気率、すなわち肺への血液灌流の良否、の3つの要素によって決定される³⁾。

回帰モデルについて

従来、VO₂とVEの関係は換気閾値を交点とする2本の直線⁸⁾または呼吸性代償点をもう一つの交点とする3本の直線⁹⁾によって回帰されるといわれてきた。しかしこれらの直線回帰モデルは理論的には問題がある。すなわち、漸増運動負荷試験

で、安静から最大負荷に至るあいだに、式(3)中の変数であるRERはおおよそ0.8から1.2程度に次第に増加、 PaCO_2 は最大負荷近くでやや低下、 Vd/Vt は健常者では次第に減少することが知られている。しかし、これらの変化はある閾値を境に急激に生じるものではなく徐々に進行するものであるので、前述したような2本または3本の直線による回帰モデルは正当性を持たず、曲線モデルによる回帰の方が理にかなっていることがわかる。

OUESの特長

OUESは、従来の運動耐容能の諸指標にはみられないいくつかの優れた特性を有している。その第一は、OUESの算出には最大負荷を必要としないことがあげられる。OUESは $\text{VO}_2 - \log \text{VE}$ 回帰直線の傾きとして定義されるので、これを算出するためには必ずしも最大負荷を必要としない。われわれは、漸増最大運動負荷試験における負荷時間の75%あるいは90%までのデータを用いてOUESを求めた場合でも、最大負荷までのデータを用いてこれを求めた場合とほとんど差がないことを小児^{1,3,10)}、健常成人²⁾ および成人心疾患患者⁵⁾を用いて証明している。また露木ら¹¹⁾によると、心拍予備能の60%程度の負荷強度であればほぼ満足すべき正確さでOUESを算出可能であるという。亜最大負荷で算出可能であるということは臨床応用の上できわめて重要な特長である。すなわち、心疾患患者などで最大負荷を課することが危険な場合には検査に伴う危険性を減らすことができる。さらに、被検者のがんばりに左右されないこと、何らかの事情で負荷検査を途中で中止せざるをえなくなった場合にも運動耐容能を評価できることなどは臨床上大きな利点であろう。

OUESのもうひとつの特長は、それが純粋に数学的に算出され、測定値の決定に主観の介在する余地がないことである³⁾。換気閾値(VAT)や乳酸閾値の決定に主観の介在する余地が大きいことはよく知られている。いわゆるV-slope法¹²⁾は“客観的”に換気閾値を求めるために導入された

が、これとて回帰直線を引く範囲を恣意的に決められるので純粋な意味での客観的な指標とはならない。

また、OUESはすぐれた再現性を示すことが知られている。Babaらはテスト間の再現性をcoefficient of repeatability (COR)¹³⁾によって評価し、最高酸素摂取量(VO_2peak)、OUES、VATのそれぞれで平均測定値の16%、20%、および31%のCORであったと報告している¹⁴⁾。また、プロトコルを変えた場合にも測定値はほとんど影響を受けず、2種のトレッドミルプロトコル間での測定値の一致は最大酸素摂取量(VO_2max)、VATのそれらよりすぐれており、lower limit of agreement¹³⁾、upper limit of agreement¹³⁾はそれぞれ平均測定値の-18%および+17%であった¹⁷⁾。

さらに、OUESは VO_2max ときわめて強い相関を示すことが知られている。その相関係数は他の亜最大負荷で求められる諸指標(VAT、 $\Delta \text{VE}/\Delta \text{VCO}_2$ ¹⁵⁾、extrapolated maximal oxygen consumption¹⁶⁾)よりもはるかに高く^{3,5)}、小児で0.94、成人心疾患患者で0.78であった。この結果は、 VO_2max を推定するという目的でもOUESを使用し得ることを示唆するものである。また、 VO_2max との回帰直線や回帰係数は亜最大負荷でOUESを求めた場合でもほとんど影響を受けないことが知られている³⁾。

OUESの臨床応用

OUESは当初、小児心疾患患者の運動耐容能の指標として導入されたが^{1,3)}、その後成人心疾患患者の心肺予備能⁵⁾、アスリートの持久的パフォーマンスの評価⁴⁾などへの応用が報告されている。

OUESと年齢、性

正常小児のOUESの標準値については馬場らが報告している¹⁾。 VO_2max と同様、OUESは思春期を境に増加し、この時期に男女差が際立ってくる。矢野ら¹⁸⁾は年齢と性差が成人のOUESに及ぼす影響について検討し、若年期には顕著であった性差

が加齢とともに小さくなることを報告している。

心疾患患者のOUES

馬場らは小児心疾患患者においてOUESが $VO_2\max$ ときわめて強く相関することを示し、心疾患患者の運動耐容能の評価におけるOUESの有用性を示唆した^{1,3)}。その後、先天性心疾患術後の回復過程において、OUESの改善は $VO_2\max$ に先行することを報告している¹⁹⁾。さらに徳村ら²⁰⁾はフォロー四徴症術後の患者では健常児に比べて低いOUESを示すことを報告した。馬場らはまた、成人心不全患者においてOUESがNYHA分類とよく関連すること²¹⁾、さらにその関連は、負荷終末のガス交換比が1.0に達しないような亜最大負荷でトレッドミル負荷試験が終了した場合においても保たれる点において $VO_2\max$ より優れていることを報告した⁵⁾。

運動選手の持久的パフォーマンスとOUES

馬場ら⁴⁾は、31名の男子長距離走者においてもOUESが $VO_2\max$ ときわめて強く相関 ($r=0.87$) することを示した。吉田らは²²⁾ 女子長距離選手において、OUESが5000m走の自己ベスト記録と相関し ($r=0.89$, $p<0.01$ 、図2) その相関は $VO_2\max$ ($r=0.81$, $p<0.01$)、換気閾値 (n.s.) よりも強いことを報告した。このように、運動選手

の持久的パフォーマンスを評価する際にもOUESが有用であり、今後、この方面におけるOUESの応用が期待される。

今後の展望

OUESは亜最大負荷で決定可能なこと、 $VO_2\max$ と強く相関すること、数学的に算出されるために完全に客観的な指標であることなど、多くのすぐれた特長を有しているため、今後多くの分野での応用が期待される。しかし、OUESは歴史の浅い運動耐容能の指標であり、その生理学的特性や臨床応用についていくつかの未解決の課題を残している。たとえば、心不全患者の予後予測因子としてOUESは使用可能であろうか？ OUESが真に有用な心肺予備能の指標であるなら、 $VO_2\max$ やNYHA分類との関連だけでなく、心不全患者の予後を直接に予測し得るものでなければならない。また、呼吸器疾患²²⁾、腎不全、下半身麻痺、慢性関節リウマチなど、心疾患以外の疾患におけるOUESの応用についての可能性も検討されなければならない。さらに基礎的な問題点として、自転車エルゴメーターとトレッドミルで求めたOUESは一致するかなどの課題については早急に答えを得なければならない。OUESの生みの親として、今後の成長と発展を期待するものである。

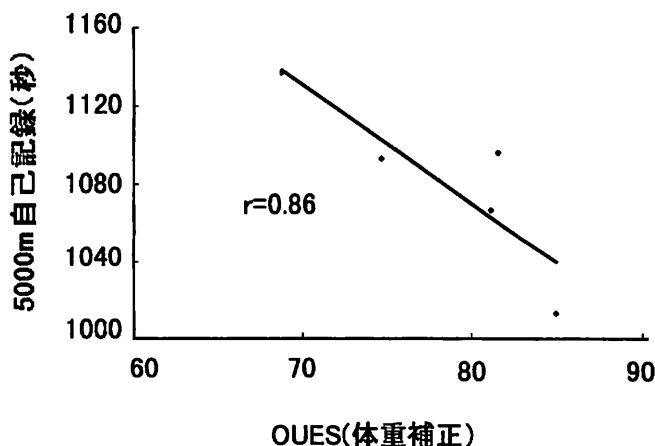


図2：5名の女子長距離走者での5000m自己ベスト記録とOUESの関係。OUESは体重で補正している23。

参考文献

- 1) 馬場礼三、後藤雅彦、長野美子、長嶋正實、横田充弘、田内宣生、砂川博史. 運動中の換気量と酸素摂取量の関係に注目した新しい運動耐容能の指標 (OIES). 心臓27(suppl. 5) : 38-40,1995
- 2) Baba R, Nagashima M, Goto M, Nagano Y, Yokota M, Tauchi N, Nishibata K. Oxygen intake efficiency slope: A new index of cardiorespiratory functional reserve derived from the relationship between oxygen consumption and minute ventilation during incremental exercise. Nagoya J Med Sci 59 : 55-62, 1996
- 3) Baba R, Nagashima M, Goto M, Nagano Y, Yokota M, Tauchi N, Nishibata K Oxygen uptake efficiency slope: A new index of cardiorespiratory functional reserve derived from the relation between oxygen uptake and minute ventilation during incremental exercise. J Am Coll Cardiol 28 : 1567-72, 1996
- 4) 馬場礼三、新居利広、岩垣丞恒. 運動選手の持久的パフォーマンス評価におけるOxygen Uptake Efficiency Slopeの有効性についての研究 (第一報). 東海大学紀要体育学部26 : 59-62, 1997.
- 5) 馬場礼三、諸留克史、露木和夫. 心不全患者の重症度評価におけるOxygen uptake efficiency slope (OUES)の有効性. 体力科学47 : 384(abstr). 1998
- 6) 馬場礼三、長野美子、後藤雅彦、長嶋正實、横田充弘. 異なる二種の負荷に対するOIESの再現性の検討 : Dash法とBruce原法による比較. 心臓28 (suppl.5) : 50-51, 1996
- 7) Whipp BJ. Ventilatory control during exercise in humans. ANN Rev Physiol 45 : 393, 1983
- 8) Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J Appl Physiol 35 : 236-43.1973
- 9) Orr GW, Green HJ, Hughson RL, Bennett GW. A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol 52 : 1349-52, 1982
- 10) 馬場礼三、長野美子、後藤雅彦、横田充弘. Oxygen Uptake Efficiency Slope (OUES)は亜最大負荷で求めても正確か? 心臓29 : (suppl. 4) 76-79, 1997
- 11) 露木和夫、馬場礼三、矢野博義、井上朋子、木村康雄、亀山友美、春日井淳夫、海老根東雄. Oxygen uptake efficiency slopeから最大酸素摂取量を推測するために必要な最低運動負荷強度. 医療体育17 : 84-90, 1998
- 12) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. J Appl Physiol 60 : 2020-7, 1986
- 13) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1 : 307-10, 1986
- 14) Baba R, Kubo N, Morotome Y, Iwagaki S. Reproducibility of the Oxygen Uptake Efficiency Slope in Normal Healthy Subjects. J Sports Med Phys Fit (in press)
- 15) Buller NP, Poole-Wilson PA. Mechanism of the increased ventilatory response to exercise in patients with chronic heart disease. Br Heart J 63:281-3, 1990
- 16) Buller NP, Poole-Wilson PA. Extrapolated maximal oxygen consumption: a new method for the objective analysis of respiratory gas exchange during exercise. Br Heart J 59 : 212-7, 1988
- 17) Baba R, Nagashima M, Nagano Y, Ikoma M, Nishibata K. Role of the oxygen uptake efficiency slope in evaluating exercise tolerance. Arch Dis Childh (in press)
- 18) 矢野博義. Oxygen uptake efficiency slope (OUES) に及ぼす測定条件の違いと付加的因子の影響. 東海大学卒業論文 (体育学部社会体育学科) 1998
- 19) 馬場礼三、長野美子、後藤雅彦、長嶋正實、田内宣生、砂川博史. 心房中隔欠損症、ファロー四徴症およびフォンタン型手術後における運動耐容能向上の過程 : 運動負荷中の酸素摂取量が分時換気量の対数関数とし表されることを利用した運動耐容能の指標 (OIES)の臨床応用. 心臓27 (suppl.5) : 82-85, 1995
- 20) 徳村光昭、松尾宣武、小島好文、石原淳、田口暢彦、福島裕之、前田潤、上田秀明. Fallot四徴症術後例の体脂肪率と身体活動度. 日児誌102 : 672-9, 1998
- 21) 吉田亨、諸留克史、久保徳子、馬場礼三、岩垣丞恒. Oxygen uptake efficiency slope は女子長距離選手の競技パフォーマンスを反映しているか? 第5回日本運動生理学会抄録集, 1997
- 22) 野口修二、武知由佳子、高野智子. 肺気腫患者

- における酸素摂取効率勾配. 医療体育17:91-93, 1998
- 23) 矢野博義、馬場礼三、露木和夫、井上朋子. 各パラメーターの単位を変えた場合のOUESとVO₂maxの関係. 医療体育17:37-40, 1998
- 24) Baba R, Tsuyuki K, Kimura Y, Aihara M, Ebine K, Tauchi N, Nishibata K, Nagashima M. Oxygen uptake efficiency slope as a useful measure of car-

diorespiratory functional reserve in adult cardiac patients. Eur. J Appl Physiol (in press)

註1 1995年の発表当時はOxygen uptake efficiency slopeをOxygen intake efficiency slopeと呼んでいた。J Am Coll Cardiolに投稿した際、査読者の意見によって現在の呼び方に変更した

学生長距離選手の赤血球指標の 縦断的变化

岩垣 丞恒 (東海大学スポーツ医科学研究所)

新居 利広 (東海大学スポーツ医科学研究所)

山村 雅一 (東海大学スポーツ医科学研究所)

佐藤 大貴 (東海大学大学院体育学研究科)

Longitudinal Changes in RBC Indices of Student Long Distance Runners

Suketsune IWAGAKI, Toshihiro ARAI,
Msaichi YAMAMURA and Hiroki SATO

Abstract

We examined the RBC indices of student long distance runners for 4 years to clarify the characteristics of RBCs as a result of endurance training. The subjects were male student long distance runners ($n=9$) and control group ($n=15$). Blood tests were performed 4 to 5 times each year. RBC indices (MCV, MCH, Hct, Hgb) were assayed using an automated hematology analyzer (SF-3000). Blood viscosity was measured by micro viscometer (DV-II). RBCs of the long distance runners significantly decreased due to endurance training ($p<0.05$). Compensatory increases of MCV and MCH were found ($p<0.05$). There was a significant relationship between MCV and MCH ($r=0.80$, $p<0.05$), and the MCH was higher in the runner group than the control group. There were significant relationships among RBCs, blood viscosities, and performance (5000m run) (respectively, $p<0.05$). The findings indicate that RBCs of long distance runners decrease with increases of MCV and MCH due to reduced blood viscosity as a result of endurance training.

keywords: Endurance training, Long Distance Runners, RBC, MCV, MCH. (Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 15-21, 1999)

I. 緒 言

長距離選手の持久性トレーニングの効果は最大酸素摂取量 (Maximum oxygen uptake : $\dot{V}O_{2max}$) で評価される。この指標には肺胞換気量、肺拡散機能、心拍出量、赤血球数、ヘモグロビン濃度などの関与がある。赤血球数 (RBC) 並びにヘモグロビン濃度 (Hgb) は酸素摂取機構の基盤であり、これらの増加は $\dot{V}O_{2max}$ へ直接影響する。従って、運動、トレーニングと赤血球に関する研究は古くから関心が持たれてきた。しかしながら、「運動

性貧血 (sports anemia)』としての学術用語に見られるように、そのmechanismの解明に焦点が合わされ^{1), 2), 3), 4)}、持久性トレーニングによるperformanceの改善と赤血球数並びにその指標との関係は十分に吟味されていない。その後用いられるようになった高所トレーニング並びに血液ドーピングなどは酸素摂取機構の基盤となる赤血球の増加を考慮したトレーニング方法である。しかし、このようなトレーニング方法は持久性トレーニングによる赤血球数並びに、その指標の変化には全く言及された結果ではなかった。トレーニングに伴うヘマトクリット値 (Hct)、赤血球数の低下⁵⁾、あるいはhemolysis^{6), 7)}、幼若-老齢赤血球数⁸⁾、

表1 対照群と長距離走者群の年齢と赤血球指標
Table 1 Ages and RBC indices of control group and long distance runners.

	Age(yrs)	RBC($\times 10^4/mm^3$)	MCV(μ^3)	MCH(Pg)	Hgb(mg/dl)	Hct(%)	5000m Run
Control group (n=15)	18.2 \pm 0.5	511.7 \pm 21.0	91.3 \pm 2.6	30.8 \pm 0.9	15.8 \pm 0.8	46.7 \pm 2.1	—————
LDR group (n=9)	18.4 \pm 0.7	495.2 \pm 25.1	87.4 \pm 2.9	31.3 \pm 1.0	15.5 \pm 0.6	39.9 \pm 9.3	14'23"20 \pm 11"20

赤血球変形能⁹⁾、血液粘性の低下¹⁰⁾などの報告はなされているが、いずれも一過性現象と解釈され、持久性トレーニングに伴う記録の更新と赤血球指標の変化に関する報告はほとんど見当たらない。そこで本研究では長距離選手の赤血球指標を縦断的に4年間調べ、持久性トレーニングによる赤血球指標の変化とトレーニング効果(記録更新)との関係を明らかにし、さらにその変化の意義を追究した。

Ⅱ. 研究方法

1. 対象者

本研究の対象者の年齢、血液性状をTable 1に示した。一般男子学生(n=15)と男子学生長距離選手(n=9)では、長距離選手のHctは低値であった。

2. 採血

各被験者の採血は全て早朝空腹時(7:30~9:00)に実施した。右肘正中上皮膚静脈よりおよそ5ml採血し、血液性状の分析、定量に供した。一般の対象者では各年6月に実施したが、学生長距離選手では同時刻に年間4~5回の採血を行った。

3. 血液性状の測定項目

赤血球(RBC)、平均赤血球容積(MCV)、平均赤血球血色素(MCH)、ヘモグロビン(Hgb)、ヘマトクリット(Hct)を多項目自動血球分析装置(SF-3000:東亞医用電子製)により測定した。血液粘性は37℃下でviscometer(DV-II、BROOKFIELD社)により測定した。

4. 実施期間

1993年4月~1996年4月までの4年間である。

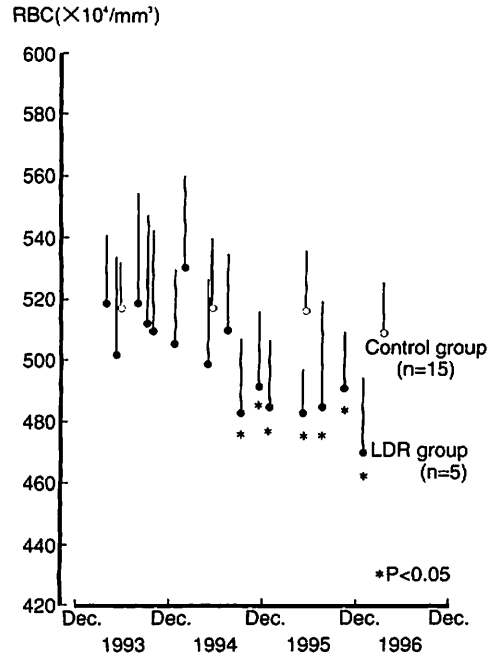


図1 対照群と長距離選手群の4年間における赤血球数の変化

Fig. 1 Changes in RBC indices of control group and long distance runners during 4 years.
Open circle : control group. Closed circle : long distance runners.
* : significant difference.

Ⅲ. 研究成果

1. 持久性トレーニングによる赤血球数の縦断的变化

Fig. 1に対照群(○)、長距離選手群(●)の赤血球数の縦断的变化を示した。対照群では4年間での変化は全くなかった。しかし、長距離選手群では3年目辺りから赤血球数の減少が認められ、対照群との間に統計学的にも有意な差が生じた(p<0.05)。

学生長距離選手の赤血球指標の縦断的变化

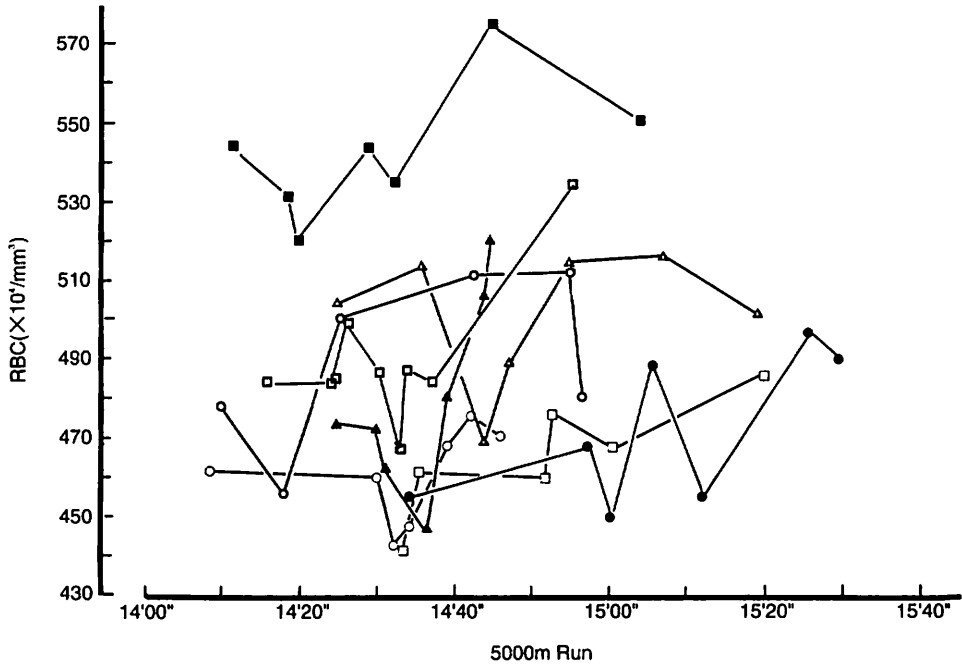


図2 各長距離選手の赤血球数の変化とパフォーマンスタイム (5000m走) の関係
 Fig. 2 Relationships between changes in RBC indices and performance times (5000m run) in each long distance runner. Each symbol represents each subject.

2. 長距離選手の赤血球数の変化と5000m走記録更新との関係

Fig. 2 に長距離選手の5000m走の記録の変化と赤血球数の変化との関係を示した。各個人により赤血球数に差はあるが、5000m走の記録の更新に際し、殆どの対象者で赤血球数の減少が生じていた。

3. 長距離選手の平均赤血球容積 (MCV) と平均赤血球色素量 (MCH) の変化

Fig. 3 に長距離選手のMCVとMCHの縦断的变化を示した。3年目以降になるとMCVとMCHに統計学的にも有意な増加が認められた (それぞれ $p < 0.05$)。すなわち、持久性トレーニングによって平均赤血球容積は大きくなり、平均赤血球色素量も高い値となった。

4. 赤血球数とMCV、MCHの関係

Fig. 4 に対照群と長距離選手群の赤血球数 - MCV関係、赤血球数 - MCH関係を示した。対照群ではいずれの関係も認められなかった (それぞ

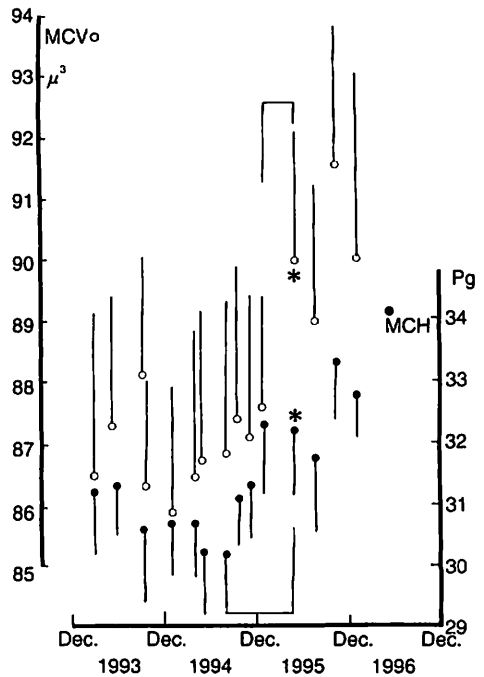


図3 4年間における長距離選手の平均赤血球容積 (MCV) と平均赤血球色素量 (MCH) の変化
 Fig. 3 Changes in MCV and MCH of long distance runners during 4 years.
 Open circle : MCV. Closed circle : MCH.
 * : significant difference.

れ $p > 0.05$)。しかしながら、長距離選手群ではそれぞれ統計的にも有意な負の関係が認められた(それぞれ $p < 0.05$)。

めて高い正の相関関係が認められた ($r = 0.72$, $p < 0.05$)。

5. 長距離選手の赤血球数と血液粘性との関係

Fig. 5 に長距離選手の赤血球数の変化と血液粘性 (cP) との関係を示した。これらの間には極

6. MCV-MCH関係

Fig. 6 に対照群と長距離選手群のMCV-MCH 関係を示した。それぞれFig. 6 に示したような有意な正の関係が認められた (それぞれ $p < 0.05$)。

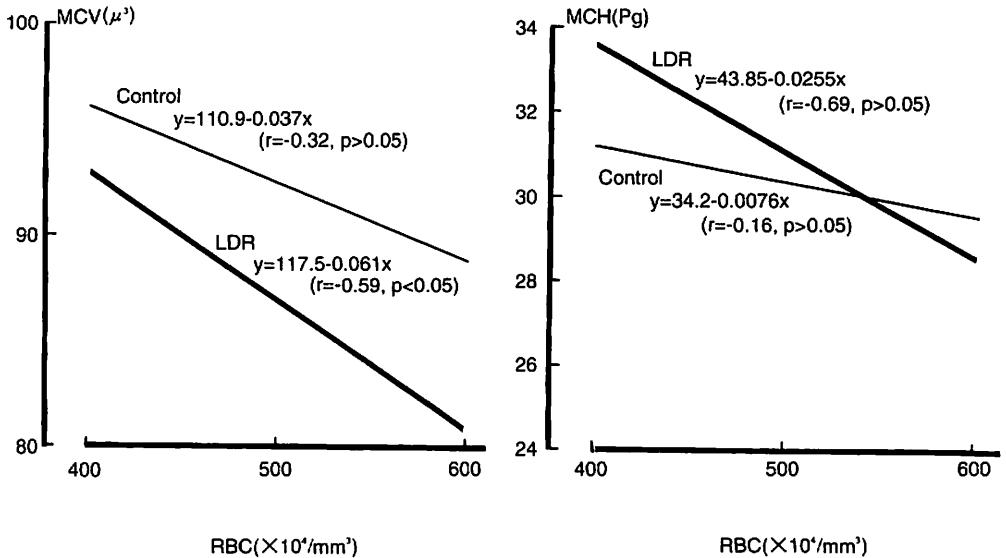


図4 対照群並びに長距離選手群の赤血球数とMCV、MCHの関係

Fig. 4 Relationships between RBC and MCV, and between RBC and MCH in control group and long distance runners. Long distance runners showed significant relationships between them, but those of control group did not any relationship between them.

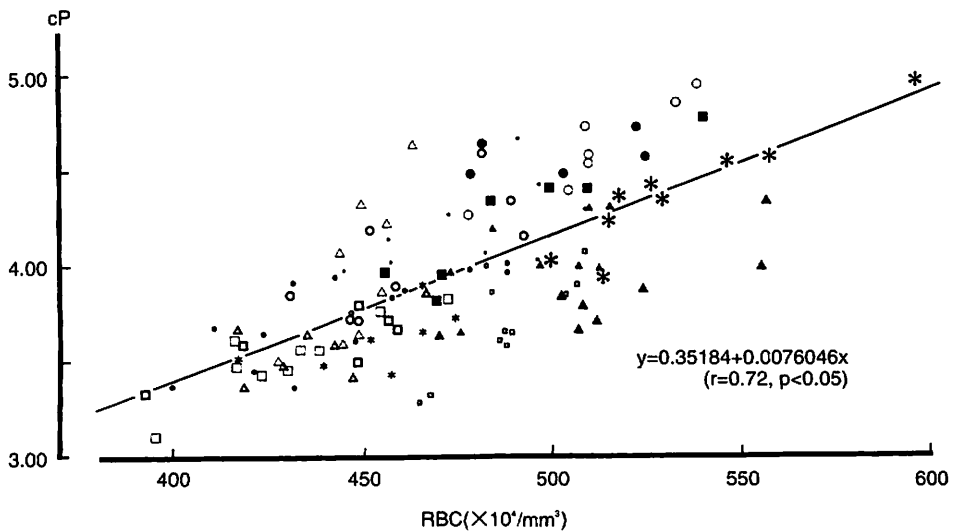


図5 長距離走者における赤血球数と血液粘度との関係

Fig. 5 Relationships between RBCs and blood viscosity of long distance runners. Each symbol represent individual changes in blood viscosity with decrease of RBC was a result of endurance training.

しかしながら、長距離選手のMCHは対照群に比べ、有意に高かった ($p < 0.05$)。

7. ヘモグロビン (Hgb) と赤血球数 (RBC) との関係

Fig. 7 にRBC-Hgbの関係を示した。長距離選手の赤血球 ($\times 10^4$) に対するHgb ($\mu\text{g/dl}$) は有意に高値となっていた ($p < 0.05$)

IV. 考 察

1. 持久性トレーニングによる赤血球数の変化

持久性トレーニングの指標は $\dot{V}O_{2\text{max}}$ とされているため、高所トレーニングや血液ドーピングによる赤血球数の増加が考えられた。持久性運動やトレーニングによる「運動性貧血 (sports anemia)」は古くから報告されている現象であるが^{1), 2), 3)},

$\dot{V}O_{2\text{max}}$ を高めるための考え方と実際の結果では相反する状態となっている。したがって、持久性トレーニングによる赤血球数の変化はどの方向を向いているのかを明確にする必要がある。Fig. 1の結果に示したように、赤血球数の変化を縦断的に調べると、およそ3年以降で、赤血球数は有意に低下し、対照群との間に有意差が生じた。従って、持久性トレーニングを継続していると、3年以降で赤血球数は低下することが明確となった。運動並びにトレーニングによる赤血球数の低下⁵⁾、あるいはhemolysis^{6), 7)}等はすでに報告されているが、我々の得た結果はこのような一過性と考えられるものではなく、3年という極めて長期間のトレーニングで発現してくる現象であり、その内容は大きく異なる。しかしながら、このような赤血球数の低下は $\dot{V}O_{2\text{max}}$ に影響することになるので、少なくともperformance (5000m走) に悪影響を及ぼさずである。しかしながら、

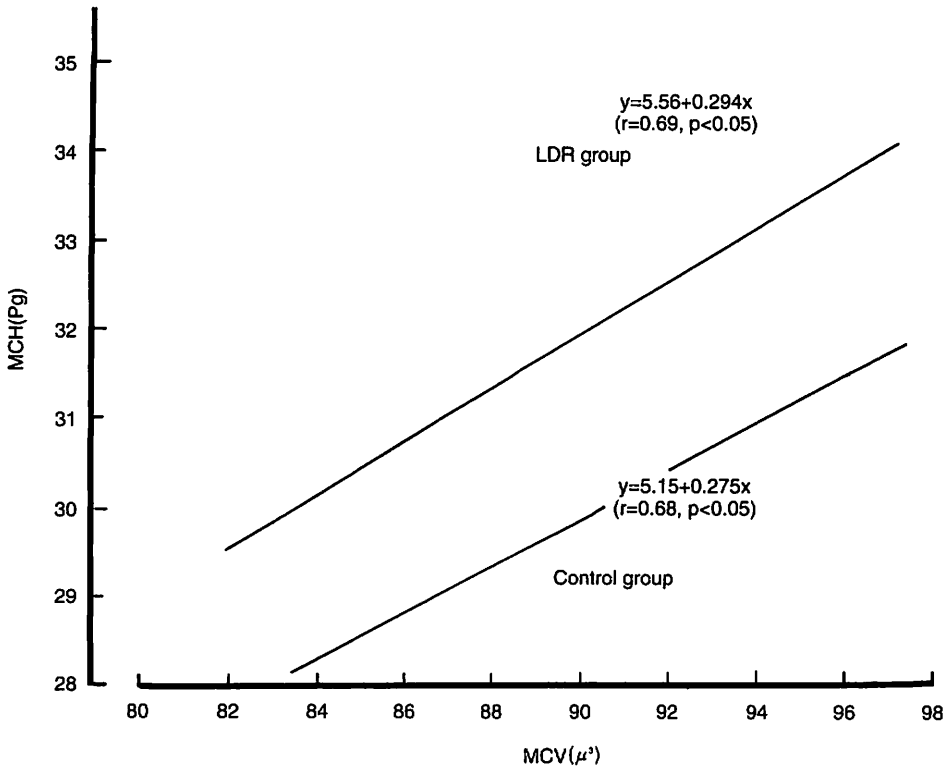


図6 対照群並びに長距離選手群におけるMCV-MCHの関係

Fig. 6 Relationships between MCV and MCH in control group and long distance runners. Both groups had significant relationships between them, but MCH of long distance runners was significantly higher than that of control group.

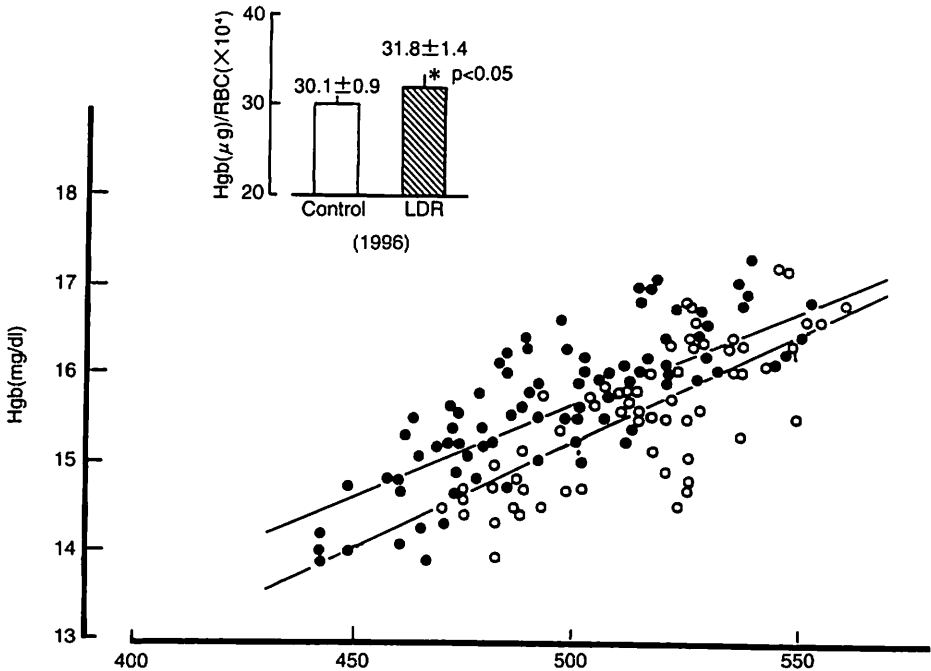


図7 対照群と長距離選手群における赤血球数とヘモグロビン濃度との関係
 Fig. 7 Relationships between RBCs and Hgb in control group and long distance runners.
 Open circle : control group, Closed circle : long distance runners.
 * : Significant difference.

5000m走と赤血球数との関係では、赤血球数の低下に伴って、5000m走の記録の更新が出現していた (Fig. 2)。この現象の背景には何らかの代償的な変化が起こっていないなければならない。

2. 長距離選手の赤血球低下に伴う血液性状の代償的变化

持久性トレーニングによる赤血球数の低下、それに伴う5000m走記録の更新には何らかの代償的变化がなければ論理的に説明づけられない。Fig. 3に示した結果は持久性トレーニングによる赤血球数の低下に伴って、平均赤血球容積 (MCV)、平均赤血球血色素量 (MCH) がそれぞれ有意な増加を示し (それぞれ $p < 0.05$)、赤血球数の低下と相反して出現していた。これらの変化はFig. 4に示したように対照群では全く成立しないが、長距離選手ではそれぞれ負の有意な相関関係として成立していた ($p < 0.05$)。すなわち、持久性トレーニングによりMCVとMCHとの間に代償的役割を演じるための相互関係が成立するようにな

り、またFig. 6、Fig. 7に示したようにMCV当たりのMCHは有意に高く、さらに赤血球数当たりのヘモグロビン量も有意に高い。その結果が5000m走の記録更新を生む要因となったと考えられる。逆に考えると、これらの代償的变化が崩れると、「運動性貧血」と称される現象となることが予測される。

3. 持久性トレーニングによる長距離選手の赤血球数低下の意義

持久性トレーニングによる赤血球数低下と、それに伴う代償的なMCV、MCHの増加の意義を血液粘性の立場から考えた。Fig. 5に示したように、赤血球数と血液粘性との間には極めて高い相互関係が認められ ($r = 0.72$, $p < 0.05$)、持久性トレーニングによる赤血球数の低下は血液粘性を低下させる要因となっている。このような血液粘性の低下は当然心臓-血管系に対する負荷の軽減につながり、長時間運動を強いられる持久性トレーニングではこれらの系に対する負荷軽減の適応とし

て、赤血球指標での代償的变化が生じているのではないかと考えられる。

立することによって、記録の更新が生じていることが明らかとなった。

V. ま と め

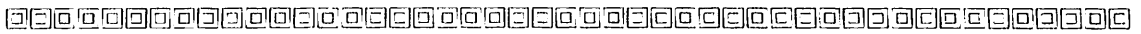
持久性トレーニングを行う長距離選手の赤血球指標を縦断的に調べ、次のような事柄が明らかとなった。

1. 長距離選手の赤血球数は持久性トレーニングにより有意な減少となった。
2. このような赤血球数の低下と5000m走の記録との間には関係があり、5000m走の記録の更新が認められた。
3. このような赤血球数低下の時期に平均赤血球容積 (MCV)、並びに平均赤血球血色素量 (MCH) の代償的な増加が起きた。これらの変化は赤血球数の低下と一致していた。
4. 長距離選手群ではMCV-赤血球数、MCH-赤血球数関係が有意に成立していた (それぞれ $p < 0.05$)。しかしながら、対照群ではこのような関係は成立していなかった。
5. MCVとMCHとの間には対照群、長距離選手群とも有意な関係を示した (それぞれ $p < 0.05$)。しかしながら、長距離選手群MCHは有意に高かった。
6. 赤血球数と血液粘性との間には有意な正の相関が成立し ($p < 0.05$)、赤血球数の低下は血液粘性を小さくしていることが明らかとなった。
7. 赤血球数-Hgb関係では、対照群に比べ長距離選手群は赤血球数に対するヘモグロビン含有量 ($\mu\text{g}/\text{dl}/10^4$) は有意に高かった ($p < 0.05$)。

これらの結果から、縦断的な赤血球指標の変化から、長期間の持久性トレーニングによって赤血球数は低下し、赤血球指標間の代償的な変化が成

参考文献

- 1) 山田敏夫 (1958) : 運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第3報—運動鍛錬時における赤血球膜燐の代謝について. 体力科学 7, 81-91
- 2) 山田敏夫 (1958) : 運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第1報—赤血球新生破壊に及ぼす影響. 体力科学 7, 231-241
- 3) 山田敏夫 (1958) : 運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第2報—運動鍛錬時の赤血球の抵抗性について. 体力科学 7, 242-251
- 4) 吉村寿人 (1958) : 運動鍛錬時の赤血球の性状に関する研究—第4報—運動鍛錬時の赤血球鉄分の代謝について. 体力科学 8 (2), 92-98
- 5) Casoni I., Borsettol C., Cavicchi A., Mattinellis S. and Conconi F. (1985): Reduced hemoglobin concentration and red blood cells. *Int. J. Sports Med.* 6 (3), 176-179
- 6) Weight L.M.I, Byrne M. J and Jacobs P.(1991) : Hemolytic effects of exercise. *Clin., Scie.* 81(2), 147-152
- 7) Hsia.C.C.W, Chuong.C.J.C, and Johnson.R.L.Jr. (1997) : Red cell distortion and conceptual basis of diffusing capacity estimates : finite element analysis. *J Appl Physiol* 83, 1397-1404
- 8) Spondark K., Berger L. and Hanke S.(1990): Influences of physical training on the functional changes of young and old red blood cells. *Mech. Ageing Der.* 55(2), 199-206
- 9) Oostenbrug. G.S, Mensink. R.P, Hardeman. M.R, Vries. T.De, Brouns.F, and Hornstra.G(1997): Exercise performance, red blood cell deformability, and lipid peroxidation; effects of fish oil and vitamin E. *J. Appl Physiol* 83, 746-752
- 10) Wood S.C., Doyle M.P. and Apenzeller O.(1991): Effects of endurance training and long distance running on blood viscosity. *Med.Scie.Sports Exercise.* 23(11), 1265-1269



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

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)	木村季由 (体育学部体育学科)
湯浅康弘 (トレーニングセンター)	袋館龍太郎 (スポーツ医科学研究所)
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)
中澤一成 (体育学部体育学科)	山並義孝 (体育学部社会体育学科)
中村 豊 (スポーツ医科学研究所)	齋藤 勝 (体育学部体育学科)

Effects of Walking Exercise in a Hypobaric Environment on the Body Composition and Energy Metabolism of Weight Reduction in Athletes

Tamotsu TERAJO, Hideyuki KIMURA,
Yasuhiro YUASA, Ryutaro FUKURODATE,
Tetsuya ONDA, Seiji ARUGA,
Kazunari NAKAZAWA, Yoshitaka YAMANAMI,
Yutaka NAKAMURA 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 body composition and energy metabolism in body weight reduction of athletes.

Before and after the training in experimental group (EG) and control group (CG), following parameters were measured ; body weight (BW), body composition and resting metabolism (RM) at 08:30-09:00 a.m.. EG performed exercise in a 1500m simulated altitude, for 60 min/day, 3 days/week for 4 weeks. After the training for 4 weeks, BW in EG decreased significantly (-3.9kg, $p < 0.01$). Body composition of body fat, was also significantly decreased (-3.38kg, $p < 0.01$) after the training. RM after the training in EG was significantly higher than that in CG (32.49 kcal/kg/day vs. 27.52 kcal/kg/day, $p < 0.05$). These results indicate that walking exercise based on the LT in a hypobaric environment may be a useful method for body weight reduction and exercise treatment for obesity.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 22-29, 1999)

I. 緒 言

従来、私たちは、低圧環境下における血中乳酸濃度を指標とした持続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^{1,2)}、さらには、身体組成および脂質代謝の面から減量・ウエイトコントロールに関する研究³⁾などについて検討を行っている。

近年、競技スポーツと減量に関する研究が数多く報告されている。日常、運動習慣のあるスポーツ選手の中にも肥満が存在する。これは、競技種目の特性、さらには競技スポーツのポジションの違いなどによって、エネルギー消費の形態が異なり、摂取エネルギー量と消費エネルギー量の継続的アンバランス、代謝機構の変化などから体脂肪の蓄積がみられてくるものと考えられる。したがって、柔道をはじめレスリング、ウエイトリフティングおよびボクシングなどの体重階級制スポーツ選手のみならず、多くのスポーツ選手にとって、減量・ウエイトコントロールは最も重要課題の一つでもある。それに伴う身体組成の改善は、競技成績の一翼を担うのみだけでなく、その成否が身体組成の恒常性の破綻から、体力や運動能力を低下させ、さらには健康を障害させる危険性もある。そこで、減量およびウエイトコントロールを行う場合には、除脂肪体重 (LBM) を減少させず体脂肪を減少させることが重要となる。

本研究では、日常、運動習慣を有するものの減量・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、低圧環境下における乳酸閾値 (lactate threshold, LT) 強度の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝にどのような影響を及ぼすかを検討した。

II. 実験方法

1. 対象者

実験対象は、東海大学のラグビー部およびアメリカンフットボール部の選手 8 名 (年齢 19.75 ± 1.20 歳、身長 181.75 ± 4.26 cm、体重 105.9 ± 9.23 kg) を被験者に、実験群 (4 名) および対照群 (4 名) にそれぞれ分けて行った。なお、被験者には、実験の概要を十分に説明し、実験参加の同意を得た。

2. 環境条件

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、低圧環境下におけるトレーニングの条件として、標高 1500 m に相当する気圧 634 mmHg および室温 20℃、相対湿度 55% にそれぞれ調整して行った。

3. 運動負荷テストおよび LT の判定

実験群の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。

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

4. 持続的トレーニング

実験群に対する低圧環境下の持続的トレーニングは、4 週間にわたり、週 3 回の頻度で、1 日 60 分間の運動とした。運動後、被験者は、低圧環境下で 1 時間の安静状態を保持した。このトレーニング期間は、通常の練習および補強トレーニング

は継続して行った。なお、対照群は、実験期間中、常圧環境下でレジスタンストレーニングを取り入れた。トレーニング期間中は、摂取エネルギーの制限など強制的な栄養指導は行わず本人の自主性に任せた。

5. 安静代謝量の測定

トレーニング終了後の安静代謝量は、低圧室において気圧760mmHg、室温25℃、相対湿度55%に制御した環境下で、前日の夕食後12時間以上の絶食状態で午前8時30分～9時に椅座位で測定を行った。

6. 測定方法

血中乳酸濃度は、グルコース・ラクテートアナライザー2300STAT（米国YSI社）、体脂肪率が体内脂肪計TBF-305（タニタ）、エネルギー代謝量はテレメトリー式呼吸代謝計測装置K4（Cosmed社）をそれぞれ用いて求めた。

7. 統計解析

統計量は、平均値±標準偏差で示した。各群におけるトレーニング前後の体重、身体組成などの平均値の差の検定には、paired t-testを、また、トレーニング後における実験群と対照群とのエネルギー代謝量の差の検定には、unpaired t-testをそれぞれ用いた。統計的有意水準は、すべての検定において5%未満とした。

Ⅲ. 実験結果

1. 4週間のトレーニング前後における体重の変化

図1に4週間のトレーニング前後における体重の変化を示した。低圧環境下でトレーニングを行った実験群の体重は、トレーニング前の107.2±12.2kgに比較して、トレーニング後で103.3±11.9と有意な低下を示した（ $p<0.01$ ）。これに対して、低圧トレーニングを行わなかった対照群では、4

週間の前後ではほぼ同値を示し、有意な差がみられなかった。

2. 4週間のトレーニング前後における体脂肪率の変化

4週間のトレーニング前後における体脂肪率の変化を図2に示した。実験群の体脂肪率は、低圧トレーニング前が20.8±1.9%に比べて、トレーニング後で18.2±1.7%と有意な低下を認めた（ $p<0.01$ ）のに対して、対照群では、4週間の前後で有意な差が認められなかった。

3. 4週間のトレーニング前後における身体組成の変化

図3に4週間のトレーニング前後における身体組成の変化を示した。まず、実験群の体脂肪量は、低圧トレーニング前が22.4±3.9kgに比較して、トレーニング後で19.0±3.7kgと有意な低下を示した（ $p<0.01$ ）のに対して、対照群では、ほぼ同値を示した。除脂肪体重（LBM）については、実験群および対照群のいずれの群でも4週間の前後で有意な差がみられなかった。

4. 4週間のトレーニング後における安静代謝量の変化

4週間のトレーニング後における実験群と対照群の安静代謝量の変化を図4に示した。低圧トレーニングを行った実験群は、トレーニング後の値が32.5±2.9kcal/kg/dayに対して、対照群が27.5±1.2kcal/kg/dayと、実験群が有意な増加を示した（ $p<0.05$ ）。

Ⅳ. 考 察

本研究では、日常、運動習慣を有するものの減量・ウエイトコントロールを必要とするスポーツ選手に、低圧環境下における乳酸閾値（lactate threshold、LT）強度の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝にどのような影響を及ぼすかを

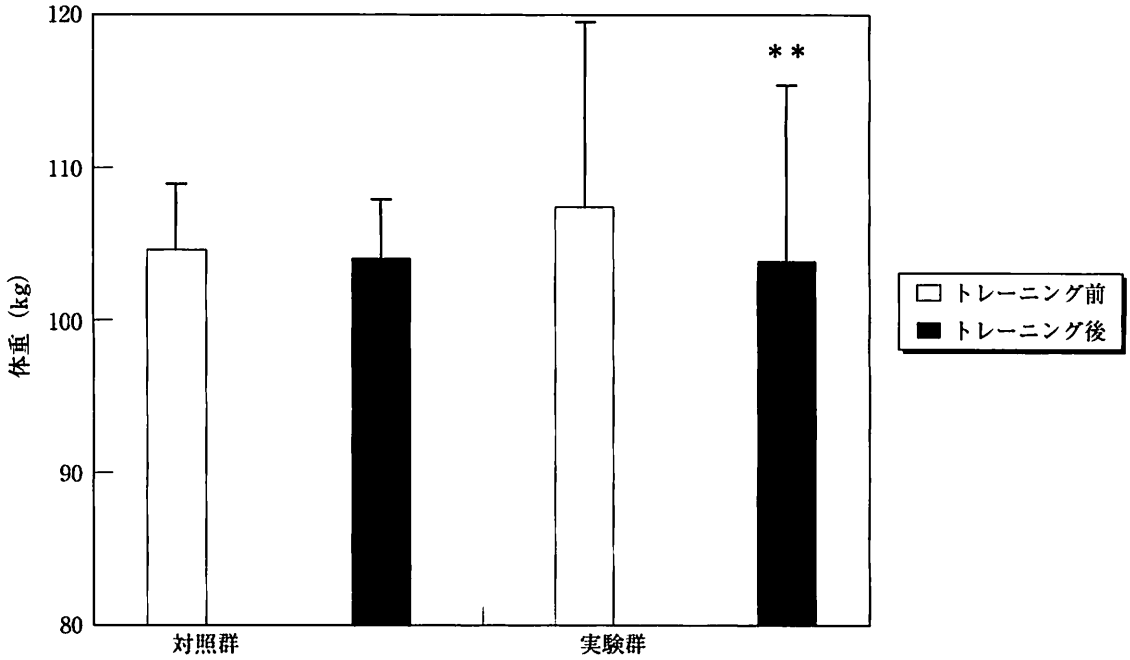


図1 トレーニング前およびトレーニング後における体重の変動

Fig. 1 Changes in body weight before and after training.

Values are expressed as means±SD.

** : p<0.01

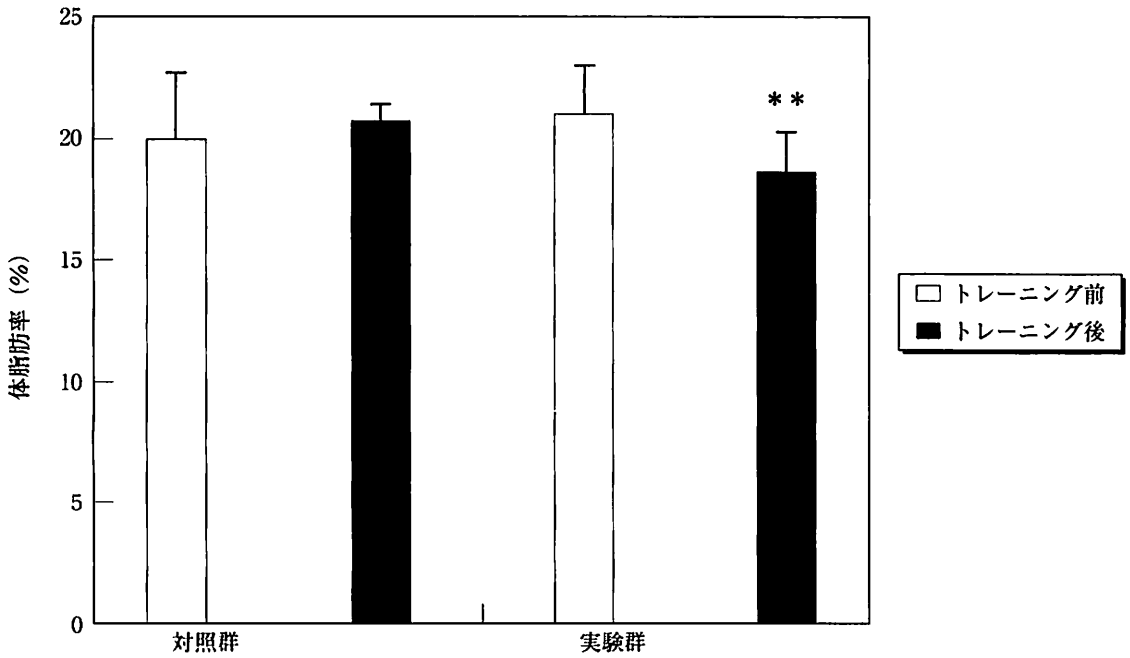


図2 トレーニング前およびトレーニング後における体脂肪率の変動

Fig. 2 Changes in % body fat before and after the training.

Values are expressed as means±SD.

** : p<0.01

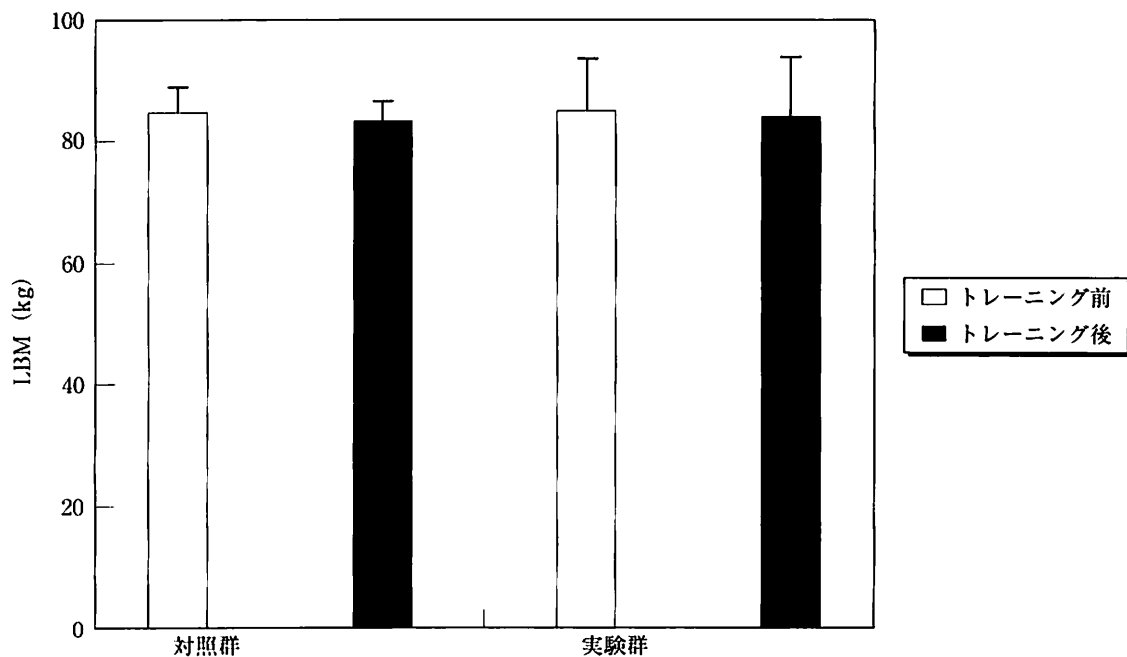
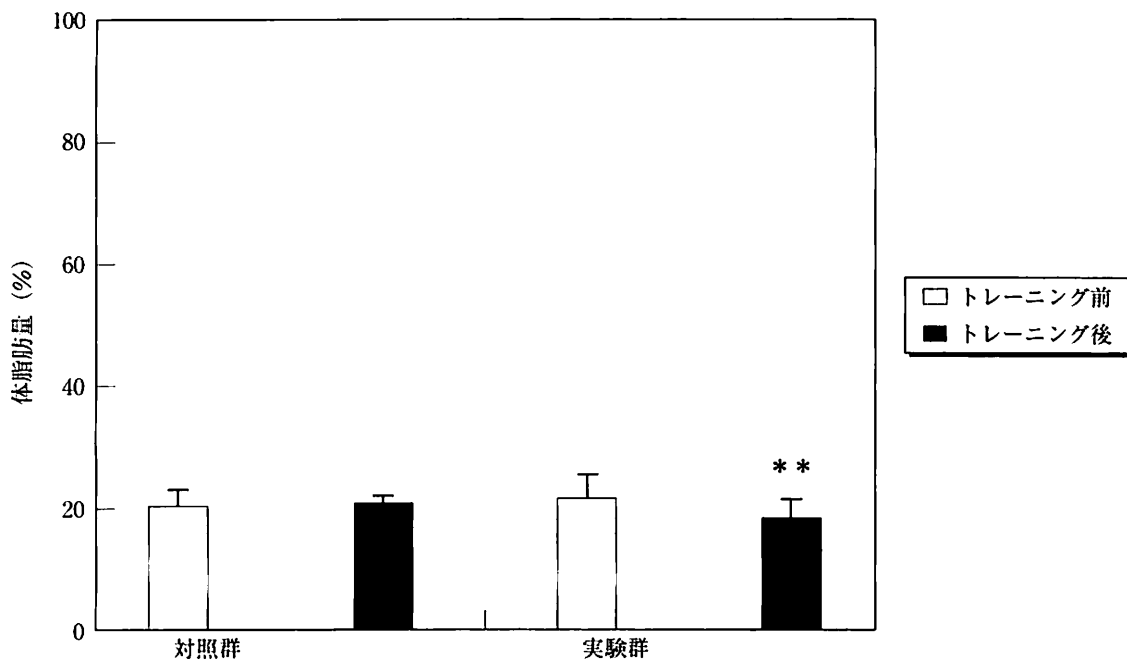


図3 トレーニング前およびトレーニング後における身体組成の変動

Fig. 3 Changes in body composition before and after the training.

Values are expressed as means±SD.

** : p<0.01

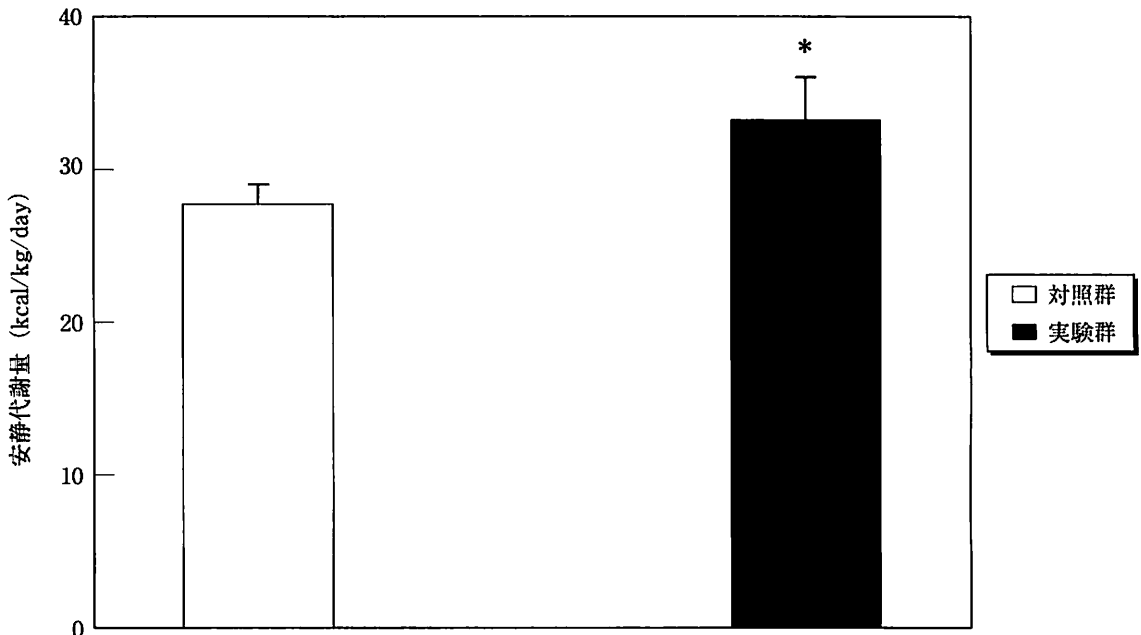


図4 トレーニング後における安静代謝量の変動
 Fig. 4 Changes in resting metabolism after the training.
 Values are expressed as means±SD.
 *: p<0.05

検討した。

低圧室を用いた低圧環境下のトレーニング、あるいは実際の高地トレーニングを行う場合には、標高(気圧)の違いで身体に及ぼす効果も異なり、通常は標高2000m程度^{4,5)}が適切な高度とされている。本研究において比較的低い1500m相当高度(気圧、634mmHg)に設定した理由の一つは、先行研究⁶⁾で一般の肥満者に対しても標高1500m相当する低圧環境下の歩行トレーニングが身体的にも安全で身体組成および安静代謝量に好影響を与えたことによるものである。第二の点は、本研究の被験者は、低圧トレーニング期間中も通常の高強度レベルの練習や補強トレーニングを長時間にわたって行っているため、この低圧トレーニングを導入することでオーバートレーニングに陥らないように生体への負担を把握した上で、高度(気圧)や運動強度を設定する必要があると考えたからでもある。高度上昇に伴い、最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)が指数関数的に低下することは、数多くの研究報告^{4,7,8,9)}がある。この低下度が多くなればなるほど生体負担度も増してくる。そこで、

標高1500m相当の高度(気圧)は、この $\dot{V}O_{2max}$ 低下度がより少なく、前述のトレーニング効果が十分に得られると考えたからである。

本研究の結果、4週間の低圧トレーニングを行った実験群の体重は、トレーニング前に比較して、トレーニング後で有意な低下を示したのに対して、低圧トレーニングを行わなかった対照群では4週間の前後でほぼ同値を示し、有意な差がみられなかった。実験群における低下の内訳は、脂肪量がトレーニング前に比較して有意な低下を示したのに対して、LBMは4週間の前後で有意な差がみられなかった。脂質代謝の改善、あるいは体脂肪量の低下には、どのくらいの高度(気圧)から高地の影響が現れてくるのか、また、どのくらいの運動強度を選択するのが最良であるか、といった問題がある。現在までに、寺尾ら³⁾は、スポーツ選手を対象とした標高2000mに相当する低圧環境下における血中乳酸濃度2mMレベルを指標とした持久的運動(走行運動)が身体組成および脂質代謝にどのような効果があるかを常圧環境下の持久的運動と比較検討を行った結果、低圧環境

下の持久的運動の方が常圧環境下の運動よりも短期間で運動能力を向上させながら、脂質の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあることを報告した。Terradosら¹⁰⁾は、標高2300m相当する低圧環境(574mmHg)下における4週間の間欠的な持久的トレーニング(65~70% $\dot{V}O_{2max}$)が脂質酸化の亢進、さらには、解糖系抑制の可能性を示唆している。Kikuchiら¹¹⁾は、低圧低酸素環境(2500m相当高度)下における持久的トレーニング(常圧下で測定した $\dot{V}O_{2max}$ の50%に相当する強度)は、脂質代謝をより効果的に改善させる可能性のあることを報告した。このように標高2000~2500mに相当する低圧低酸素環境下における軽度から中程度の持久的トレーニングは、脂質代謝の改善に有効であることが示唆される。さらに、この効果が体脂肪量の減少にも関連するものと考えられた。しかし、1500m相当する高度(気圧)に関する研究は、非常に少ないのが現状である。浅野ら¹²⁾は、1500m相当高度においても間欠的な低圧低酸素暴露と持久的トレーニング(75% $\dot{V}O_{2max}$)を継続することで、筋細胞内のクレブス回路促進と解糖系代謝の抑制をもたらすことを報告している。減量およびウエイトコントロールの効果を得るには、脂質代謝の亢進が重要な要因の一つであり、本研究の標高1500mに相当する低圧環境下における歩行運動は、脂質代謝の改善が行われ、体脂肪量を選択的に減少させることができたと考えられる。

次に、4週間のトレーニングにおける安静代謝量は、低圧トレーニングを行った実験群が対照群に比較して、有意な増加を示した。安静代謝量は、計算上、基礎代謝量 $\times 1.2$ で示される。一般的に運動は、安静代謝を上昇させる¹³⁾。したがって、高度に鍛錬されたスポーツ選手は、一般のヒトと比べて、安静代謝量(基礎代謝量)が高いこと⁹⁾が報告されている。もちろん、運動の種目やトレーニングの内容などによって異なり、特に歩行運動については時間や期間、さらに、その上昇の程度に関しては、まだ明確にされていないのが現状である。高度との関連からみると、本研究のよう

にスポーツ選手を対象として、標高1500mに相当する低圧環境下における歩行運動は、4週間と比較的短い期間でも安静代謝量を増加することが示唆された。高地(低圧低酸素環境下)で一定期間トレーニングを継続すると、急性適応から慢性適応に移行することが考えられる。この慢性適応としては、呼吸筋の発達、心臓の肥大、活動肺胞の増加、活動毛細血管の増加、赤血球造血亢進などが挙げられる⁷⁾。特に、低圧低酸素環境下では、酸素を多量に取り入れようとして換気量が増加するので、呼吸筋が鍛錬される。これらの効果が多少なりとも安静代謝量の増加に関連していたものと考えられる。なお、これらの詳細な機序については、不明な点があり、今後の課題でもある。この安静代謝量の増加は、体脂肪量、さらには体重の減少に大きく関与していたことが示唆される。

以上、本研究の成績から、スポーツ選手の減量に対する標高1500mに相当する低圧環境下における歩行運動は、脂質代謝の改善および安静代謝の亢進が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあることが示唆された。

V. まとめ

本研究では、日常、運動習慣を有するものの減量・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、低圧環境下における乳酸閾値(LT)強度の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝にどのような影響を及ぼすかを検討した。

その成績を示すと次のごとくである。

1) 4週間の低圧環境下で持久的トレーニングを行った実験群は、トレーニング前に比較して、トレーニング後で有意な低下を示した($p < 0.01$)。これに対して、低圧トレーニングを行わなかった対照群では、4週間の前後でほぼ同値を示していた。

2) 実験群の体脂肪率は、低圧トレーニング前に比べて、トレーニング後で有意な低下を認めた($p < 0.01$)のに対して、対照群では、4週間の前

後で有意な差がみられなかった。

3) 実験群の体脂肪量は、低圧トレーニング前に比較して、トレーニング後で有意な低下を示した ($p < 0.01$) のに対して、対照群では、ほぼ同値を示していた。LBMについては、実験群および対照群のいずれの群でも4週間の前後で有意な差がみられなかった。

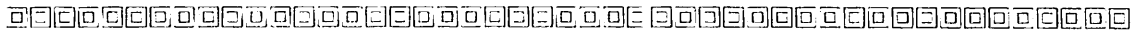
4) 4週間のトレーニング後における安静代謝量は、実験群が対照群に比較して、有意な増加を示していた。

以上、本研究の成績から、スポーツ選手の減量に対する標高1500mに相当する低圧環境下における歩行運動は、脂質代謝の改善および安静代謝の亢進が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあることが示唆された。

参考文献

- 1) 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久的トレーニング負荷強度についての検討、東海大学スポーツ医科学雑誌、第8号：65-72、1996
- 2) 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久的運動負荷時に気圧変動をさせた場合の血中乳酸濃度および心拍応答に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、第9号：28-33、1997
- 3) 寺尾保、恩田哲也、中村豊、有賀誠司：低圧環境下における持久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
- 4) 小林寛道：医科学サポートの全体像、JOC高所ト

- レーニング医・科学サポート第2報、平成4年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告、(財)日本オリンピック委員会、1993
- 5) 武藤芳照、宮下充正、渡部厚一：水連での取り組み、臨床スポーツ医学、8(6)：610-615、1991
- 6) 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.*, Vol. 4 (4) : 161, 1999
- 7) 浅野勝己：高地トレーニングの基礎—その生理学的効果について—、臨床スポーツ医学、8(6)：585-592、1991
- 8) Astrand, P.O. and Rodahl, K.: *Textbook of work physiology*, McGraw-Hill, 1977
- 9) 中野昭一、重田定義編：図説 からだの事典、朝倉書店、1992
- 10) Terrados, N., Melichna, J., Sylven, C., Jansson, E. and Kaijser, 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
- 11) Kikuchi, K., Kitahara, Y.: Effects of endurance training under acute hypobaric hypoxia on lipids metabolism. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, Vol. 4 (4) : 159, 1999
- 12) 浅野勝己、岡本三郎、正岡俊文、水野康、熊崎泰仁：ラグビー競技者の高所順応トレーニングの作業能に及ぼす影響、筑波大学体育科学系紀要、13：169-178、1990
- 13) アメリカ整形外科学会編：トレーニングとスポーツ医学、その理論と実践、林浩一郎監訳、文光堂、1990

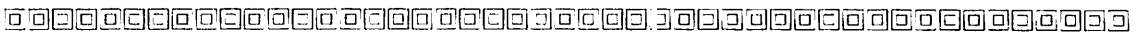


大学アメリカンフットボールチームにおける 計画的ウエイトトレーニングプログラム 導入の効果

有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 中澤一成 (体育学部体育学科)
 麻生 敬 (アスレティックリファレンス) 阿部総一郎 (寒川病院)
 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)
 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

Effects of strength Training Program In University American Football Team

Seiji ARUGA, Kazunari NAKAZAWA,
 Kei ASOH, Sohichiro ABE,
 Tetsuya ONDA, Yutaka NAKAMURA
 and Tamotsu TERAO



Abstract

This study involves ten American football players, whose positions were in the line, and who weight trained without following any particular program. A seasonally planned weight training program was implemented for the duration of one year. the following conclusions were obtained from examining the results of changes in the structure and physical strength values before and after the program was introduced. 1) With regards to structure, since the introduction of the program it can be established that there has been a significant increase in the lean body mass and a significant reduction in the body fat percentage. 2) With regards to the bench press, squat and powerclean 1RM body weight ratio average values. After the introduction of the program in which the main objectives were muscle enlargement, initial results showed a periodic muscle shrinkage, however, after five months there was a significant increase in the recorded values. 3) The same response was observed when measurements were taken for vertical jumping and jumping from side to side. An initial reduction followed by a significant increase. Finally, measurements taken for the 40 yard dash showed no significant change after the introduction of the program.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 30-43, 1999)

I. はじめに

高いレベルのパワーやスピード、敏捷性等の体力要素が要求されるアメリカンフットボール競技において、ウエイトトレーニングは競技力向上のために欠かすことができないトレーニング手段として位置づけられている。また、アメリカンフットボール競技においては、選手同士の激しいコンタクトや、転倒による重症のスポーツ外傷が多くみられる^{1) 2) 3)}ことから、これらの予防のためにもウエイトトレーニングが重要であると考えられる^{4) 5) 6)}。

米国においては、競技シーズンや練習スケジュール、選手の競技レベル等を考慮して、計画的に期分けされた多くのウエイトトレーニングプログラム^{7) 8) 9) 10) 11)}が開発されており、これを年間を通じて的確に実践し、競技パフォーマンスの向上や傷害予防に役立てられている。

一方、日本の大学アメリカンフットボールチームにおいては、ウエイトトレーニングの必要性は認識されているものの、多人数のチームで本格的にウエイトトレーニングを実施するための施設・器具が整備されていないこと、米国におけるストレングスコーチのようなウエイトトレーニング指導のスペシャリストが国内には少ないこと、などの諸事情から、チーム単位で年間を通じて計画的にウエイトトレーニングプログラムを実践している例はまだまだ少ないのが実状である。

また、日本においては、大学入学後に初めてアメリカンフットボール競技を開始する選手が多くみられ、米国選手に比較して形態的・体力的水準が低い¹²⁾ことなどから、米国の大学チームにおけるウエイトトレーニングプログラムをそのまま模倣して導入することは困難であり、日本の大学アメリカンフットボール選手の現状に適合したプログラムの開発が望まれている。

本研究では、決められたプログラムがなく、個別にウエイトトレーニングを実施していた、国内

の大学アメリカンフットボールチームに所属する選手に対し、1年間にわたって計画的に期分けされたウエイトトレーニングプログラムの実施させ、プログラムの導入前後の形態及び体力の変化について検討を行い、日本の大学アメリカンフットボール選手に適合したウエイトトレーニングプログラムを開発するための資料を得ることを目的とした。

II. 方 法

1. 対象

本報告の対象は、関東大学一部リーグのアメリカンフットボールチームに所属し、決められたプログラムがなく、個別かつ自由にウエイトトレーニングを実施していたラインのポジションの選手10名であった。これらの10名の内訳は、ウエイトトレーニングプログラムを導入した1996年12月時点で、2年生5名、3年生5名であった。

2. トレーニングプログラム

対象となった選手には、1996年12月より翌年1997年12月の試合シーズン終了までの12ヶ月間にわたり、計画的に期分けしたウエイトトレーニングプログラムを実施させた。

1) トレーニング目標

12ヶ月間のウエイトトレーニングプログラムの作成やその実施にあたっては、ラインの選手には相手選手と激しくぶつかり合う局面が多いこと、高度なアジリティーやクイックネスが要求されることなどのポジション特性と、対象となった選手のプログラム開始時の形態及び体力測定値の水準を配慮し、①除脂肪体重の増大、②ウエイトトレーニングの主要3種目（パワークリーン、スクワット、ベンチプレス）の最大挙上重量の向上、③最大パワーとアジリティーの一般的指標となる垂直跳び、反復横跳び、40ヤード（約36.56m）ダッシュの測定値の向上の3項目を重点目標とした。

表1 ウェイトトレーニングの長期計画(1996年12月~1997年12月)

Table 1 Weight training program for university american football team

月	12			1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12																				
週番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54			
週開始日(月曜日)	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29			
練習・試合予定																																																									
形態・体力測定									○																																																
トレーニング期	一般的準備期												専門的準備期												試合期						移行期																										
ウェイトトレーニングプログラム	第1期						第2期						第3期						第4期						第5期						積極的休養																										
	フォームの習得と筋肥大(8週間)						最大筋力養成(9週間)						オープン戦期間の筋力維持(9週間)						パワーの養成(9週間)						筋力の維持、試合への調整(16週間)						積極的休養																										
8~12RMで最大反復3分割、週4回実施						1~5RMの負荷を使用ピラミッド法を採用3分割、週4回実施						3~8RMの負荷を使用2分割で週2回実施						1~3RMの高負荷の日と50%1RM以下の低負荷の日を交互に設け、4分割で週4回実施						3~8RMの負荷を用い、非分割または2分割のプログラムで週1~2回実施						実施しない																											

2) トレーニングプログラムの期分けと各期の内容

表1に、1996年12月より1997年12月までの12ヶ月間にわたるウェイトトレーニングの長期プログラムの概要を示した。12ヶ月間のプログラムは、試合日程や練習計画を配慮して、5つの期間に分割して実施し、主観的疲労が過度に認められた場合には、トレーニングの量及び質を調整し、オーバートレーニングの防止に留意した。各期のトレーニング内容は、以下の通りである。

(1) 第1期のトレーニングプログラム

1996年12月中旬から8週間の期間を第1期とし、ウェイトトレーニングの各種目の正しいフォームの習得と筋肥大(除脂肪体重の増大)を主目的として、3分割のプログラムを週4回実施した(表2)。ここでは、主として8~12RM(8回から12回反復可能な重量)の負荷を用いて、各セットとも最大反復させ、セット間の休息時間は30秒から1分と規定した。一部の種目については、最大反復を行った後に補助者の最小限の力を借りて、さらに2~3回反復する方法(フォース・レップス法)を採用した。また、上腕部のトレーニング種目については、重量を下ろす動作を3秒程度の一定スピードで行う方法(ネガティブ・レップス法)を採用した。

(2) 第2期のトレーニングプログラム

1997年2月下旬から9週間の期間を第2期とし、ワーククリーン、スクワット、ベンチプレスの主要3種目の最大挙上重量の向上を主目的として、3分割のプログラムを週4回実施した(表3)。

主要3種目のトレーニングにおいては、主にピラミッド法を採用して1~5RMの負荷を用い、各反復とも全力で挙上動作を行わせた。各セットにおいては、最大反復は行わず、ホールアウトの1~2回手前でセットを終えるようにした。またセット間の休息時間は2分から4分とし、実施したセットにおける疲労がある程度回復してから次のセットを開始するように指示した。

(3) 第3期のトレーニングプログラム

1997年4月中旬から9週間の期間を第3期とし、この時期に行われるオープン戦期間中の筋力の維持や体調の調整を目的とした。主要3種目については、3~8RMの負荷を用いて、2分割、週2回のトレーニングを実施させた。

(4) 第4期のトレーニングプログラム

1997年6月下旬から夏期合宿直前の8月上旬までの6週間を第4期とし、パワーの養成を主目的とした。主要3種目については、1~3RMの高負荷を使用する日と50%1RM以下の負荷を使用して爆発的に最大スピードでトレーニング動作を

表2 第1期のウエイトトレーニングプログラム

Table 2 Weight training program at the first period

期間:1996年12月23日~1997年2月16日(8週間)

トレーニング目的:筋肥大、正しいフォームの習得

Aコース(胸部・肩部・上腕三頭筋の筋肥大)

1. ベンチプレス 8RM×最大反復×5セット
2. ダンベルフライ またはインクラインダンベルプレス 8RM×最大反復×3セット
3. ショルダープレス 8RM×最大反復×3セット
4. サイドレイズ 10RM×最大反復×3セット
5. ライニングフレンチプレス 10RM×最大反復×3セット
6. プレスダウン 10RM×最大反復×3セット

Bコース(クイックリフトのフォーム養成・背部・上腕二頭筋の筋肥大)

1. パワークリーン 50~60%×8回×4セット
2. チンニング 10回×2セット
3. ラットプルダウン 8RM×最大反復×3セット
4. ワンハンドダンベルロウ 8RM×最大反復×左右2セット
5. パーベルカール 8RM×最大反復×3セット
6. コンセントレーションカール 8RM×最大反復×左右2セット
7. ショルダーシュラッグ フォーム77%1セット、20~40kg×10回×3セット

Cコース(脚部・体幹部の筋肥大)

1. スクワット 10RM×8回×5セット
2. レッグエクステンション 10RM×最大反復×3セット
4. レッグカール 10RM×最大反復×3セット
5. カーフレイズ 10RM×最大反復×3セット
6. トランクカール 12回 3セット
7. バックエクステンション 12回×2セット

行う日を交互に設け、4分割で週4回のトレーニングを実施した。

(5) 第5期のトレーニングプログラム

1997年の8月下旬から試合期が終了するまでの16週間を第5期とし、筋力・パワーの維持を目的とした。プログラムにおける各種目においては、3~8RM程度の負荷を用いて、試合による疲労や体調の調整を考慮しながら、非分割または2分割のプログラムで、週1回から2回のトレーニングを実施した。

3. トレーニング効果の測定

プログラム導入前後の形態及び体力測定値の変化を調べるために、プログラム導入前については、1995年7月、1996年2月、1996年8月の3回、プログラム導入後には、1997年2月、1997年7月の2回、チームの練習計画や疲労度を配慮して、ほぼ6ヶ月間隔で計5回にわたって測定を実施した。

形態の測定項目は、体重、皮脂厚、胸囲及び大腿囲の4項目であった。皮脂厚は、キャリパーを用いて、上腕背部と肩甲骨下部の2部位について測定し、換算式により体脂肪率を算出した。胸囲及び大腿囲の測定は、日本オリンピック委員会に

表3 第2期のウエイトトレーニングプログラム

Table 3 Weight training program at the second period

期間:1997年2月17日~4月20日

トレーニング目的:主要種目の最大挙上重量向上

Aコース(胸部・肩部・上腕三頭筋の強化)

1. ベンチプレス ①50%×8回 ②75%×5回 ③85%×3回
④95~105×1回 ⑤90%×3回 ⑥80%×8回

2. インクラインベンチプレス ①60%×5回 ②85~90%×2~3回×2セット ③80%×8回

3. ショルダープレス ①60%×5回 ②85~90%×2~3回×2セット ③80%×8回

4. サイドレイズまたは7アップライトロー 10RM×10回×3セット

5. ライニングフレンチプレス 8RM×8回×3セット

6. プレスダウン 8RM×8回×3セット

Bコース(クイックリフト・背部・上腕二頭筋の強化)

1. パワークリーン ①50%×8回 ②80%×3回 ③90%×2回 ④80%×5回×2セット

2. シーテッドロウ 8RM×8回×3セット

3. ラットプルダウン 8RM×8回×3セット

4. バーベルカール 8~10RM×8回×3セット

5. ショルダーシュラッグ 10回×3セット

6. ネックエクササイズ 4方向 各10回×2セット

Cコース(脚部・体幹部の強化)

1. スクワット ①50%×8回 ②70%×5回 ③90%×1~2回×2セット
⑤80%×5回 ⑥70%×7回

2. フォワードランジ 12回×2セット

3. サイドランジ 12回×2セット

4. レッグカール 8RM×8回×3セット

5. ツイスティンクシットアップ 10回×2セット

6. トランクカール 10回×1~2セット

7. バックエクステンション 12回×2セット

よるオリンピック競技大会日本代表選手体力測定実施要領¹³⁾に基づいた方法で行った。

体力測定項目は、筋力の指標として、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの最大挙上重量(1RM)、爆発的パワーの指標として垂直跳びのジャンプ高、敏捷性の指標として反復横跳び、パワー及びランニング能力の指標として40ヤード(約36.56m)ダッシュの所要時間の計6項目であった。

ベンチプレスとスクワットの最大挙上重量の測定における動作については、藤瀬ら¹⁴⁾が規定した

方法に基づいて実施した。ベンチプレスの測定においては、動作中に両足を床に付けておくとともに、臀部がベンチのシートから浮かないようし、バーベルを胸に触れるまで下ろしてから、肘が完全に伸びきるまで挙上した場合に成功とした。また、スクワットの測定においては、バーベルを肩の上のせ、大腿部の上端部が床と平行になるところまでしゃがみ、体幹部を固定したまま直立の姿勢まで挙上した場合に成功とした。

パワークリーンの最大挙上重量の測定における動作については、バーベルを床に置いた状態から、

胸まで一気に挙上し、肩の高さでバーベルをキャッチした後、直立して静止できた場合に成功とした。

4. 統計処理

測定値は、平均値及び標準偏差で示した。各測定データの平均値の差の検定には、paired t-testを用い、有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結 果

1. トレーニングの実施に伴う形態の変化

1) 身体組成の変化

図1にウェイトトレーニングプログラム導入前後の体重の平均値の変化を示した。プログラム導入前の期間においては、初回測定時(1995年7月)に体重の平均値は $88.15 \pm 8.77\text{kg}$ であったが、2回目測定時(1996年2月)には $93.05 \pm 8.83\text{kg}$ へと初回に比べて有意な増加を示した($p < 0.01$)。また、3回目測定時(1996年8月)の体重平均値は $92.94 \pm 7.72\text{kg}$ となり、2回目から3回目にかけては有意な変化はみられなかった。プログラム導入後については、プログラムを開始して約3ヶ月経過後の4回目測定時(1997年2月)には、体

重の平均値は5回の測定中最大の $97.06 \pm 6.51\text{kg}$ となり、プログラム導入前の3回目測定時の数値に比較して有意な増加がみられた。さらに、5回目測定時(1997年7月)には体重平均値は $93.28 \pm 7.93\text{kg}$ へと5回目と比較して有意な減少を示した。

図2に、体脂肪率の平均値の変化を示した。プログラム導入前の期間においては、初回測定時の $17.69 \pm 3.00\%$ から2回目測定時には $20.10 \pm 5.49\%$ へと増加した後、3回目測定時には $18.36 \pm 3.33\%$ 減少する傾向を示した。初回から2回目、2回目から3回目の間には、統計的に有意な変化はみられなかった。プログラム導入後の期間においては、4回目測定時に $19.43 \pm 2.71\%$ へと増加した後、5回目の測定時には $16.20 \pm 1.23\%$ へと5回の測定中最も低い値を示し、4回目の測定値に比較して有意な減少がみられた($p < 0.01$)。

図3に、除脂肪体重の平均値の変化を示した。プログラム導入前の期間においては、初回測定時の $72.56 \pm 4.52\text{kg}$ から2回目測定時には $74.17 \pm 6.75\text{kg}$ 、3回目測定時には $74.83 \pm 5.02\text{kg}$ へと増加傾向を示すものの有意な変化はみられなかった。しかしながら、プログラム導入後には、4回目測定時に $78.14 \pm 4.98\text{kg}$ へと有意な増加($p < 0.01$)を示し、5回目の測定時には $78.17 \pm 6.77\text{kg}$ とな

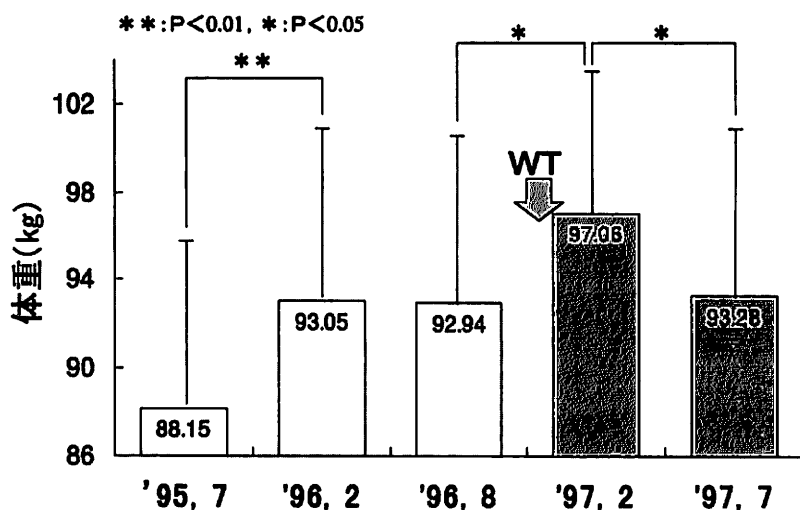


図1 体重の変化
Fig. 1 Changes of body weight

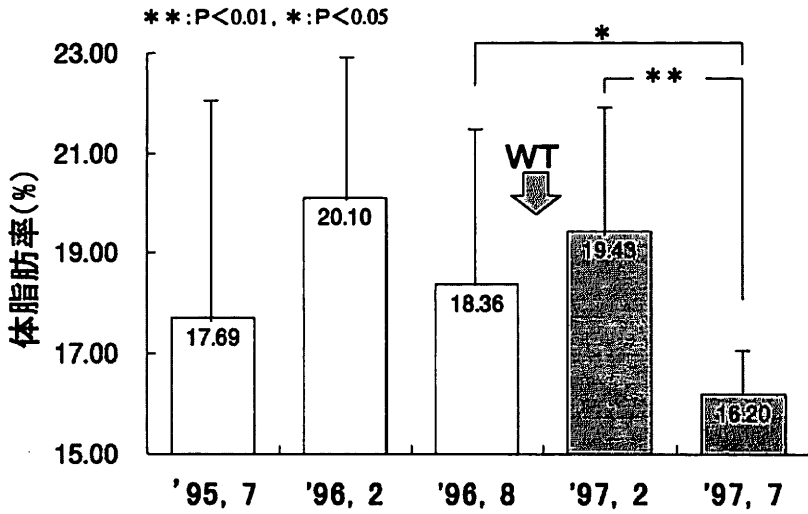


図2 体脂肪率の変化
Fig. 2 Changes of %bodyfat

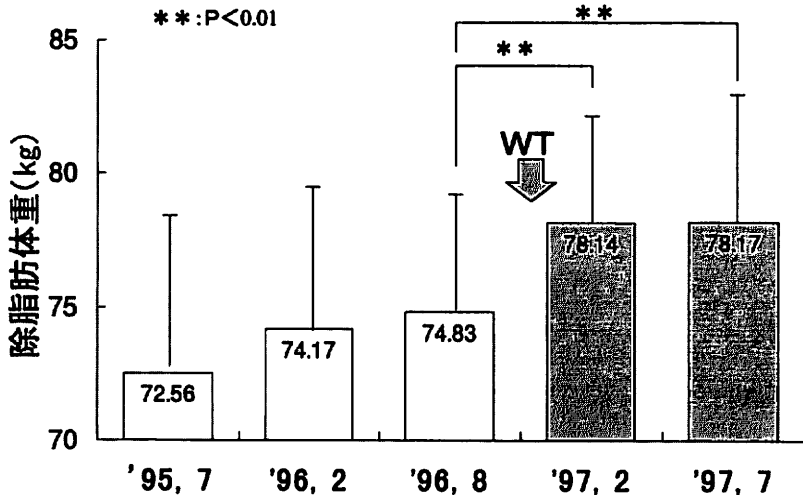


図3 除脂肪体重の変化
Fig. 3 Changes of lean body mass

り、4回目の測定値を維持する傾向を示した。

2) 周径圏の変化

プログラム導入前の胸囲の平均値は、初回から2回目にかけて有意 ($p < 0.05$) に増加した後、3回目には同程度の数値を示す傾向がみられた。また、プログラム導入後には、4回目測定時に $107.50 \pm 4.89\text{cm}$ へとわずかに増加した後、5回目に $104.80 \pm 6.80\text{cm}$ へと減少する傾向を示した。胸囲については、プログラム導入後に測定値の有意な変化はみられなかった。なお、左右の大腿囲に

については、プログラム導入前後の5回の測定値に有意な変化はみられなかった。

2. トレーニングの実施に伴う体力の変化

1) 筋力の変化

(1) ベンチプレス 1RM 体重比の変化

図4に、プログラム導入前後のベンチプレスの1RM 体重比の平均値の変化を示した。1RM 体重比の平均値は、プログラム導入前には、初回測定時に $1.07 \pm 0.12\text{kg}$ 、2回目に 1.00 ± 0.09 となって、有意な減少 ($p < 0.01$) を示し、3回目には

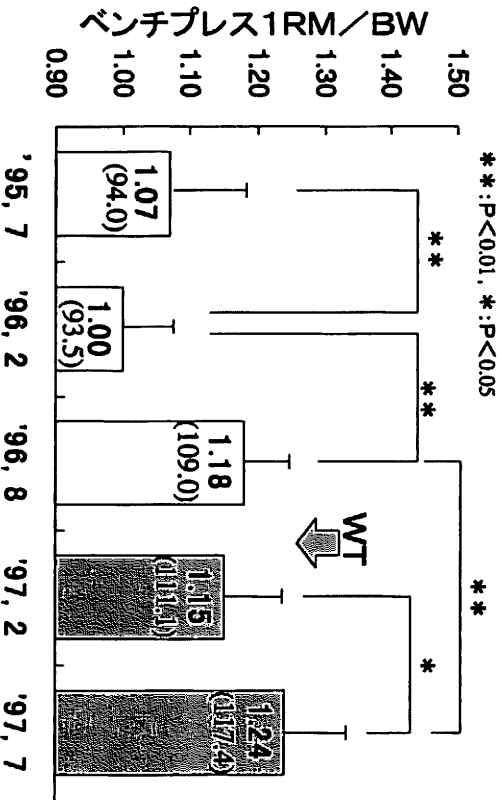


図4 ベンチプレス1RM体重比の変化
Fig. 4 Changes of bench press 1RM/body weight

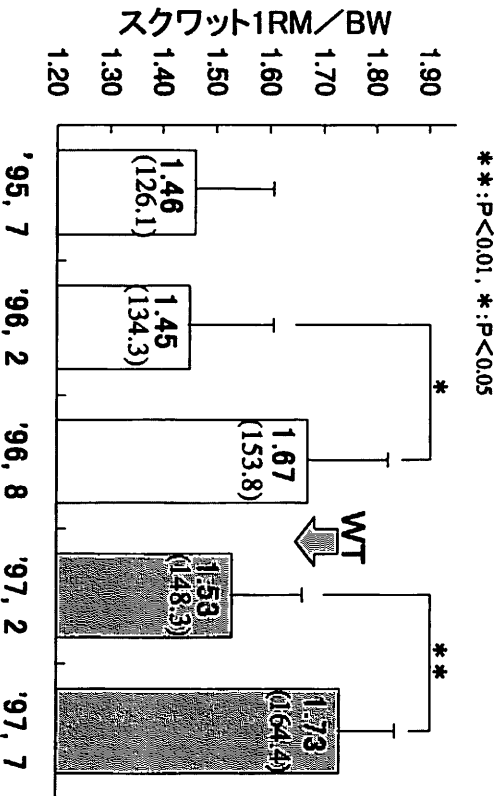


図5 スクワット1RM体重比の変化
Fig. 5 Changes of squat 1RM/body weight

1.18±0.10kgへと2回目と比較して有意な増加 (p<0.01) を示した。

一方、プログラム導入後の4回目の測定時には、1RMの絶対値は3回目の測定値に比べて増加傾向を示すものの、1RM体重比は1.15±0.01kgへと3回目にかけていったん減少した後、5回目には最大の1.24±0.10kgとなり、3回目及び4回目に比べて有意な増加を示した。なお、1RMの絶対値については、トレーニング導入後の4回目、5回目ともに導入前に比べて増加する傾向がみられた。

(2) スクワット1RM体重比の変化

図5に、プログラム導入前後のスクワットの1RM体重比の平均値の変化を示した。1RM体重比の平均値は、プログラム導入前には、初回測定時に1.46±0.16kg、2回目に1.45±0.17、3回目に1.66±0.16kgの数値を示し、3回目は2回目に比較して有意な増加 (p<0.05) を示した。プログラム導入後の4回目の測定時には、1.53±0.15kgへと3回目にかけていったん減少した後、5回目には過去最大の1.73±0.13kgへと、4回目に比べて有意な増加 (p<0.01) を示した。プロ

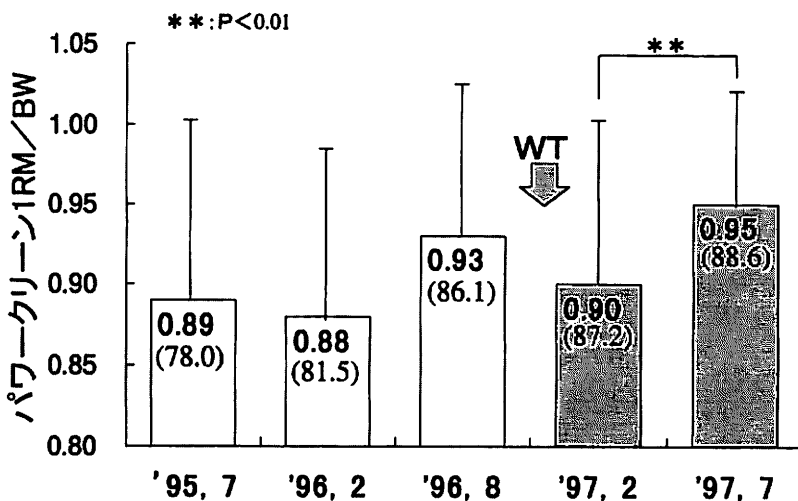


図6 パワークリーン1RM体重比の変化
Fig. 6 Changes of power clean 1RM/body weight

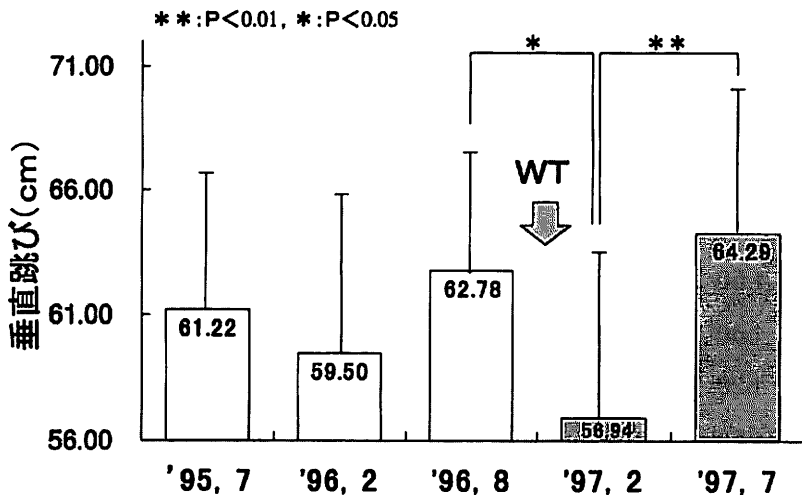


図7 垂直跳びの変化
Fig. 7 Changes of vertical jump score

グラム導入前の3回目の測定値と導入後の5回目の測定値との間には有意な差がみられなかった。

(3) パワークリーン1RM体重比の変化

図6に、プログラム導入前後のパワークリーンの1RM体重比の平均値の変化を示した。1RM体重比の平均値については、プログラム導入前には、初回測定時に $0.89 \pm 0.12\text{kg}$ 、2回目に 0.88 ± 0.10 、3回目に $0.93 \pm 1.11\text{kg}$ の数値を示し、1回目と2回目、2回目と3回目の間に測定値の有意な差はみられなかった。プログラム導入後の4回

目の測定時においては、1RMの絶対値は3回目の測定値に比べて増加傾向を示すものの、体重比については、 $0.90 \pm 0.10\text{kg}$ へと3回目に比べてわずかに減少傾向を示し、その後5回目測定時に過去最大の $0.95 \pm 0.08\text{kg}$ へと、4回目に比べて有意な増加 ($p < 0.01$) を示した。プログラム導入前の3回目の測定値と、導入後の5回目の測定値の間には有意な差はみられなかった。

2) 垂直跳びの測定値の変化

図7にプログラム導入前後の垂直跳びの平均値

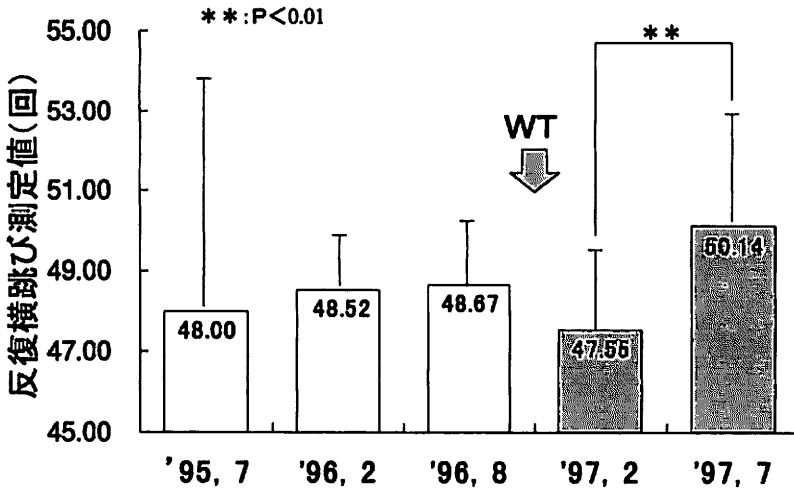


図8 反復横跳びの変化
Fig. 8 Changes of side step score

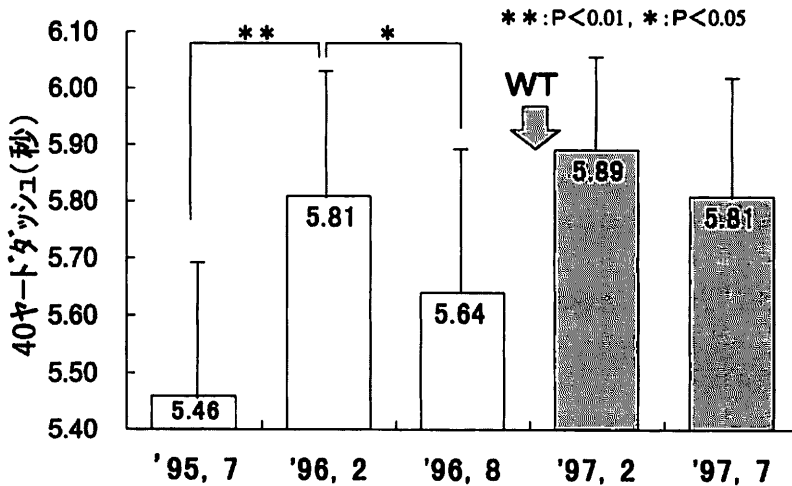


図9 40ヤードダッシュの所要時間の変化
Fig. 9 Changes of 40yard dash

の変化を示した。プログラム導入前には、初回測定時に $61.22 \pm 5.83\text{cm}$ 、2回目に 59.50 ± 6.96 、3回目に $62.78 \pm 4.24\text{kg}$ の数値を示し、1回目と2回目、2回目と3回目の間には測定値の有意な差はみられなかった。プログラム導入後の4回目の測定時には、 $56.94 \pm 6.94\text{cm}$ へと3回目に比べて有意な減少 ($p < 0.05$) を示した後、5回目には過去最高の $64.29 \pm 7.34\text{cm}$ へと、4回目に比べて有意な増加 ($p < 0.001$) を示した。プログラム導入前の3回目の測定値と導入後の5回目の測定値の間には有意な差はみられなかった。

3) 反復横跳びの測定値の変化

図8にプログラム導入前後の反復横跳びの平均値の変化を示した。プログラム導入前においては、初回測定時には $48.00 \pm 3.40\text{cm}$ 、2回目には 48.20 ± 1.70 、3回目には $48.67 \pm 1.66\text{kg}$ となり、1回目と2回目、2回目と3回目及び1回目と3回目の間には測定値間の有意な差はみられなかった。

プログラム導入後の4回目の測定時には、 $47.55 \pm 2.07\text{cm}$ へと減少傾向を示した後、5回目には $50.14 \pm 3.08\text{cm}$ へと有意に増加 ($p < 0.01$) する傾向を示した。プログラム導入前の3回目の測定値と導入後の5回目の測定値の間には有意な差

はみられなかった。

4) 40ヤードダッシュの測定値の変化

図9にプログラム導入前後の40ヤードダッシュの平均値の変化を示した。プログラム導入前には、初回測定時に 5.46 ± 0.27 秒、2回目に 5.81 ± 0.22 秒、3回目に 5.64 ± 0.23 秒の数値を示し、2回目の測定値は初回に比較して有意に低下し ($p < 0.01$)、3回目の測定値は2回目に比較して有意 ($p < 0.05$) に向上した。プログラム導入後の4回目の測定時には、 5.89 ± 0.24 秒、5回目には 5.81 ± 0.21 秒とプログラム導入前と比較して測定値が低下する傾向がみられた。なお、3回目と4回目、4回目と5回目及び、3回目と5回目の測定値の間には有意な差はみられなかった。

IV. 考 察

1. プログラムの導入が形態に及ぼす影響について

決まったプログラムがなく、個別にウエイトトレーニングを実施していた大学アメリカンフットボール選手に計画的に期分けされたウエイトトレーニングプログラムを実施させた結果、プログラム開始2ヶ月後(1997年2月)には、体脂肪量と除脂肪体重の両方の増加による体重の有意な増加がみられた。また、プログラム開始2ヶ月後から7ヶ月後(1997年7月)にかけては、除脂肪体重をほぼ維持したまま体脂肪率が顕著に減少することによって体重が有意に減少し、プログラム開始前と同レベルに戻った。

プログラム導入後の身体組成の変化のパターンを、導入前の同時期と比較してみると、除脂肪体重に関しては、初回測定時(1995年7月)から2回目測定時(1996年2月)にかけての数値の増加には有意差がみられなかったのに対し、3回目測定時(1996年8月)からプログラム導入後の4回目測定時にかけての数値の増加には有意な差がみられた。また、体脂肪率に関しても、2回目測定

時(1996年2月)から3回目測定時(1996年8月)にかけての数値の減少には有意差がみられなかったのに対し、プログラム導入後の4回目測定時(1997年2月)からの5回目測定時(1997年7月)にかけての数値の減少には有意な差がみられた。

以上のことから、計画的なウエイトトレーニングプログラムを実施した時の方が、自由にウエイトトレーニングを行っていた時よりも、除脂肪体重の増加や体脂肪率の減少に良い効果があったことが認められ、身体組成の改善に関しては、計画的なプログラム導入の効果は良好であったことが明らかとなった。

プログラムの開始当初の体重や除脂肪体重の増加については、第1期(1996年12月~1997年2月中旬)のプログラムが、中等度の負荷を用いた最大反復を主な内容とする筋肥大を目的としたものであったこと、また、この時期は技術や戦術練習の量が少なく、ウエイトトレーニングに集中できたことなどが要因として推測された。また、1997年2月下旬以降に、除脂肪体重を維持しながら、体脂肪率を減少させることができた要因としては、それまでのトレーニングによって除脂肪体重が増加したことで選手のエネルギー代謝が促進されたことや¹⁵⁾、技術練習の量の増加によって、運動中のエネルギー消費量が增大したことなどが推測された。

ハンドボール競技においては、1997年の世界選手権に向けた日本代表選手の強化の過程において、コンタクトプレーに強くなることを目的に筋肥大のためのウエイトトレーニングや正しい食事の摂取を実践し、除脂肪体重の増加に成功したことが報告されている¹⁶⁾。この過程においては、初期の段階で体脂肪率が増加しながら除脂肪体重が増加し、一定期間が経過してから体脂肪率が減少する傾向を示している。また、有賀ら¹⁷⁾は、一流柔道選手に筋肥大を目的としたウエイトトレーニングを実施させたところ、トレーニング導入後の8ヶ月経過後に、体脂肪率の減少がみられずに除脂肪体重が増加し、次いでその3ヶ月後に除脂肪体重を維持しつつ体脂肪率の減少がみられたと報

告している。本研究においても、ウエイトトレーニングの実施に伴う身体組成の変化のパターンは、上述した2つの報告と同様の傾向を示した。

2. プログラムの導入が機能面に及ぼす影響について

1) バーベル挙上能力について

ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RM体重比の値は、ウエイトトレーニングプログラムの導入後、4回目測定時(1997年2月)にいったん減少した後、5回目測定時(1997年7月)に最高値を記録し、4回目測定値に比べて有意に増加する傾向を示した。一方、ベンチプレスとパワークリーンの1RM絶対値については、3回目測定時以降、増加する傾向を示した。

計画的なプログラムの導入前後の測定値を比較してみると、ベンチプレスの1RM体重比については、3回目測定時と5回目測定時の数値に有意な差がみられ、プログラム導入の効果が認められた。また、パワークリーンの1RM体重比については、プログラム導入前の2回目と3回目測定時の数値間には有意差がみられなかったのに対し、プログラム導入後の4回目と5回目測定時の数値間には有意差がみられ、この項目についてもプログラム導入の効果が認められた。

一方、プログラム導入後には、導入前に比べて1RM絶対値のわずかな向上はみられるものの、ベンチプレスとスクワットの1RM体重比については、プログラム導入前(2回目と3回目の測定値)とプログラム導入後(4回目と5回目の測定値)について、ともに測定値の有意な増加がみられ、プログラム導入に伴う顕著な変化は認められなかった。

1RM体重比の4回目測定時の低下については、第1期のプログラムにおいて、除脂肪体重の増加を目的として、中等度の負荷を用い、ゆっくりとした挙上動作でオールアウトまで追い込むトレーニングが中心に行われ、最大挙上重量に近い負荷を用いた強度の高いトレーニングを実施していなかったこと、また、このようなトレーニング

によって数ヶ月の間に急激に体重が増加したことなどが要因として推測された。

なお、プログラム開始当初には、スクワットとパワークリーンにおいて、自己流の間違ったフォームで動作を行っていた選手が多くみられたため、フォーム修正のための助言を行った。これに対して、ベンチプレスについては、間違った動作を行う選手はほとんどみられず、フォームの修正を行う必要がなかった。これらのフォーム修正の要因は、4回目測定時におけるスクワットとパワークリーンの測定値の一時的な低下に対し、少なからず影響を与えたのではないかと思われた。

2) パワーおよび敏捷性の体力指標への影響について

垂直跳びと反復横跳びの測定値については、プログラム導入後の4回目測定時に減少した後、5回目測定時にプログラム導入前より増加するという変化パターンがみられた。4回目の測定値の減少には、急激に増加した体重が、垂直跳びや反復横跳びの動作の際に負荷として作用したこと、ウエイトトレーニングにおいてゆっくりとした動作が中心に行われていたことなどが要因として関与しているのではないかと推測された。また、5回目の測定値が増加した要因としては、まず第一に、体重及び体脂肪率の減少と脚筋力の向上によって、体重当たりの脚筋力が改善されたこと、また、ウエイトトレーニングプログラムの第4期の時期から専門的パワートレーニングを導入したことによって、それまでに養成された一般的筋力がパワーやスピードに転化されていったことなどが推測された。

40ヤードダッシュの測定値については、プログラムの導入による測定値の有意な変化はみられなかった。また、プログラム導入後の4回目測定時(1997年2月)において、測定値の減退がみられたが、垂直跳びと同様に体重の急激な増加が要因として関わっているのではないかと思われた。

激しいコンタクトを伴うアメリカンフットボールのラインのポジションの選手の場合、ある程度

まで体重を増量することが必要であり、このことが競技力にもプラスに働くと考えられる。しかしながら、自分の動きをコントロールできないレベルまで体重（特に脂肪量）を増やし、体重あたりの脚筋力を低下させることは、アジリティーやクイックネスの改善に悪影響を与えるとともに、下肢のスポーツ傷害のリスクを増大させることにつながってしまうと懸念される^{18) 19)}。

米国NSCA (National Strength and Conditioning Association) は、爆発的パワーを養成するためのプライオメトリックトレーニング（特に台から飛び下りてからジャンプを行うデプスジャンプ）を安全に実施するためには、スクワットにおいて体重の1.5倍の重量を挙上できるようにすることが必要であると述べ、これを支持する報告も多くみられる^{20) 21) 22) 23)}。また、有賀²⁴⁾ は、スポーツ選手が専門的ウエイトトレーニングを実施する場合の目標値として、ベンチプレスで体重1.5倍、スクワットで体重の2倍を挙上できるようにすることを推奨している。

今回の期分けされたプログラムにおいては、初期の段階で筋肥大を主目的としたウエイトトレーニングを実施したが、この期間のプログラムの効果によって体重が増加した場合、筋力が向上しなければ、かえって体重当たりの筋力は低下し、これによって敏捷性やジャンプ力が低下してしまう可能性がある。実際、今回のスクワットの1RM体重比の変化をみると、プログラム導入後2ヶ月目の1997年2月には、前回測定時の1.67から1.53へと低下し、その後数ヶ月を経て1997年7月には1.73へと改善がみられている。

本研究においては、計画的なウエイトトレーニングプログラムを導入することによって、形態的な改善や一般的筋力の向上に対してはある程度の効果を得ることができたが、敏捷性やスピードといった筋力以外の体力指標の改善に対しては、十分な効果を得ることができなかった。今後、これらを改善するためには、オフシーズン前半の1月から4月の期間に、形態面や一般的筋力の改善を図った後、これに続く7～8月までの期間中に一

般的筋力を専門的パワーやスピードの改善に転化させるための専門的体力トレーニングを十分に実施することが重要であると考えられる。

国内の大学アメリカンフットボールチームの場合、4～6月の期間にオープン戦を頻繁に実施することが多いため、この期間中にウエイトトレーニングや専門的体力トレーニングを十分実施できないケースが少なくない。今後、ウエイトトレーニングの年間プログラムの立案にあたっては、シーズンオフ前半の冬期トレーニングを重視するとともに、春期から夏期に実施する専門的トレーニングの内容や、トレーニングと技術練習および練習試合の配分の見直しについて検討する必要があることが示唆された。

V. ま と め

本研究では、決められたプログラムがなく自由にウエイトトレーニングを実施していた大学アメリカンフットボールチームに所属するラインのポジションの選手10名を対象に、1年間にわたる計画的に期分けされたウエイトトレーニングプログラムを実施させ、プログラム導入前後の形態及び体力測定値の変化について検討を行い、次のような結果を得た。

- 1) 形態については、プログラムの導入後には、導入前に比べて除脂肪体重の有意な増加と、体脂肪率の有意な減少が認められた。
- 2) ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RM体重比の平均値については、プログラム導入後の筋肥大を目的としたトレーニングの期間後に一時的な減少傾向を示したが、5ヶ月後には測定値の有意な増加がみられ、5回の測定中最大の値を示した。
- 3) 垂直跳びと反復横跳びの測定値については、1RM体重比とほぼ同様の変化を示し、筋肥大を目的としたトレーニングの期間後に一時的に減少した後に増加する傾向がみられた。40ヤードダッシュについては、プログラムの導入による測定値

の有意な変化はみられず、一定の傾向を見いだすことはできなかった。

本研究の一部は、1998年日本体力医学会にて報告した。

参考文献

- 1) 黒沢尚：アメリカンフットボールにおける膝外傷、臨床スポーツ医学、12-1、21-26、1995。
- 2) 川原貴：アメリカンフットボールにおける重大事故の統計的観察、臨床スポーツ医学、12-1、1-4、1995。
- 3) 松本剛、宮永豊、下條仁士、林浩一郎、福林徹、土肥徳秀：アメリカンフットボールにおけるスポーツ傷害、Jpn.J.Sports.Sci、9 (10)、649-654、1990。
- 4) 蒲田和芳、黒沢尚：大学アメリカンフットボール部における外傷管理、臨床スポーツ医学、12-1、37-44、1995。
- 5) 蒲田和芳：コンタクトスポーツにおける外傷発生状況と予防対策(1)頸、肩、コーチングクリニック、7 (1)、60-65、1993。
- 6) 蒲田和芳：コンタクトスポーツにおける外傷発生状況と予防対策(2)下肢、コーチングクリニック、7 (2)、61-67、1993。
- 7) Bruno Pauletto : Strength Training for football, Human Kinetics, 1993.
- 8) E. J. Kreis : Speed-strength training for football, Taylor Sports Publishing, 1992.
- 9) Michael Arthur, Bryan Balley : Complete Conditioning for football, Human Kinetics, 1998.
- 10) 鹿倉二郎：競技スポーツにおけるレジスタンストレーニングの実際と課題～アメリカンフットボール～、レジスタンストレーニング、160-167、朝倉書店、1994。
- 11) Tom Zupancic : Conditioning for football, Masters Press, 1994.
- 12) NSCA : 1998 NSCA Football Conference, 1998.
- 13) 日本オリンピック委員会：第26回オリンピック競技大会日本代表選手体力測定報告書、1997年。
- 14) 藤瀬武彦、杉山文宏、松永尚久、長畑芳仁：一般青年男女における筋力評価尺度としてのバーベル挙上能力測定の試み、体育学研究、39、403-419、1995。
- 15) Van Etten.et al.: Effect of weight training on energy expenditure and substrate utilization during sleep, Medical and Science in sports and exercise, 27(2), 1995.
- 16) トレーニングジャーナル編集部：世界に当たり負けしない身体づくり戦略～ハンドボール男子ナショナルチーム、月刊トレーニングジャーナル、19 (5)、17-19、1997。
- 17) 有賀誠司、寺尾保、中村豊、恩田哲也、山下泰裕、中西英敏、佐藤宣踐、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。
- 18) 黄川昭雄：スポーツ障害後の機能回復訓練～筋力評価の面から～、体育の科学、39 (2)、99-104、1989。
- 19) 黄川昭雄、山本利春：体重支持力と下肢のスポーツ障害、Jpn. J. Sports. Sci、5 (12)、837-841、1986。
- 20) Bielic. E. : Practical considerations for utilizing plyometrics. Part 1, National Strength and Conditioning Association Journal, 8(3), 14-22, 1986.
- 21) Chu, D : Jumping into plyometrics, Human Kinetics, 1992.
- 22) Dan Wathen : Explosive/Pliometric Exercises, National Strength and Conditioning Association Journal, 15(3), 14-25, 1993.
- 23) Gambetta, V : plyometric training, Track and Field Quart. Rev. 78(1), 58-59, 1978.
- 24) 有賀誠司：専門的ウエイト・トレーニングの導入前に何をチェックすべきか、月刊トレーニングジャーナル、17 (1)、36-39、1995。

大学柔道部員における 傷害発生の実態調査

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)

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

宮崎誠司 (医学部整形外科)

佐藤宣踐 (体育学部武道学科)

岩川武久 (棟上組)

THE STUDY ON INJURIES IN UNIVERSITY JUDO PLAYERS

Tetsuya ONDA, Seiji ARUGA,
Tamotsu TERAU, Yutaka NAKAMURA,
Seiji MIYAZAKI, Nobuyuki SATO and Takehisa IWAKAWA

Abstract

This survey was inquired occasion of injuries on 191 University judo students that was training at Tokai University between 1988 and 1997 in order to understand its situation and tendency. 1388 injury cases were recognised and there were the most cases in the freshmen and the less cases in the senior students. It was also recognised that the most injure cases were happened in April every year. Concerning of the body position for injuries, it was also recognised on knee injuries were the most. However, there was more upper extremity injuries in competition than everyday practice.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 44-51, 1999)

I. はじめに

すべての競技において、そのレベルが上がれば上がるほど、怪我の頻度は多くなりその予防対策等がより高い競技力向上につながるものと考えられる。特に柔道の場合、直接相手と組み合わせるため傷害が発生をする危険性も高く、実際に、スポーツ活動中の傷害調査¹⁾でも競技特性上傷害の数は

多くみられると述べられている。また、日本においてはヨーロッパのクラブ中心と異なり、競技スポーツの基盤に大学でのクラブ活動が大きくな割合を占めている。大学生生活4年間での競技結果が、その後の選手生命を左右すると言っても過言ではない。そこで本調査は、1988年度から1997年度までに在籍した大学柔道部員の傷害発生時期等を調査し、大学在籍中での競技力に影響をおよぼす傷害を最小限におさえるため、その傾向と現状の把握を目的とした。

Ⅱ. 対象者及び調査方法

対象者は1988年度から1997年度に東海大学体育会柔道部に所属した191名である。表1はそれぞれの学年での人数を示している。調査の方法は、その4年間在籍中の受傷時（練習メニューをすべてこなせなくなった時）に、負傷年月日、負傷した場所、負傷部位等8項目からなる「怪我人用調査用紙」を用い、受傷者本人により記入をさせ調査を行なった。集計内容は主に・学年及び月別の受傷傾向・受傷部位及び程度・受傷時の状況・試合時、練習時における受傷部位及び負傷程度からなっている。負傷程度においては、打ち込みと寝技の開始時を完治として、完治までの期間により、重度（4週間以上）、中度（2週間以上4週間未満）、軽度（2週間未満）の3段階に分けた。

Ⅲ. 結 果

1. 学年及び月別傷害数の傾向

全体としては、1388件の傷害発生件数が認められた。学年ごとのの受傷傾向では、1年時が419件（30.2%）と最も多く、逆に、最も少ないのは4年時の256件（18.4%）となった。そして、3年時、2年時はそれぞれ369件（26.6%）、344件（24.8%）であった。

月別では、最も傷害が発生しているのは、4月

で201件（14.5%）、次いで10月、5月でそれぞれ147件（10.6%）、144件（10.4%）であった。最も少ない月は、7月の41件（3.0%）で、次に12月の82件（5.9%）であり、その次が1月、2月の84件（6.1%）であった。

これらの傷害発生時期を1年時から4年時においてそれぞれを月ごとにみても、1年時では、入学して間もない4月が最も多く67件（16.0%）、次いで3月の52件（12.4%）、5月の50件（11.9%）となっている。反対に最も傷害発生が少なかったのは7月の10件（2.4%）、2月の12件（2.9%）、12月の19件（4.5%）の順であった。2年時においても、最も傷害の発生が多かった月は、4月で45件（13.1%）であり、次に多かったのが11月の37件（10.8%）で、6月と10月の32件（9.3%）となった。最も傷害の発生が少なかったのも、7月の9件（2.6%）であり、次いで8月の21件（6.1%）、9月と3月の25件（7.3%）であった。3年時でも4月が46件（12.5%）で、最も傷害発生件数が多く、6月の42件（11.4%）、10月の40件（10.8%）との順になっている。最も傷害の発生が少ないのも、7月であり13件（3.5%）、次いで11月の14件（3.8%）であった。4年時の傷害発生数の件数が最も多かったのも、他の学年同様に4月で43件（16.8%）、そして5月の37件（14.5%）となったり、逆に、傷害の発生が少ない月は、2月の7件（2.7%）であり、その次が1月の8件（3.1%）であり、他の学年で最も少なかった7月は、9件（3.5%）でその次であった。

4年間を通して見た場合、傷害の発生数が最も多いのは1年時の4月の67件（16.0%）、3月の52件（12.4%）、5月の50件（11.9%）、10月の48件（11.5%）と最も多い4ヶ月であった。最も傷害の発生が少なかったのは4年時の2月の7件（2.7%）、次いで4年時の1月の8件（3.1%）であり、4年時、2年時の7月の9件（3.5%、2.6%）であった。（表2、図1）

2. 受傷部位及び負傷程度

傷害発生総件数のうち、重度が最も多く534件

表1 学年における部員数
Table1 The number of students in each year.

学生番号	在籍期間(年度)	在籍人数
80生	1988~1991	26人
90生	1989~1992	27人
00生	1990~1993	28人
10生	1991~1994	27人
20生	1992~1995	27人
30生	1993~1996	28人
40生	1994~1997	28人
合計	1988~1997	191人

表2 学年及び月別傷害件数

Table 2 The number of ages & monthly injuries.

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	不明	合計	%
一年	67	50	35	10	37	25	48	39	19	23	12	52	2	419	30.2%
	16.0%	11.9%	8.4%	2.4%	8.8%	6.0%	11.5%	9.3%	4.5%	5.5%	2.9%	12.4%	0.5%	100.0%	
二年	45	30	32	9	21	25	32	37	26	29	29	25	4	344	24.8%
	13.1%	8.7%	9.3%	2.6%	6.1%	7.3%	9.3%	10.8%	7.6%	8.4%	8.4%	7.3%	1.2%	100.0%	
三年	46	27	42	13	39	21	40	14	27	24	36	37	3	369	26.6%
	12.5%	7.3%	11.4%	3.5%	10.6%	5.7%	10.8%	3.8%	7.3%	6.5%	9.8%	10.0%	0.8%	100.0%	
四年	43	37	25	9	18	28	27	26	10	8	7	17	1	256	18.4%
	16.8%	14.5%	9.8%	3.5%	7.0%	10.9%	10.5%	10.2%	3.9%	3.1%	2.7%	6.6%	0.4%	100.0%	
合計	201	144	134	41	115	99	147	116	82	84	84	131	10	1388	100.0%
	14.5%	10.4%	9.7%	3.0%	8.3%	7.1%	10.6%	8.4%	5.9%	6.1%	6.1%	9.4%	0.7%	100.0%	

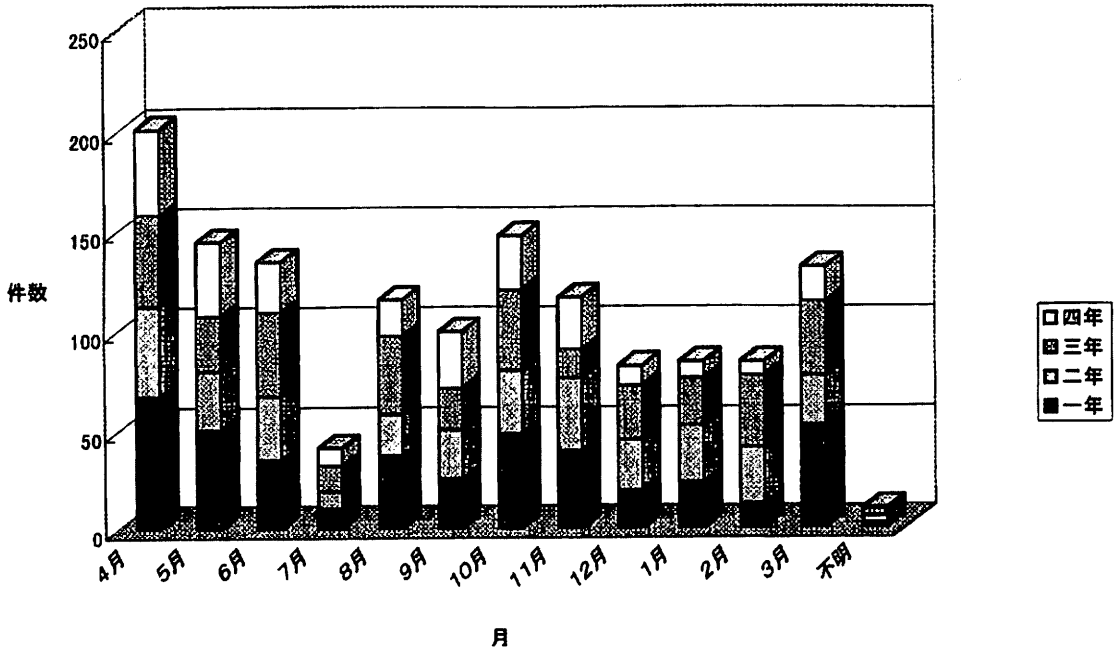


図1 学年及び月別傷害発生数

Fig. 1 The number of ages & monthly injuries.

表3 負傷程度及び部位別受傷件数

Table 3 The number of injury levels in each body parts.

	首	肩	肘	手首	手指	肋軟	腰	大腿	膝	足首	足指	その他	合計	%
重度	15	71	43	8	13	16	59	5	188	72	9	35	534	38.5%
	2.8%	13.3%	8.1%	1.5%	2.4%	3.0%	11.0%	0.9%	35.2%	13.5%	1.7%	6.6%	100.0%	
中度	11	46	43	18	13	8	48	8	93	55	12	17	372	26.8%
	3.0%	12.4%	11.6%	4.8%	3.5%	2.2%	12.9%	2.2%	25.0%	14.8%	3.2%	4.6%	100.0%	
軽度	31	60	50	12	23	14	50	13	95	75	15	44	482	34.7%
	6.4%	12.4%	10.4%	2.5%	4.8%	2.9%	10.4%	2.7%	19.7%	15.6%	3.1%	9.1%	100.0%	
合計	57	177	136	38	49	38	157	26	376	202	36	96	1388	100.0%
	4.1%	12.8%	9.8%	2.7%	3.5%	2.7%	11.3%	1.9%	27.1%	14.6%	2.6%	6.9%	100.0%	

(38.5%) で、次いで軽度の482件 (34.7%)、そして中度の372件 (26.8%) であった。

部位別では、膝が最も多く376件 (27.1%)、次いで足首の202件 (14.6%)、肩の177件 (12.8%)、腰の157件 (11.3%) の順であった。

負傷程度と部位とをみてみると、すべての程度で膝が最も多く怪我をしている結果となり、重度、

中度、軽度それぞれ188件 (35.2%)、93件 (25.0%)、95件 (19.7%) となった。次に多かった部位は重度では、足首72件 (13.5%)、肩71件 (13.3%) で、中度では足首55件 (14.8%)、腰48件 (12.9%) の順で、軽度では重度同様に足首75件 (15.6%)、肩60件 (12.4%) であった。(表3、図2)

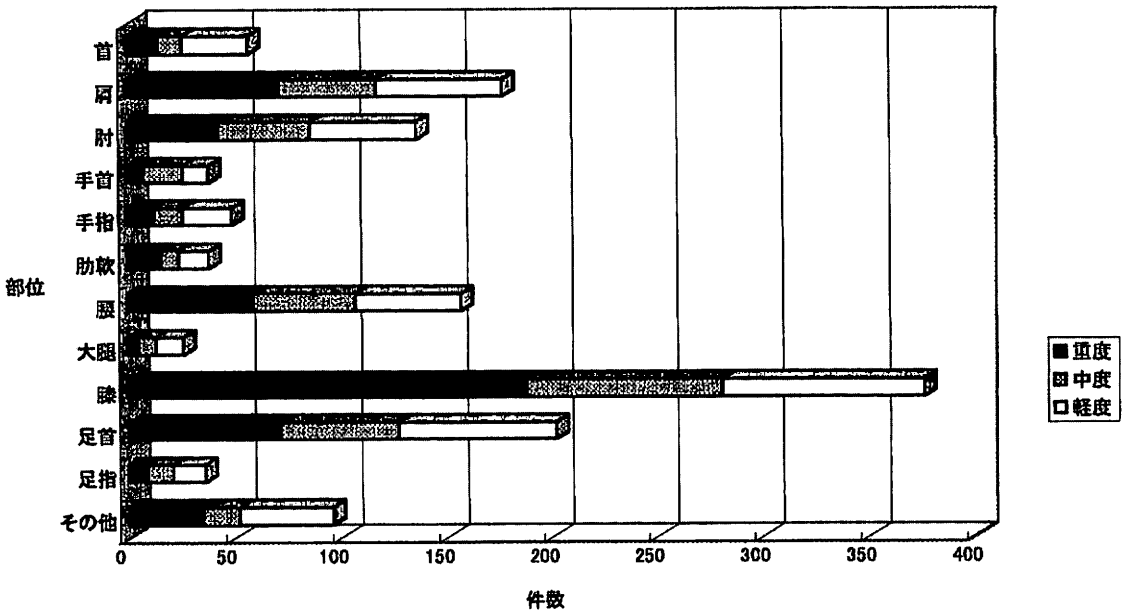


図2 負傷程度及び部位別受傷件数
Fig. 2 The number of injury levels in each body parts.

表4 受傷時の状況
Table 4 The injuries situations.

	試合	練習	Training	その他	不明	合計
一年	54	306	14	11	34	419
	12.9%	73.0%	3.3%	2.6%	8.1%	100.0%
二年	64	221	9	20	30	344
	18.6%	64.2%	2.6%	5.8%	8.7%	100.0%
三年	72	224	10	16	47	369
	19.5%	60.7%	2.7%	4.3%	12.7%	100.0%
四年	63	152	8	12	21	256
	24.6%	59.4%	3.1%	4.7%	8.2%	100.0%
合計	253	903	41	59	132	1388
	18.2%	65.1%	3.0%	4.3%	9.5%	100.0%

3. 受傷時の状況

全体として最も傷害の発生が多くあった状況は、練習時で903件(65.1%)であった。傷害発生数の約2/3が柔道練習時に起こっている結果となる。逆に最も少ないのは、トレーニング時の41件(3.0%)である。

学年ごとで見た場合では、すべての学年で練習時の傷害発生が最も多く、1年時から4年時まで、それぞれ306件(73.0%)、221件(64.2%)、224件(60.7%)、152件(59.4%)と学年が上がるに連れて割合が減ってきている。又、次に傷害の発生が多い試合時では、4年時が63件(24.6%)、3年時72件(19.5%)、2年時64件(18.6%)、1年時54件(12.9%)と、練習時とは逆に、学年が上がるに連れて発生回数が増えている。最も少ないの

は、1年時をのぞいてはトレーニング時で、4年時8件(3.1%)、3年時10件(2.7%)、2年時9件(2.6%)であった。一方、1年時の最も少なかったのは、日常生活で起こった負傷を中心とした“その他”で11件(2.6%)であった。(表4、図3)

4. 試合時、練習時における受傷部位及び負傷程度

割合から見て試合時では、膝27.3%(69件)、肩16.2%(41件)、肘15.4%(39件)の順の部位で多く傷害が発生している。一方、練習時では全体と同様に、膝29.6%(267件)、足首14.1%(127件)、肩12.0%(108件)であった。

負傷程度からでは、試合時において重度では膝37.2%(29件)に次いで肩、肘、腰がそれぞれ12.8%(10件)と多く、中度でも膝26.7%(24件)に次いで肘が15.6%(14件)、そして肩の14.4%(13件)となった。軽度においては肩が一番多く21.8%(18件)、そして膝の18.8%(16件)、肘17.6%(15件)であった。練習時では、すべての重度、中度、軽度で膝が最も受傷部位として多く(38.9%、23.9%、23.1%)、二番目に多いのもす

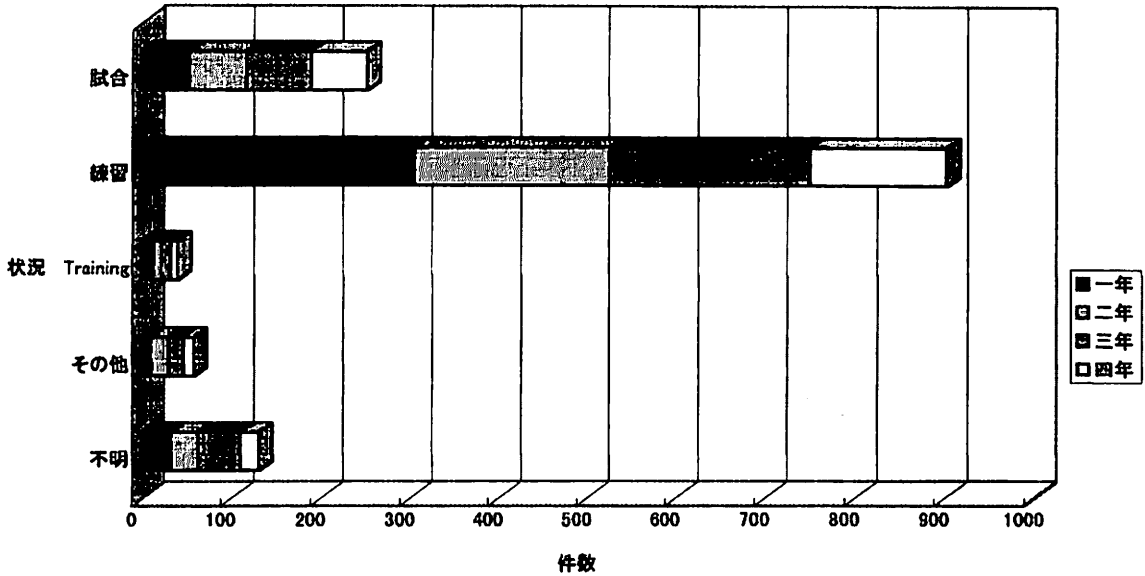


図3 学年別における受傷時の状況
Fig. 3 The injuries situations.

表5 試合時・練習時の負傷程度と受傷部位

Table 5 The number of injury levels in each body parts (Competition & Practice).

【 試合 】														
	首	肩	肘	手首	手指	胸腹	腰	大腿	膝	足首	足指	その他	合計	%
重度	4	10	10	1	3	1	10	0	29	7	1	2	78	30.8%
	5.1%	12.8%	12.8%	1.3%	3.8%	1.3%	12.8%	0.0%	37.2%	9.0%	1.3%	2.6%	100.0%	
中度	1	13	14	3	4	5	8	1	24	12	3	2	90	35.6%
	1.1%	14.4%	15.6%	3.3%	4.4%	5.6%	8.9%	1.1%	26.7%	13.3%	3.3%	2.2%	100.0%	
軽度	3	18	15	0	3	3	9	2	16	8	3	5	85	33.6%
	3.5%	21.2%	17.6%	0.0%	3.5%	3.5%	10.6%	2.4%	18.8%	9.4%	3.5%	5.9%	100.0%	
合計	8	41	39	4	10	9	27	3	69	27	7	9	253	100.0%
	3.2%	16.2%	15.4%	1.6%	4.0%	3.6%	10.7%	1.2%	27.3%	10.7%	2.8%	3.6%	100.0%	
【 練習 】														
	首	肩	肘	手首	手指	胸腹	腰	大腿	膝	足首	足指	その他	合計	%
重度	8	43	29	3	9	13	39	4	139	45	7	18	357	39.5%
	2.2%	12.0%	8.1%	0.8%	2.5%	3.6%	10.8%	1.1%	38.9%	12.6%	2.0%	5.0%	100.0%	
中度	7	32	25	9	12	5	35	6	60	35	9	18	251	27.8%
	2.6%	12.7%	10.0%	3.6%	4.8%	2.0%	13.9%	2.4%	23.9%	13.9%	3.6%	6.4%	100.0%	
軽度	22	33	26	7	15	10	30	6	68	47	10	21	285	32.7%
	7.5%	11.2%	8.8%	2.4%	5.1%	3.4%	10.2%	2.0%	23.1%	15.9%	3.4%	7.1%	100.0%	
合計	37	108	80	19	36	28	104	16	267	127	26	55	903	100.0%
	4.1%	12.0%	8.9%	2.1%	4.0%	3.1%	11.5%	1.8%	29.6%	14.1%	2.9%	6.1%	100.0%	

すべての程度で足首 (12.6%、13.9%、15.9%) であった。但し中度では、腰も同じ割合を示した。三番目に関しては、重度、軽度において、肩がそれぞれ12.0% (43件)、11.2% (33件) と多い。(表5、図4)

IV. 考 察

全傷害発生件数が1388件で、今回の対象者の総

数が191人であることから、4年間在籍中に、一人平均7.3回のなんらかの怪我をし、練習を休んでいることになる。この回数は先行研究の宮崎²⁾らが調査した7.44回とほぼ同じ回数を示している。

学年別の受傷傾向において、1年時が多い傾向を示したのは、1年時では高校生から大学生という新たな環境に入り、より高い競技力を持つ相手と練習、試合などを行わなくてはならない。よって、体力的な要因と環境的な要因が考えられる。次に

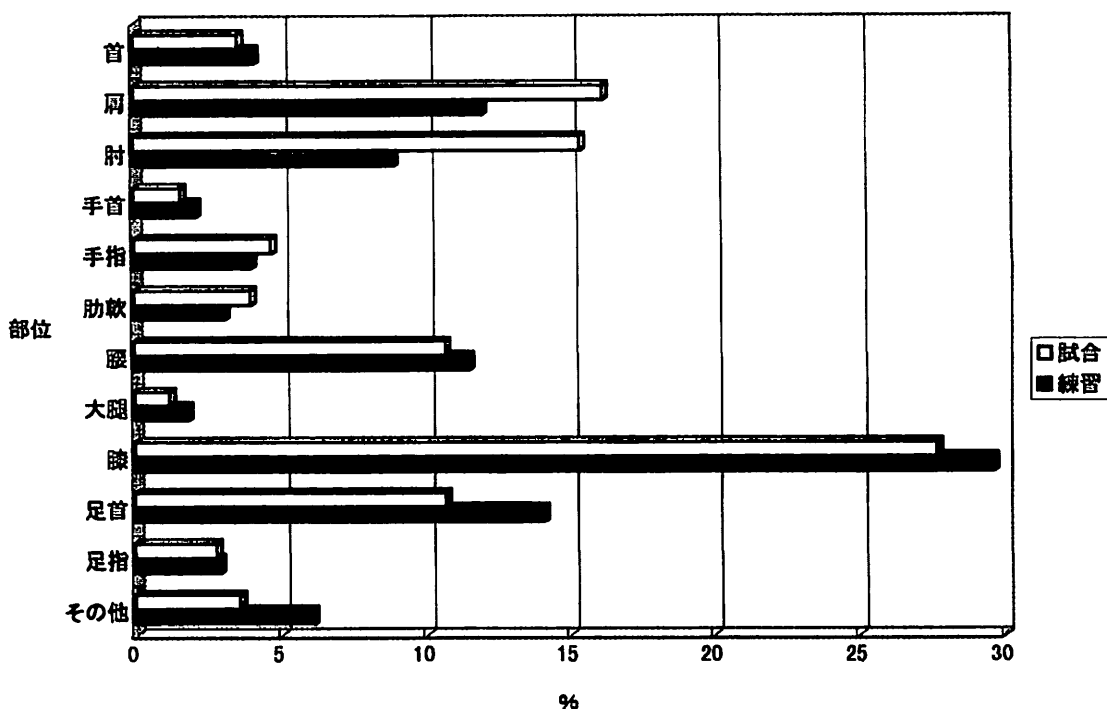


図4 試合・練習時の受傷部位
Fig. 4 The number of injury levels in each body parts (Competitions & Practice).

3年時において傷害発生が多いことを考慮すると、3年時は環境的にクラブの中で、中心的な立場に変わる時期であると思われる、傷害発生の背景には体力的なものだけでなく、環境的な変化といったものが大きく影響するのかもしれない。

月別でも同様に、学生の環境変化の最も大きいと思われる年度始めの4月が、すべての学年で傷害の発生件数が多い。又、4月は年度始めと言うだけでなく、2年生、3年生、4年生にとっては、大学の長い春休みの合宿生活から、通常の生活リズムに戻る時期でもある。二番目に傷害発生件数が多い10月においても、春同様に夏休みの合宿期間から後期の授業が始まる時期であり、生活リズムに授業などが入り環境が変化する時期であるといえよう。しかしながら、これらの時期においては、合宿時の疲労が出始める時期であるとも考えられる。表6は、1997年度の練習量とトレーニング量を時間で表しており、図5は傷害発生件数とその練習、トレーニング量との関連を表している。今回対象のクラブは7月に約2週間、12月に約10

日間クラブの休暇をとっており、その直後の体力的な面で最も練習量をこなす合宿時の含まれる月（8月、9月、2月、3月）では、傷害発生件数が全体の10%に満たない。この事から、休みの期間を上手く与えることは、選手を新しい環境や新たな生活リズムの変化に順応させ、疲労回復という意味においても傷害防止につながるのかもしれない。

負傷程度と部位においては、すべての程度において膝の傷害が最も多く、これは1995年の平野³⁾らの報告と同じであり、練習再開までも最も時間を費やしている。柔道は全身運動であると同時に、攻防の中で回転運動も多く含まれ、膝には他の部位に比べ、外力が加わる機会が多いと推測される。

受傷時の状況では、費やす時間の最も多い練習時が傷害発生件数も多い。しかしながら、試合時は費やす時間の割合に対し、傷害の発生件数が多いように思われ、より身体の限界を越えるような力が加わったり、無理な姿勢などが要求される

表6 月別練習及びトレーニング量

Table 6 The amount of practice & training time.

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計	%
練習	11.1	11.5	12.0	6.6	21.0	11.8	9.4	11.7	9.0	19.3	20.7	20.8	164.7	17.0%
Training	88.0	73.0	88.0	36.0	66.7	72.0	65.5	73.5	61.5	69.0	81.5	69.5	804.2	83.0%
合計	79.1	84.5	80.0	42.6	87.7	83.8	74.9	85.2	70.5	88.3	102.2	80.3	988.9	100.0%
%	8.2%	8.7%	8.3%	4.4%	9.1%	8.6%	7.7%	8.8%	7.3%	9.1%	10.5%	8.3%	100.0%	

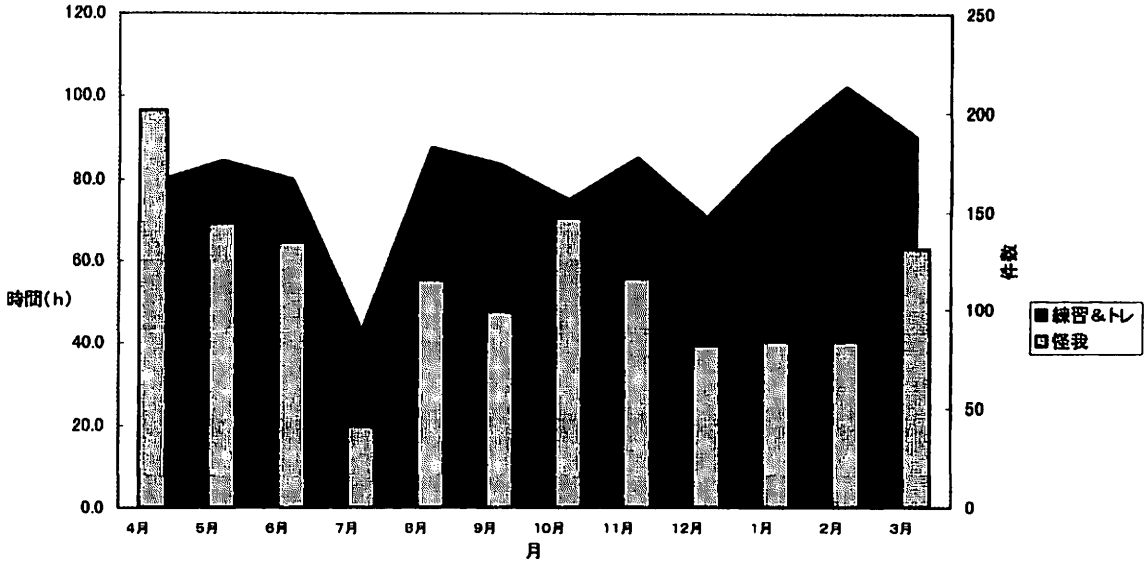


図5 練習量と傷害発生月の関係

Fig. 5 Relationships between the number of injuries and the amount of practice & training time.

ためではないかと考えられる。又、練習時の傷害が1年時が最も多い割合を示し、学年が上がるに連れて減っていくのは、やはり体力、技術面での影響が大きいのではないだろうか。逆に、試合での傷害の割合が上級生になるに連れて多いのは、試合に出場する機会が増えるためであろう。それらと関連し、試合時と練習時における傷害の部位では、試合時においては膝の受傷が最も多いものの、次に多い身体部位が肩、肘と腰から上の上半身の部位である。一方、練習時の場合は膝、足首が最も負傷の多い部位となっている。腰から上を上半身とし、腰から下を下半身と見た場合、練習時は上半身が34.2%で下半身が48.4%であるのに対し、試合時においては44%の傷害が上半身で起こっており、下半身は42%と上半身の方が多く受傷していることになる。負傷程度においても同様な傾向が見られており、試合時の軽度では膝の受傷よりも肩の受傷の方が多くなっている。このことは、先にも触れた通り試合時には、より身体の

限界を超えるような力が加わったり、無理な姿勢などが強いられるためではないかと思われる。実際に、柔道の試合において勝敗を決める技のポイントは、投げられた競技者の背中が畳へ着く姿勢によって大きく異なってくる。その分、腕や手を着くことによって技を逃れたり、背中から落ちるのを避けようとして上体をひねるなどし、肩から畳に落ちたりするケースが多くなるのであろう。

V. まとめ

本調査は、1988年度から1997年度までに、大学柔道部に在籍した191名の傷害発生時期、受傷部位、負傷程度、受傷時の状況等の傾向と現状の把握を目的として行った。その結果以下の点が明らかになった。

- 1) 全体として1388件の傷害が認められ、この事は4年間在籍中一人平均7.3回の傷害を受け

たことになる。

- 2) 学年別傷害数では、1年時が最も多く、次いで3年時であった。逆に、4年時が最も傷害数が少なかった。
- 3) 月別傷害数では、すべての学年で4月に最も多くの傷害が発生しており、逆に最も少なかったのは、夏休みが含まれる7月であった。
- 4) 負傷程度では、1ヶ月を超えるような傷害が全体の約40%になっている。
- 5) 受傷時の状況では、時間の費やす割合の一番多い練習時での傷害が、最も多く見られた。
- 6) 受傷部位については、全体としては膝が最も

多い。但し試合時においては上半身の傷害が、練習時よりも多くなっている。

参考文献

- 1) スポーツ活動中の傷害調査集大成版、(財)スポーツ安全協会；113、1992
- 2) 宮崎誠司、中村豊、山路修身、内山善康、戸松泰介：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、第9号：p9-12、1997
- 3) 平野嘉彦、堀安高綾、村松常司、藤猪省太、西田孝宏、米田賢：柔道選手の傷害に関する研究(1)、日本武道学会第28会大会研究発表抄録、武道学研究第28巻別冊：p62、1995

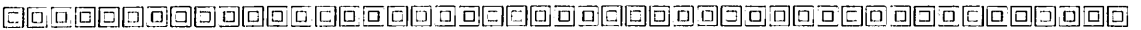


高身長・高体重スポーツ選手の膝蓋・ 大腿関節適合不良について

中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)
 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)
 戸松泰介 (医学部整形外科教室)

Patellofemoral malalignment disorder in athlete with high stature and heavy weight

Yutaka NAKAMURA, Tamotu TERAO,
 Seiji ARUGA, Tetuya ONDA
 and Taisuke TOMATU



Abstract

It has long been known that certain factors predispose to paterofemoral malalignment disorder. For example, there is a higher incidence of this disorder among women than men. It is also known that individuals whose fibrous supporting structure is innately weak are more susceptible to patello-femoral malalignment disorder; this includes individuals with general joint laxity(including the wrist, elbow and shoulder joints), marked genu recurvatum, and high lateral mobility of patella.

Four sports players with paterofemoral malalignment disorder who has high statue and heavy weight underwent operative treatment. In these athletes, we now turn to our studies of the relationship between the grade of patello-femoral alignment and predisposing factors. Given findings from these athletes, it seems to conclude that of the many predisposing factors which have discussed in literature, several in fact do affect the alignment of the patello-femoral joint, i.e. patellar position, genu valgum , depth of the patellar groove of the femur, and patellar shape. We should consider the fact that the grade of patello-femoral alignment is affected not only by predisposing factors but also by individual habits, such as the choice the leg to be used as the axis in body-twisting movements in sports activities. (Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 52-58, 1999)

I. はじめに

膝関節の屈曲や伸展運動の中で、膝蓋骨が通常動く走行軌道から逸脱する場合に膝蓋骨とこれに対向する大腿骨の顆部の適合が悪いということで膝蓋・大腿関節適合不良という言葉が使われてい

る。この障害のに対する用語は現在でも混乱がみられているが、以前から多く用いられている病名に習慣性膝蓋骨脱臼という言葉がある。この表現は脱臼と亜脱臼とをどのように区別をするかが難しく、またこの障害が動きの中で発生するため膝蓋骨が走行軌道から逸脱したとしてもすぐに元の軌道へ戻るために脱臼程度を正確に判定・再現することが難しく、傷害を適格に表現していないと

言われている。このような経緯からしだいに膝蓋・大腿関節適合不良という言葉が用いられるようになりつつある⁶⁾。この膝蓋・大腿関節適合不良の成因には今までに構造的因子と機能的因子などに分類されてさまざまな因子が挙げられているが、スポーツ選手の中で身長が高くしかも体重が重い選手には発生の危険が多くみられる感がある。欧米ではこの膝蓋・大腿関節適合不良の発生頻度は本邦より高く、欧米人の身長が高いことを考えればこの高身長であること自体がこの膝蓋・大腿関節適合不良の発症に関係する潜在的可能性があると考えられる。また体重が重いスポーツ選手はcontact sportsなどの力を要する競技を行うことが多く、膝蓋骨にかかる力学的負担が軽量選手に比べて大きくなり力学的にも発症に結びつきやすいと考えられる。今までに治療経験の得られた自験例の中からこの高身長・高体重に潜む発生因子を検討し文献的考察を加えて述べることにする。

Ⅱ. 対 象

対象は膝蓋・大腿適合不良の診断にて外科的治療を受けた身長が高くしかも体重が重いスポーツ選手4名である。性別はすべて男性であり、年齢は高校1年生の15歳から24歳である。身長は184cm、から169cmであり、体重は126kgから93kgである。スポーツ種目は柔道が2名であり、ボディービルが1名、相撲が1名である。

Ⅲ. 検査方法および検査所見

それぞれの選手について身体所見を診察するとともに単純X線検査を行い、得られたフィルムより膝蓋骨と大腿骨との位置関係の計測を行い適合性の良否について調査した。

1) 臨床所見

自覚所見としては階段の昇降や膝の屈曲・伸展の多い活動の際など何らかの疼痛が膝にあり、膝

が長時間の間屈曲にありその後起立する際に膝蓋骨の内側の痛みを訴える (movie sign) ものはすべての選手に共通していた。また膝関節が“ぬけるようだ”、“引っかかる”などの不安感が4名中3名にわずかにみられ、その他にも膝の屈伸時に音がするなどの訴えがみられた (表1)。

他覚所見としては7項目の全身関節弛緩性テストを行い4関節以上が陽性のものが2名あり3関節と2関節がそれぞれ1名であった^{3) 12)}。Q角 (Q-angle) は上前腸骨から膝蓋骨中央を結ぶ線と膝蓋骨中央から脛骨結節を結ぶ線の成す角度である (図1) が、この角度の測定は3名について行われ正常値は20°以下となっている¹³⁾ が、今回の症例は12°から15°の正常範囲内であった。Apprehension signは膝を伸展位にして検者が膝蓋骨を他動的に外側へ移動させると強い不安感や恐怖感を訴えるもので全例に陽性であった。Crepitationは膝蓋骨を押さえ上下左右に動かした場合の軋音であるが、2名に明確に認められ1名には不明瞭であった。膝蓋骨を圧迫した際の疼痛は3名に存在しそのうち1名は明瞭にあり他の1名は不明確で違和感を感じずる程度であった。可動域の制限が多少なりとも認められるものは4人すべてであるが、生活上の不自由には至る例はみられなかった。明らかなLocking現象は1名のみを経験されただけで、他の3名は経験がみられなかった。

2) X線計測は正面像で脛骨大腿軸角 (Femoro-Tibial-Angle : F.T.A.) を計測し、側面像では図2に示されているように膝蓋骨の高さをInsall-Salvati法 (T/P) および Blackburne-Peel 法 (A/B) にて計測した⁴⁾。軸射像ではSulcus-Angle⁶⁾、Congruence Angle¹⁰⁾、Tilting-Angle、Lateral shift、Depth index、Facet Angleおよび膝蓋骨の形態についてWiberg分類¹⁴⁾、Baumgartl分類¹⁾を用いて分類した (図3)。

脛骨大腿軸角 (FTA) では左右を含めた8膝の計測結果では外反程度が最も強いものは168°を示し、最も弱い膝では175°であった。日本人の成人男性の脛骨大腿軸角 (FTA) の平均をみると 178.48 ± 0.23 (S.E.)°であり、15~16歳の頃値をみ

表1 臨床所見
Table 1 Clinical findings

症例	1	2	3	4
自覚症状				
痛み	++	+	±	+
movie sign	+	+	+	+
不安感	±	-	±	±
他覚所見				
関節弛緩性テスト	3/7	2/7	5/7	4/7
Q angle	-	15	12	14
Apprehension sign	+	+	+	+
crepitation	+	++	++	±
圧迫時痛	+	++	+	±
ROM制限	+	+	+	+
locking 現象	-	-	+	-

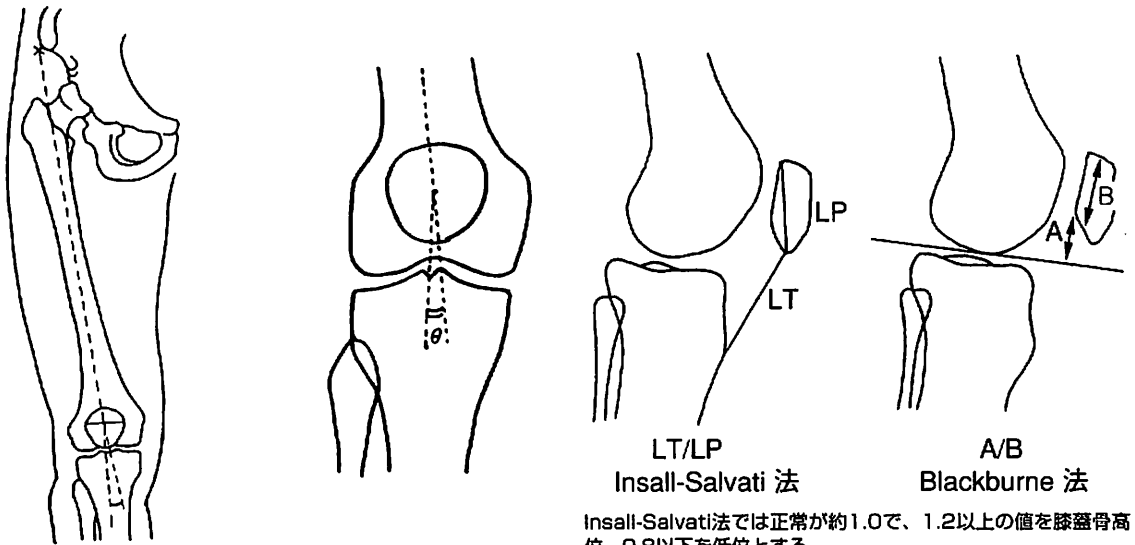


図1 Q角の測定
Fig. 1 Methods of measurement of Q-angle

Insall-Salvati法では正常が約1.0で、1.2以上の値を膝蓋骨高位、0.8以下を低位とする。

Blackburne法では正常を0.8とし、1.0以上を高位とする。

図2 膝蓋骨のX線計測
Fig. 2 Methods of measurement of patella alta

でも $177.37 \pm 2.60^\circ$ であり、これらの選手の値はいずれも平均を下まわっており膝の外反傾向が強くみられる結果となった⁸⁾。

膝蓋骨の高さはBlackburne-Peel法 (A/B) では1以上の値を膝蓋骨の高位¹¹⁾とすると3名が1以上の値を示していた。Insall-Salvati法 (T/P) では1.2以上を高位¹¹⁾とすると2名がこの値以上で高位となった (表2)。

膝蓋骨軸位のX線像から計測された値では、大腿顆部の深さを表すSulcus-Angleは $140^\circ \pm 5^\circ$ を

正常範囲とする⁴⁾と異常値を示したのは1名であった。Congruence Angleは大腿顆部と膝蓋骨との適合性を表す指標であるが、 $-6^\circ \pm 11^\circ$ を正常範囲⁴⁾とするとすべてが異常の値であった。Tilting-AngleとLateral shiftについては前者は膝蓋骨の傾斜の増加を示す、すなわち膝蓋骨が大腿骨顆部に直上から正しくのらず外側へ傾きずれる傾向を示すもので、後者は同様に膝蓋骨が顆部に正しくのらずに外方にずれはみ出す程度を現すものであるが、外方偏位を5 mm以上、または外方傾

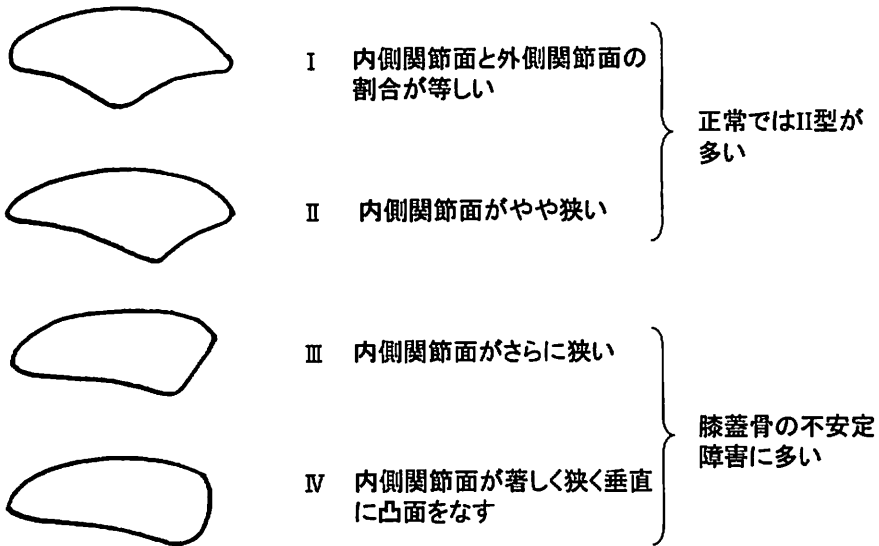
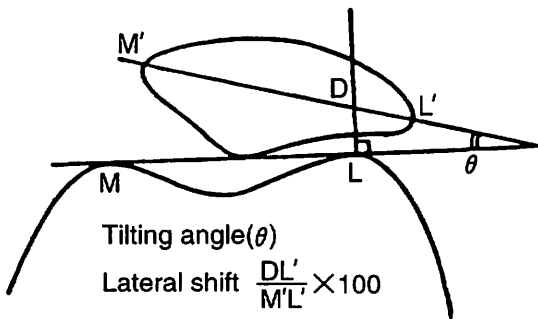


図3 Wiberg, Baumgartlの骨形腿分類
Fig. 3 Classification of patella shape by Wiberg and Baumgartl

表2 X線計測結果
Table 2 Findings of X-ray examination

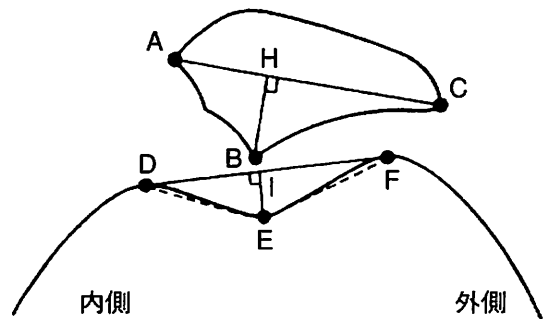
Case		1	2	3	4
FTA	R	<u>170</u>	<u>168</u>	<u>171</u>	<u>171</u>
	L	<u>171</u>	<u>168</u>	<u>170</u>	<u>175</u>
A / B		<u>0.8</u>	<u>1.1</u>	<u>1.1</u>	<u>1.3</u>
T / P		<u>0.9</u>	<u>0.9</u>	<u>1.4</u>	<u>1.2</u>

下線—異常値



Tilting angle (外方傾斜角): 15°以上かあるいはLateral shift (外方偏位): 5mm以上で亜脱臼とする。(腰野, 1986)

図4 膝蓋骨のX線計測
Fig. 4 Methods of measurement of Tilting-angle and Lateral shift



Depth Index
patella: BH/AC 正常値3.6~4.2
trochlea: EI/DF 正常値5.3±1.2

図5 膝蓋骨のX線計測
Fig. 5 Methods of measurement of Depth index

斜を15°以上のいずれかを満足すれば膝蓋骨亜脱臼とする⁸⁾とすると、Tilting Angleについては4名中3名が15°以上の傾斜角度を示しており、

Lateral shiftについては全例で5mm以上の値を示していた(図4)。Depth indexは正常値をpatella 3.6~4.2、trochlea 5.3±1.2とする⁸⁾と2例づつの

表3 X線計測

Table 3 Findings of X-ray examination

Case	1	2	3	4
Sulcus A.	137	<u>151</u>	143	140
Congruence A.	<u>-36</u>	<u>28</u>	<u>21</u>	12
Tilting A.	<u>17</u>	<u>25</u>	<u>17</u>	14
Lateral shift (m m)	<u>11</u>	<u>28</u>	<u>11</u>	<u>9</u>
Depth index				
patella	3.4	3.7	<u>4.7</u>	<u>4.3</u>
trochlea	5.4	<u>9.4</u>	<u>8.3</u>	5.9
Facet A.	<u>117</u>	<u>106</u>	132	136
Wiberg	III	III	III	II
Baumgartl	hunting cap	IV	IV	III

下線—異常値(成人男子)

半数が正常範囲を逸脱していた(図5)。

膝蓋骨の形態ではWiberg分類ではI II III型のなかでIII型が3名、II型が1名であった。Baumgartl分類にあてはめるとIV型が2名、III型とhunting cap typeが1名ずつであった(表3)。

治療方法はElmslie-Trillat法が主体で、骨端線が残存している15歳例にRoux-Goldwait法を行った。

IV. 症例紹介

症例1は18歳のボディービル部の学生で身長182cm、体重100kgである。陸上競技中に膝部を打撲し、以後競技中の疼痛が持続するようになる。外観は足部果間で計測すると4横指程度の外反膝を呈していた(図6)。全身関節弛緩性テストでは7大関節では2関節のみ陽性である。X線計測では膝蓋骨の軸位像で外方傾斜角度は25°を示し、外方偏位は28mmであり膝蓋・大腿関節の不適合を認めた。術後6年経過した時のX線計測で外方傾斜角度は9°で、外方偏位は7mmとなり、階段昇降などで軽度の痛みと膝蓋骨後面の軋音を残し、関節可動域の僅かな制限がみられるものの日常生活や仕事には支障なく経過しており、スポーツ活動は空手を行っている(図7)。

症例2は17歳の高校相撲部3年で、身長は



図6 外反膝(果間4横指)

Fig. 6 genu valgum

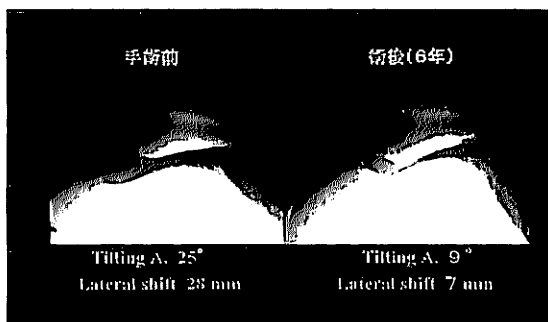


図7 膝蓋骨軸位のX線像

Fig. 7 Follow up study by plane roentgenograms

184cmで体重126kgである。高校1年の頃より僅かに膝に脱臼するような不安感があったがそのまま練習を続ける。高校3年時に相撲の練習中に“すり足”をたくさん行って膝の疼痛は増強し医療機関の受診となった。外観ではやはり足部果間で4横指の著明な外反膝を呈し(図8)、関節弛緩性テストでは7大関節中4関節に陽性で、さらに反張膝の傾向をもつがQ角の測定では14°



図8 症例2
17歳高校生相撲部 著大な外反膝を呈する(果間4横指)
Fig. 8 Case 2

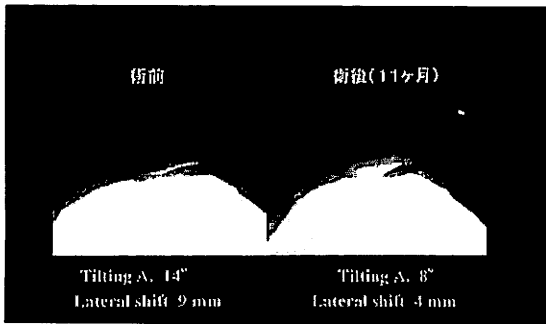


図9 膝蓋骨軸位のX線像
Fig. 9 Follow up study by plane roentgenograms

で正常範囲内であった。立位X線像の脛骨大腿軸角 (Femoro-Tibial-Angle : F.T.A.) は右 170° 、左 173° となり外反膝傾向を示した。膝蓋骨の位置はInsall-Salvati 法 (T/P) で1.2、Blackburne-Peel 法 (A/B) で1.3の値を示し、膝蓋骨が高い傾向にある。軸位のX線計測では外方傾斜が 14° 、外方偏位が9 mmを示し膝蓋・大腿関節の不適合が認められた。術後11ヶ月の時点では症状として時に軽度の運動痛を覚える以外に支障はなく、X線計測上も外方傾斜が 14° から 8° 、外方偏位が9 mmから4 mmへと改善を示した (図9)。

V. 考 察

膝蓋大腿関節不適合の原因は構造的な原因としては骨性因子と軟部組織因子とに分けられている¹³⁾。一方で機能的な原因としては筋肉のアンバランスや筋肉の萎縮などが考えられるが、今回の症例で共通することはすべて男性であることと外反膝の傾向が強いことである。一般的には女性に発生頻度が高いと言われており⁷⁾、外反膝については成人男性の脛骨大腿軸角 (FTA) は 178° 前後とすれば数的には少ないながら4症例8膝のFTAの値は 170° 前後で明らかに外反を呈している。欧米人は日本人より外反膝が多く膝蓋・大腿関節障害が多いと言われており¹³⁾、身長が高いことが膝蓋・大腿関節不適合の原因の1つである骨性因子に関係している可能性がある。さらに体格が大きい場合には大腿部分も太く、加えて体重が重い場合などは歩行バランスをとりやすくするためか相撲取りの歩行パターンにみられるような開脚歩行の傾向があり、この開脚歩行の姿勢が発育期に外反膝の形成に関与する可能性も考えられた。また膝蓋大腿関節不適合の構造的な原因の骨性因子としての膝蓋骨の形状がある。この症例では4例中3例がWiberg分類のⅢ型で、Baumgartl分類でもⅣ型が2名でⅢ型とhunting cap typeが1名づつとなり、いずれも膝蓋骨の不安定障害に多いタイプを示している⁹⁾。その他のX線計測の値からもこれらの症例に骨性因子が大きく関与していると考えられる。軟部組織因子のなかでも膝蓋骨の位置に関しては、今回のX線計測で高位を示しているものが多くあり、膝蓋骨の位置が高い場合には反復性膝蓋骨脱臼・亜脱臼、膝蓋軟骨軟化症などの関連が指摘されている¹¹⁾。

機能的な原因として大腿四頭筋拘縮症のような筋の過緊張、筋のアンバランスや術後の内側広筋の萎縮などが考えられるが、スポーツ選手で身長が高くしかも体重が重い場合には contact sports や柔道などの膝の外反、外旋、屈曲動作を強制され

表4 膝蓋大腿関節不適合の原因

Table 4 Predisposing factors of petellofemoral malalignment disorder

1) 構造的 原因	骨性因子	①大腿骨前捻 ②大腿頸部骨形状 ③膝蓋骨の形状 ④脛骨外捻
	軟部組織因子	①関節包膝蓋支帯バランス ②膝蓋骨高位・低位 ③腸脛靭帯の緊張
2) 機能的 原因		①筋の過緊張 ②筋のアンバランス ③内側広筋の筋萎縮 ④Q角

やすい競技に属する傾向がある。この外反・外旋・屈曲という膝の動きは動的なQ角の増大につながり、膝蓋骨を外方へ逸脱させる力の増強を招き、膝蓋・大腿関節症の不適合の発症に関係すると考えられる。今回の症例は治療に至ったスポーツ選手の特徴であり、この特徴が一般人と比較して明らかなものかは膨大な疫学調査を待たねばならないが、少なくとも文献的には特徴づけられると考えられる。しかもこのような身体的特徴が小・中学時代の成長期からすべての症例にみられており、骨・軟部組織の発育過程でこれらの傾向が助長され膝蓋大腿関節適合不良の発症に影響していると考えられる。

VI. ま と め

- 1) 身長が高く体重が重いスポーツ選手の膝蓋大腿関節適合不良の治療経験を得た。
- 2) 身長が高く体重が重い場合には外反膝を呈する傾向があり、膝蓋大腿関節適合不良の成因に影響すると考えられた。
- 3) 体重が重いスポーツ選手は自重の影響に加えて体重を利したスポーツ種目に属する傾向があり、膝の外反・外旋・屈曲動作を強制されやすく膝蓋大腿関節適合不良の発症の契機になると考えられた。

引用・参考文献

- 1) Baumgartl, F.: Das Kniegelenk. Spriger Verlag, Berlin, 276-285, 1964.
- 2) Brattstrom, H.: Shape of the intercondylar groove normally and in recurrent dislocation of a patella, clinical and X-ray anatomical investigation. Acta Orthop. Scand., Suppl. 68, 1964.
- 3) Cater, C., and Wilkinson, J.: Persistent joint laxity and congenital dislocation of hip, J. Bone Joint Surg., 46-B : 40-45, 1964.
- 4) 福林徹：いわゆる習慣性膝蓋骨亜脱臼について—X線所見と症状との関連—, 膝, 3, 37-45, 1997.
- 5) 蜂谷将史：小児の膝内反・外反の逐年の推移に関するX線像の研究、日本整形外科学会誌, 55, 31-43, 1981.
- 6) 今井望：膝蓋大腿関節アライメント不良障害—用語、診断、治療の問題点—, 整形・災害外科, Vol. 37, No. 1, 3-8, 1994.
- 7) 今井望、戸松泰介：膝蓋軟骨軟化症—この謎に包まれた症候群—, 東海大学出版会, 1993, 71-83.
- 8) 腰野富久：膝蓋・大腿関節の疾患、手術と生体力学、日本整形外科学会誌, 60, 85-101, 1986.
- 9) 小林晶：不安定膝蓋大腿関節障害の診断と治療、日本整形外科学会誌, 64(10), 993-1015, 1990.
- 10) Merchant, A.C., et al.: Rentogenographic analysis of patero-femoral congruence. J. Bone Joint Surg., 56-A : 1319-1396, 1974.
- 11) 中川研二：膝蓋骨の位置異常、Monthly Book Orthopaedics, Vol. 6, No. 3, 13-21, 1993.
- 12) 中島寛之、黒沢尚、福林徹、増島篤、入江一憲、村瀬研一、大久保夫美子、横江清司：女子体操選手における前十字靭帯損傷、整形・災害外科, Vol. 27, No. 5, 609-613, 1984.
- 13) 斉藤修、龍順之介：膝蓋骨亜脱臼障害の軟骨病変—病態と発生機序—, Monthly Book Orthopaedics, Vol. 6, No. 3, 73-81, 1993.
- 14) Wiberg, G. : Roentgenographic and anatomic studies on the femoropatellar joint, with special reference to chondromalacia patella. Acta Orthop. Scand., 12 : 319-410, 1941.
- 15) 弓削類：膝蓋大腿関節障害のリハビリテーション—Chondromalacia Patellaeの解釈とそのリハビリテーションを中心に、Sportsmedicine Quarterly, No. 7, 80-92, 1991.

筋紡錘の関節位置覚における役割

宮崎誠司 (大塚病院整形外科)

岩瀬 敏 (名古屋大学環境医学研究所)

間野忠明 (名古屋大学環境医学研究所)

中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

福田宏明 (医学部整形外科)

Role of Muscle Spindle in joint position sense

Seiji MIYAZAKI, Satoshi IWASE, Tadaaki MANO,
Yutaka NAKAMURA and Hiroaki FUKUDA

Abstract

To clarify the role of the muscle spindle in joint position sense, afferent nerve activity from the muscle spindles of the triceps surae muscle was investigated, using microneurography of the tibial nerve. Afferent nerve activity from the muscle spindles of the triceps surae muscle have relation to angle of the ankle joint in slow motion, but bear to in rapid motion. These finding suggested that the muscle spindle have a little role in joint position sense, have much role in the kinesthesia in joint motion.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 59-62, 1999)

はじめに

筋紡錘は筋肉の伸張、収縮に反応し、動的要素と静的要素の2面性をを持つ器官で運動覚、位置覚などの総称である固有感覚の一部を形成している。筋紡錘の反応はIa、およびII群の求心性神経活動により中枢へ伝達され、筋紡錘自身は γ 運動神経によって感度の調節をされる。また関節運動は動力源である筋肉に対して α 運動神経を介して行われている。その筋紡錘は運動覚を持つだけでなく、その安静時活動および静的反応が位置覚や姿勢保持に関与しているといわれている¹⁾。今回我々は微小神経電図法を用い筋紡錘からのIa群求心性感覚神経の活動を導出し伸張に対する反応により、筋紡錘の関節位置覚における役割を検討した。

対象と方法

ヘルシンキ宣言に則り実験の内容・方法に対してインフォームドコンセントの得られた21歳から34歳までの健常成人男子7名を対象とした。

①神経の分離と同定

筋紡錘からの求心性感覚神経の活動は、微小神経電図法を用い下腿三頭筋を対象として脛骨神経より直接神経の活動を導出しその中のIa群感覚神経を同定した。Ia群感覚神経の同定はEdinら²⁾の結果にもとづき、ramp and hold stretch, electrical twitch contraction, およびvoluntary contractionに対する反応により他の神経活動と分離した。

②プロトコール

神経活動の同定の後、15分間安静時活動を記録

した。次に、急速な伸張の後、伸張した状態で静止しその後元の長さに戻すramp and hold stretch (角速度60deg/sec以下)、ゆっくりとした伸張を行い伸張した位置で静止するslow stretch (角速度60deg/sec以上でinitial burstのないもの)を行った。それぞれの神経活動を関節角度と同時系列で記録した(図1)。

③微小神経電図 (Microneurography)

Vallbo, Hagbarth³⁾、間野ら⁴⁾の方法に準じて無麻酔、経皮的にタングステン微小電極 (Federick-Hear社製) を脛骨神経の神経幹に刺入する。この微小電極は先端が1 μmで先端部以外はエポキシ樹脂で被覆絶縁しており抵抗値は約10MΩのものである。導出される神経活動は通常100 μV以下の低振幅を示すため記録に対しての雑音レベルを特に最低に保つ必要がある。そのため高インピーダンス入力を有する可能な限り低雑音の増幅器 (日本光電社製MEG-1251) を使用し、神経活動はブラウン管モニターで観察すると共にサウンドモニターで聞き分ける。筋紡錘からの求心性神経活動は皮膚に対する触刺激、受動的な筋・腱の伸張、単収縮、および随意筋収縮に対する反応、心

拍に同期する神経活動の有無で神経活動を分離する。得られた神経活動はデータレコーダーに記録する。

④解析方法

記録された神経活動はspike 2 data-analysis system (Cambridge Electric Design社製) を用い33000HzでA/D変換を行った。神経活動の変化をみるためtemplate matching法を用い神経活動を経時的に放電頻度を算出した⁵⁾。

関節角度は200Hzでデジタル変換を行い、関節角度を算出した。関節角度の変化と神経活動の関係はramp and hold stretchにおけるsteady stateの放電頻度と安静時の放電頻度の差、slow stretchにおける伸張時の放電頻度と安静時の放電頻度の差を算出して関節角度との関係を比較した。

結 果

下腿三頭筋より得られた1a群感覚神経の活動は12ユニットであった。その中で安静時に自发放電頻度は5.94 (0-15.61)、ramp and hold stretchの

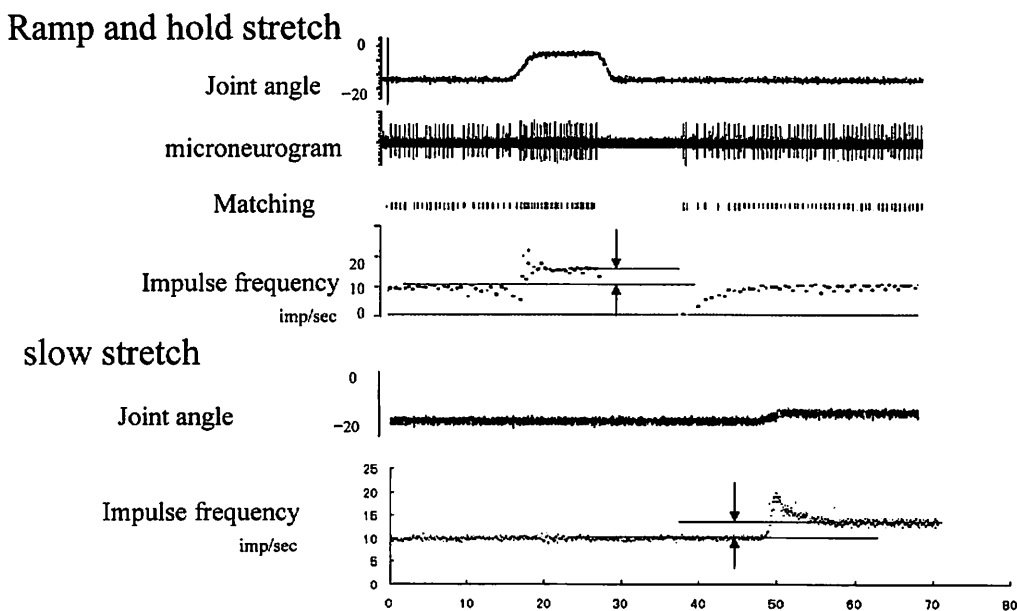


図1 伸張の違いによる筋紡錘の反応
Fig. 1 Difference of reaction of muscle spindle in various stretch

steady stateにおいては放電頻度14.83 (2.12-48) でほぼ一定の放電頻度を示していた。ramp and hold stretchの動作角度は16.20 (8-23)、放電頻度の変化は11.87 (1.19-35.74) でこれらに相関はみとめられなかった ($p=0.8795$)。steady stateでの不規則性指数は0.062 (0.0022-0.23) で安静時のものと差はなかった⁵⁾。(図2)

slow stretchの場合は放電頻度は11.44 (9.38-15.16) から13.56 (10.22-17.64) と増加した。角度変化は9.12 (6-11) で、放電頻度の変化1.93 (0.2-3.76) との間に相関が認められた ($p=0.001$)。(図3)

考 察

筋紡錘は筋の伸張や短縮に対して動的および静的に反応する器官で、安静時には自発放電を有している。安静時の自発放電は筋の長さを一定に保つと各ユニットで基礎活動の差はあるものの一定の放電間隔を保っていた。筋紡錘は錐外筋の伸張、短縮ともに反応するため一定の基礎活動を維持し、放電頻度の増減やその割合を中枢に伝えているものと考えられる。

安静時の神経活動は、不規則性指数が平均0.047と少ない不規則性を有し⁵⁾、その活動がほぼ一定の規則性を有していることを示している。この不規則性指数はramp and hold stretchのsteady stateにおいても一定の規則性を有していた。自動運動や筋緊張など筋収縮活動で増加するといわれている不規則性は γ 運動神経の関与と考えられる。

筋紡錘は今回行ったslow stretchの様なゆっくりとした伸張時には関節角度と放電頻度の変化は相関していたが、ramp and hold stretchの様な動きの中での動作角度と放電頻度の変化は相関が認められなかった。筋紡錘はゆっくりとした他動運動で伸張されるならば関節位置覚としての意味もあるが動作中の関節覚としての機能は果たしていないことになる。これまでの我々の研究で、単関節作動筋と多関節作動筋では同じ関節を動かした場合は反応が全く異なるという結果を得ている⁶⁾ ⁷⁾。今回の結果とあわせると多関節筋や複雑な筋・腱の走行を持つ筋で複合関節運動を行った場合、筋紡錘の関節位置覚としての機能はほとんどないと思われる。しかし運動覚としては単関節運動の角速度、つまり筋の伸張の速度に筋紡錘の反応が相関している。つまり筋紡錘は筋肉の運動覚としての機能を果たしているが、関節位置覚と

Static index

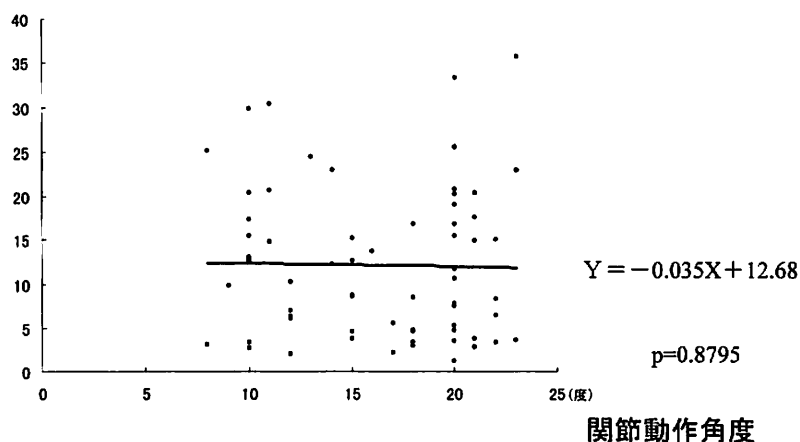


図2 Ramp and hold stretchにおける関節動作角度と放電頻度の変化の関係

Fig. 2 Relationship between motion angle of ankle joint and frequency of nerve activity in ramp and hold stretch

Static index

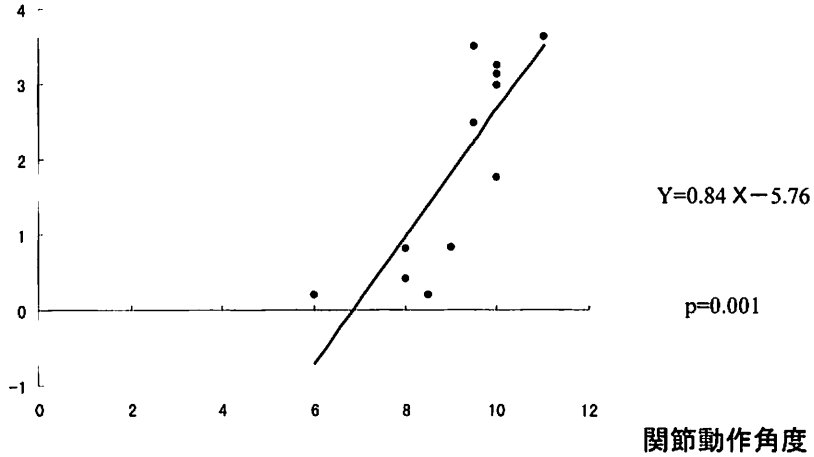


図3 Slow stretchにおける関節動作角度と放電頻度の変化の関係

Fig. 3 Relationship between motion angle of ankle joint and frequency of nerve activity in slow stretch

しては機能を果たしておらず、ゴルジ型、ルフィニ型終末に代表される関節の固有受容器が関節位置覚として重要な役割を果たしているものと思われる。

関節の運動の認知は、受容器1つ1つの反応がそれを行っているのではなく、運動覚・位置覚などすべての感覚が統合され固有感覚として中枢へ入力されていると考えられる。

そのため機能改善のため運動学習を行う場合は、末梢の受容器の反応や反射そのものではなく、その反応の中枢への入力の行われ方、そして出力系への神経回路の形成を求める運動の方法を行うことが必要と思われた。

まとめ

筋紡錘は関節の位置覚への関与は少なかった。

関節運動の制御には筋紡錘など末梢の受容器の反応はもちろん中枢への入力のされ方、中枢での感覚系から出力系への神経の伝達のされ方も重要である。

参考文献

- 1) Cross, M. M. and McCloskey, D.I.: Position sense following surgical removal of joints in man. Brain res., 55 : 443-445, 1973
- 2) Edin, B.B., and Vallbo, A.B.: Dynamic response of human muscle spindle afferents to stretch. J. Neurophysiol. 63 : 1297-1306, 1990a.
- 3) Vallbo, A.B.: Single unit recording from human peripheral nerves : muscle receptor discharge in resting muscle and during voluntary contraction. In: Neurophysiology Studies in Man edited by G.G. Somjen. Amsterdam: Excerpta Med., 1972, P. 281-295
- 4) 間野忠明、祖父江逸郎：固有感覚障害の新しい機能検査法—microneurography—神経内科，4 : 17-23, 1976
- 5) 宮崎誠司、岩瀬敏、間野忠明、中村豊、福田宏明：筋紡錘の安静時活動について；東海大学スポーツ医学雑誌，10 : 24-28, 1998
- 6) 宮崎誠司、岩瀬敏、杉山由樹、北沢大樹、間野忠明、中村豊、福田宏明：関節運動における筋紡錘の活動：骨・関節・靭帯，10 : 761-766, 1997
- 7) 宮崎誠司、岩瀬敏、杉山由樹、北沢大樹、間野忠明：下肢筋紡錘の反応—単関節筋と多関節筋での相違—：名古屋大学環境医学研究所年報67、176-178, 1997

足関節弛緩の測定

—測定装置の考案—

菊川久夫 (医学部整形外科学)

中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

戸松泰介 (医学部整形外科学)

福田宏明 (医学部整形外科学)

康井義明 (工学部動力機械工学科)

森山裕幸 (工学部動力機械工学科)

Measurement of Joint Laxity at Ankle

—Development of the measurement system—

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

Abstract

The characteristics of the joint motion is an important factor in sports activity. The mechanical properties during joint motion differ from the athletes depending on the different sports. Practically, the joint flexibility is evaluated by the Range of Motion (R.O.M.) and the feeling of stiffness using manual testing. However, the definition of the laxity and instability of the joint is not clear. The purpose of this study is to develop a measurement system for the joint laxity to be able to objectively determine its stiffness which is one of the ankle joint functions. In this paper, the properties of ankle joints were measured in three volunteers using a novel joint laxity evaluation system. (Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 63-70, 1999)

1. はじめに

正常な関節は適度なしなやかさと安定性を備え、日常動作やスポーツにうまく適応している。しかしながら、いわゆる正常人の間にも、関節の柔らかい人、硬い人などそれぞれ特有の関節柔軟性があるのに気づく。関節の柔らかさは時に関節の不安定性に結びつくこともあり、これらによる関節障害や外傷は、その生じ易さと関連して、臨床問題となることもしばしばである。

一方、スポーツ選手は、種目特有のトレーニング

などにより、関節可動域の拡大や弛緩を生じることもあり、これが競技力の向上や逆にスポーツ障害の発生につながることもある。

関節特性の一般的評価法は、単純角度計を用いた関節可動域テスト、全身関節弛緩性 (general joint laxity) 評価やストレステントゲン撮影像を用いたものなど、静的かつ徒手的に行なわれる場合が多い。ここ数年、cineradiographyの画像¹⁾、前方引き出し試験機²⁾、KT-2000³⁾などを用いて、関節の動揺性や剛性を客観的に評価した報告がある。これらは主に、障害発生後の診断に用いられており、本来ある関節の弛緩やその分類についての検討を試みている例は少ない。

本研究では、関節運動中の関節抵抗モーメント（以後、モーメントと略称する）と関節角度（以後、角度と略称する）の関係に着目し、これらより関節弛緩を中心とした関節特性について検討することを目的とする。今回、足関節joint laxity測定システムを試作したのでその概要について述べる。さらに、試作装置を用いて若干名の被験者に対し、足関節の他動的な内がえし-外がえし運動における、モーメント-角度関係を測定した。その結果から簡便かつ的確に関節特性を反映できる評価パラメータの抽出について模索したので報告する。

トとスチールシャフトから成り、足部固定用回転プレート、下腿固定部および負荷ハンドル部より構成される。

足部固定用回転プレート後部の回転軸には、角度測定のためのポテンショメータ（CPP-45-4、緑測器）が取り付けられている。また、回転軸に貼付された二軸汎用箔ひずみゲージ（KFG-1-120-D16-11、共和電業）を用い、軸のねじりによって生じたひずみを検出し、(1)式¹⁾を用いてモーメントMを求めている。

$$M = \varepsilon E Z_p / (1 + \nu) \dots\dots\dots (1)$$

ここで ε はひずみの測定値、Eは軸材料のヤング率、 Z_p は軸（直径 $d = 10\text{mm}$ ）の極断面係数（ $Z_p = \pi d^3 / 16$ ）および ν は軸材料のポアソン比である。本装置は軸材にスチールを使用したので、 $E = 206\text{GPa}$ および $\nu = 0.3$ を用いた。本測定では、各個体間や個体内による相対的比較を目的としているため、モーメントは定性的な値で十分であるが、実際にトルクメータにより軸をねじることで

2. 測定装置および方法

2.1 足関節joint laxity測定装置

図1に考案した足関節joint laxity測定装置の概略を示す。装置本体は主にアルミニウムプレー



図1 足関節の関節弛緩測定装置外観
Fig. 1 Configuration of measurement system for ankle joint laxity

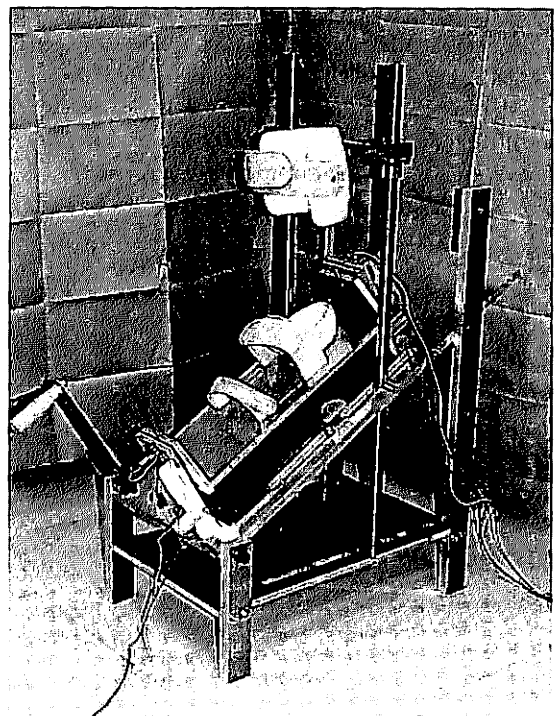


図2 底屈角度の変化（底屈30度の例）
Fig. 2 Changes of plantar flexion angle of 30 degree

測定したモーメントと、このとき測定されたひずみより (1) 式を用いて算出されたモーメントとの関係は、アメリカ国家規格「測定の不確かさ」⁵⁾ に準拠して校正曲線を統計処理した結果、ほぼ原点 0 を通る、傾き 0.98 (決定係数 0.96) の直線であることを確認している。

各検出器より出力された電気信号は、ポテンシヨメータ出力変換器 (RV-505G、緑測器) および動ひずみアンプ (DPM-611B、共和電業) を介して、パーソナルコンピュータ (PC9801RA、NEC) あるいは X-Yレコーダ (F-45、理研電子) に記録した。

このようにして本装置は足関節の他動的内がえし-外がえし運動時におけるモーメントと角度を連続的に記録することが可能である。

2.2 測定方法

測定前に被験者に対して、本測定の主旨および対象足関節に測定中力を入れないことなどの留意事項を説明した。被験者は椅子に着座した状態で腰屈曲 90 度、膝屈曲 90 度の姿勢で、腰部、大腿部をストラップで固定し、下腿部を装置のシャフトに取り付けられたパッドとストラップで固定し

た。踵を足部固定用回転プレートに取り付けられたパッドに確実に固定されているか確認後、前足部をストラップにて固定した。下腿部に対し足部ができるだけ直角な位置 (解剖学上の基本的肢位) を決定し、内がえし方向をマイナス (-)、外がえし方向をプラス (+) とした。

また、precondition を考慮し、記録前に他動的内がえし-外がえし運動を数回行わせ、運動が一定に行われていることを確認した上で測定を開始した。内がえし-外がえし運動は、回転軸先端に取り付けられた、負荷ハンドルを回転させ他動的に行った。運動は中間位より開始し、内がえし最大位、中間位、外がえし最大位、中間位までを 1 サイクルとし、最大位は被験者が関節に疼痛を感じる点とした。この操作を 5 サイクル行い、5 サイクル目のモーメント-角度曲線を評価の対象とした。

なお本実験装置は図 2 に示すように、捻挫の肢位での弛緩特性の測定を考慮しており、底屈 0 度に加え、実験条件を捻挫発生の状態により近づけるため、底屈 15 度および 30 度においても、段階的に角度を変化させて、上述の測定を実施することができる。

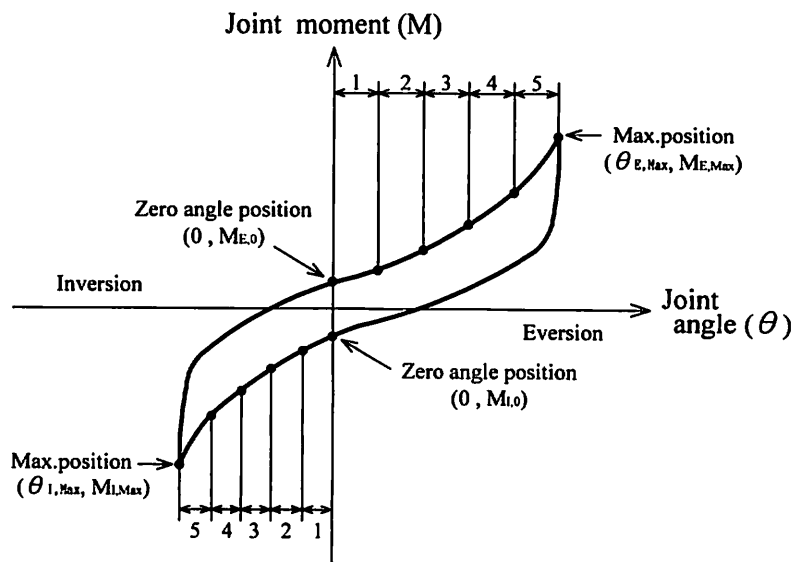


図 3 評価パラメータの決定
Fig. 3 Determination of examination parameters

2.3 関節抵抗モーメント—関節角度曲線と評価パラメータの算出法

図3は本実験で得られた、内がえしおよび外がえし運動におけるモーメント—角度曲線を模式化したものである。曲線はヒステリシスカーブを呈しており、角度0度から内がえしあるいは外がえしさせると、低いモーメントで大きな角度変化を示す部分が現れ、さらに運動を大きくすると、モーメントは増加するが、角度はほとんど変化しない部分が認められる。一般に前者はprimary laxity、後者はstiffness position (secondary laxity)と呼ばれている。primary laxityの範囲では静的関節包、靭帯などの関節安定機構は関与せず、わずかな摺動面での抵抗であり、随意的な筋収縮とそれによる関節面に垂直な荷重による動的機構が関節の安定性をもたらすと考えられている。したがって、この運動域では他動的に容易に動き、不安

定な状態といえる。一方、secondary laxityは関節周囲軟部組織の緊張が増加するため、運動に対する対抗力が増大し、closed-packed position に近づき関節の安定が得られる。

実験より得られたカーブは図3に示すように5つの区間に分割し、これら区間の分割点の両側のデータから曲線の傾きである stiffness を求め、joint laxity 評価の指標とした。

2.4 対象

対象は一般成人3名で、そのうち男性は2名(年齢23歳および24歳)女性1名(年齢22歳)である。本試作装置による測定前に、対象者には足関節周辺部の傷害歴、スポーツ歴やその競技レベル等に関する問診および東海大学スポーツメディカルチェックチャートにしたがい臨床評価を行った。問診の結果を表1にまとめて示す。3者と

表1 被験者のアンケート結果
Table 1 Information of three volunteers

項目	Case 1	Case 2	Case 3
性別	男	男	女
年齢	23	24	22
利き足	右	右	右
スポーツ歴	・ 6～18歳 サッカー (週6回)	・ 9～12歳 陸上競技 (週6回)	・ 9～12歳 体操 (週3回) ・ 12～15歳 剣道 (週6回) ・ 15～18歳 バスケット (週6回) ・ 18～21歳 バスケット (週1回)

表2 被験者の全身関節弛緩性評価
Table 2 Examination of general joint laxity in three volunteers

測定項目	Case 1	Case 2	Case 3
①手関節：母指が前腕につく	—	—	—
②肘関節：15度以上の過伸展	—	—	—
③肩関節：背中で指がにぎれる	+	—	+
④膝関節：10度以上の過伸展	—	—	—
⑤足関節：しゃがませて45度以上背屈可能	+	—	+
⑥脊椎：前屈して手掌が床につく	—	—	+
⑦股関節：立位で外旋し足先が180度以上開く	+	+	—
総合評価	3/7 (—)	1/7 (—)	3/7 (—)

も右利きで、傷害歴は1、2度軽い捻挫を記憶している以外、特記すべきことはない。中学校、高等学校まではほぼ毎日スポーツを行っていたが、大学に入学して以来、レクリエーションレベルの活動しか行っていない。general joint laxity の評価は、表2に示すように全員陰性と判断されたが、Case 1と3では足関節に関して陽性と判断され

ている。

3. 結 果

図4から6に本実験で得られたモーメント-角度曲線を負荷側の曲線について示す。関節の運動

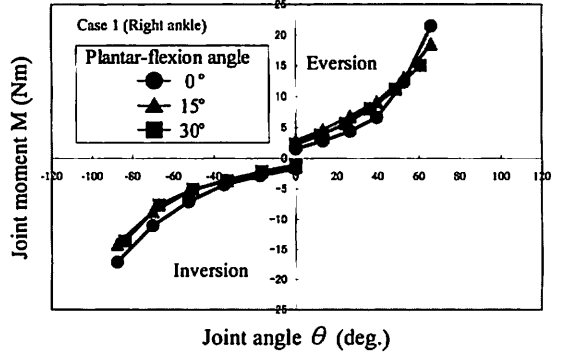
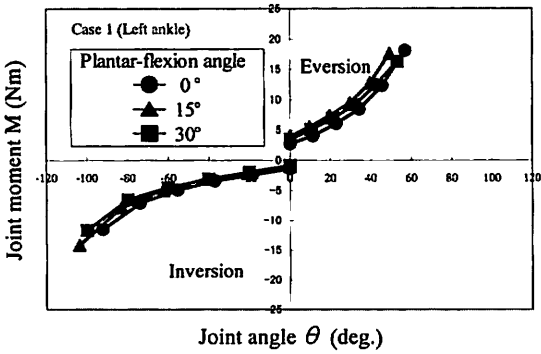


図4 モーメント-角度曲線 (Case 1)
Fig. 4 Moment-angle curves (Case 1)

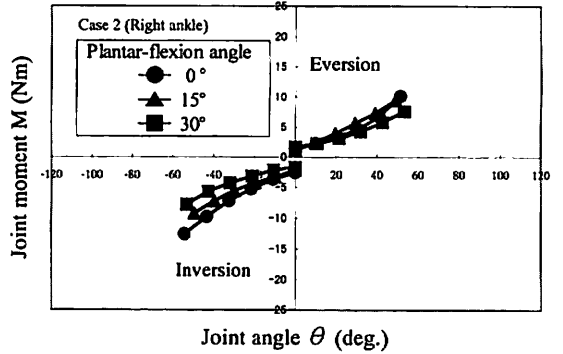
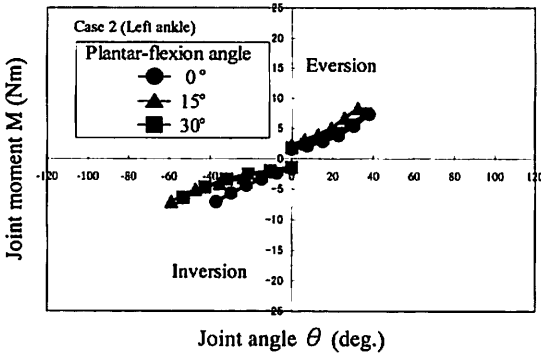


図5 モーメント-角度曲線 (Case 2)
Fig. 5 Moment-angle curves (Case 2)

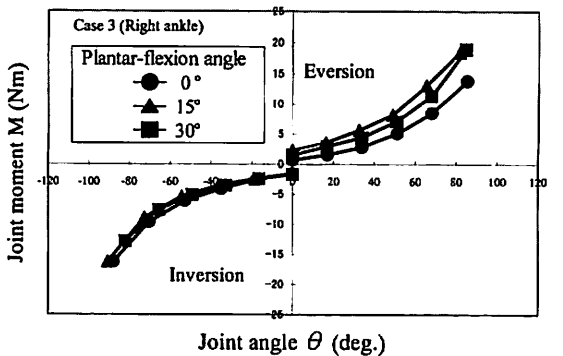
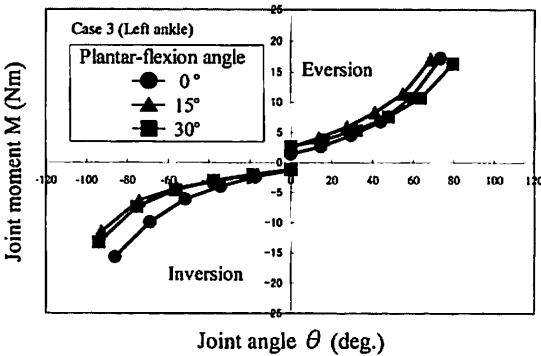


図6 モーメント-角度曲線 (Case 3)
Fig. 6 Moment-angle curves (Case 3)

範囲 (R.O.M. = $\theta_{E, Max} - \theta_{I, Max}$) は底屈角度 0 度および 15 度において利き足側が大きく、モーメントの範囲 ($M_{E, Max} - M_{I, Max}$) についても、ほとんど利き足側が高値を示した。手関節の結果^{6), 7)}と同様に、primary laxity および secondary laxity に相当

する部分が存在し、中間位におけるモーメントの幅 ($M_{E, 0} - M_{I, 0}$) は手関節のそれと比較し大きく、ヒステリシスロス の程度が手関節より大きいことをうかがわせた。これらについては、今後、除荷側の曲線も含めたループの面積評価が必要であ

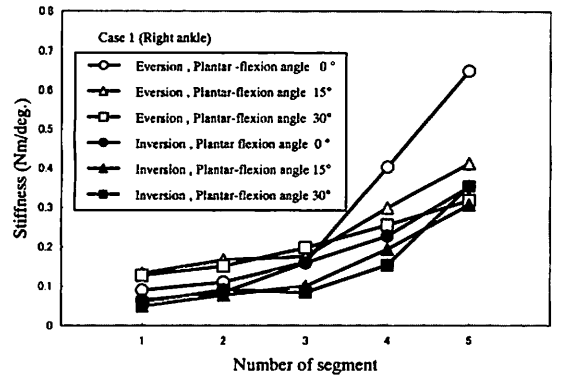
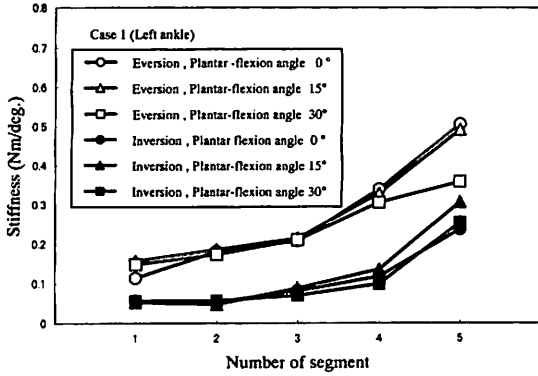


図 7 各区間におけるスティフネス (Case 1)
Fig. 7 Stiffness for each segment (Case 1)

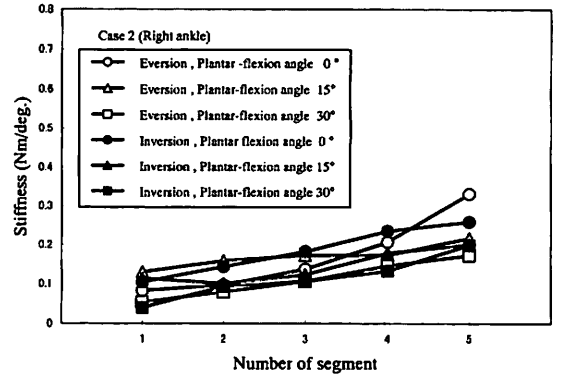
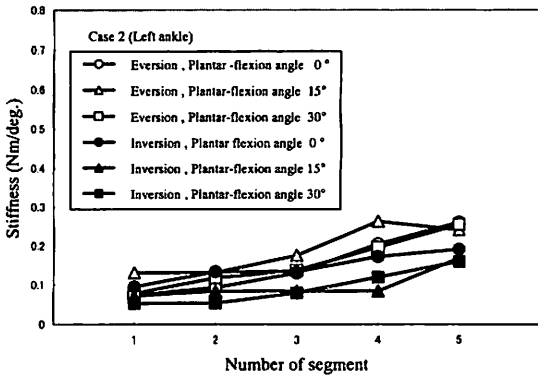


図 8 各区間におけるスティフネス (Case 2)
Fig. 8 Stiffness for each segment (Case 2)

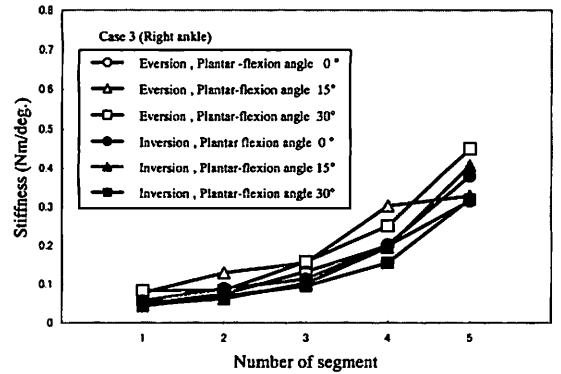
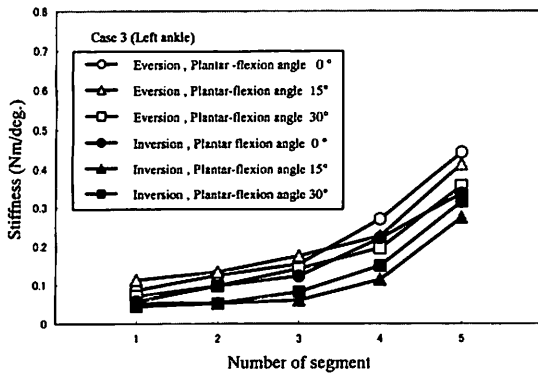


図 9 各区間におけるスティフネス (Case 3)
Fig. 9 Stiffness for each segment (Case 3)

る。

モーメント—角度曲線を詳しく検討し、評価パラメータとして有効な指標を見いだすために、図3にしたがって曲線を分割し、分割点間の傾きを求めた。その結果を図7から9に示す。各被験者ともstiffnessは区間番号の増加に対しほとんど増加傾向を示している。大略的に見れば、区間3つまり最大位の40%から60%の範囲を境に、stiffnessの増加傾向が大きくなっており、この範囲がprimary laxityとsecondary laxityの境界として取り扱っても差し支えないと考えられる。

各区間のstiffnessについて調べると、secondary laxity部分に属する区間5において、非利き足側で外がえし側が内がえし側を上回り、特に、Case 1ではその傾向が、区間5のみならず、他の区間においても明瞭に現れている。しかし、利き足側では一貫した傾向はほとんど認められず、stiffnessを用いた評価では左右差による単純な比較は危険であると推察された。利き足側および非利き足側を通じてprimary laxity範囲では、大きなばらつきを生じた。これは、従来まで行われて来た日常生理的運動範囲における角度やモーメントを規定した実験では、結果にばらつきを生じやすいことが予想され、本実験のように最大位までの実験の有効性を示唆している。なお、底屈角度による各区間のstiffnessの変化を確認するには至らなかった。

4. 考 察

従来の関節運動測定装置は、設置型で装置自体も大きく、これらを熟知した操作者が決められたプロトコルを実行しなくては、有効なデータを得ることは困難であった。また、得られたデータの評価法についても、あらかじめ装置に設定されたもので、必要に応じて変更することは不可能に近い。本試作装置は比較的小型で、操作が容易である。特に、測定結果を測定後ただちにパーソナルコンピュータにディスプレイでき、図3に示すよ

うなパラメータの算出もプログラムの修正により自在に変更することができる。その意味で、本研究のようなシステムの開発は、体育館、グラウンド、フィットネスセンターなどのスポーツ施設において、従来明らかにされていないスポーツ選手特有の関節特性についての多くの貴重なデータ収集が期待できる。

スポーツ選手の関節特性評価において、我々は手関節弛緩測定装置をすでに考案しており、本学男子バレーボール選手を対象とし、測定を実施している⁶⁾。これらによると一般男子学生群に比べバレーボール群では、手関節の安定性が高く、利き手側は非利き手側に比較してstiffnessが大きい傾向を示し、一般学生とは逆の傾向を呈することを確認している。また個人間の相対的関節運動特性の相違や臨床評価基準との相関性⁷⁾についてもある程度確認している。今後、バレーボール選手の中でも障害を持つ群とそうでない群の比較も重要と思われるが、選手の約80%以上が何だかの障害を持つという事実⁸⁾から、本研究のように一般人を比較対象とした評価法がより現実的である。そのため本測定のような一般人における基準値範囲の設定は、障害を有する関節特性評価に対し、今後行われるべき重要な課題である。

考案した測定装置は、運動選手、特にバレーボール選手におけるスポーツ傷害として、その発生頻度が手、指に次いで高いという理由から足関節を対象としている。足関節の傷害⁹⁾では、捻挫時に損傷されやすい前距腓靭帯部に圧痛が集中するため、本実験装置においては、捻挫の肢位における関節特性を考慮して、段階的に底屈角度を変更できるという特徴を有している。

関節はスポーツ活動における関節周囲の軟部組織の疲労、性別によるホルモン量の相違、関節形状の差異および関節周囲の温度環境などによりその弛緩特性も大きく変化することが予想される。本測定においては、関節に違和感または痛みを感じる関節角度である最大位において、指標となり得る安定した値が得られた。自動的屈曲角度以降の挙動は、足関節が過大な抵抗を示し、靭帯損傷

などの得意な肢位に至る許容能力を示す。これは実際の障害発生に対する弛緩の特性を示すと考えられるため、評価パラメータとして有効であると予想される。

今回の報告では、被験者が3名で、実験回数も各条件2回と少ない。現在男女それぞれ1名の実験を行っており、本結果を追認する傾向が得られつつある。前述のように、今後多くの被験者で、個体内における複数回の実験も重要と考えてはいるが、実際スポーツ選手や臨床への応用を考慮すると、ごく限られた時間内に敏速に測定を完了しなくてはならない。つまり1回の測定で関節特性を見極める必要がある。その意味で、本実験の場合、各被験者の複数回の測定データを平均化し、有意差をもって、個体差を論ずる従来の手法では問題が残る。本評価指標は少ない測定数においても、左右差や primary laxity と secondary laxity の範囲分けがある程度行えるため、テーピングやサポータの制動効果や手術前後の運動回復度など、個体内における評価に有用であると期待している。

5. ま と め

足関節 joint laxity 測定装置を考案しその特徴について述べた。この装置を用い3名の被験者について測定を行った。得られた関節抵抗モーメントと関節角度の関係をもとに、評価パラメータを算出し、従来行なわれていない最大位までの他動的負荷における測定の有効性について考察した。

今後は、装置の小型化への改良を重ね、1回の測定で効果的に関節特性を表せる評価パラメータの抽出についてさらに検討する予定である。

本研究は、東海大学スポーツ医科学研究所臨床医学研究室および関係研究室の設備を用いて行わ

れたものである。本実験装置の設計・製作にご協力いただいた本学工学部生産機械工学科(機械系工場)佐藤 清 技師補に感謝いたします。データ処理系のプログラミングに対し、当時、本学医学研究科医科学専攻(現在、アルケア株式会社医工学研究所)の相羽達弥氏に謝意を表す。また、本装置の製作および実験に対しては、工学部動力機械工学科康井・森山研究室卒研究生の秋本悠樹君および伴 美穂さんの援助によるところが大である。

参考文献

- 1) Nielsen P. T. and Hedeboe J. : Posttraumatic scapholunate dissociation detected by wrist cineradiography, *J. Hand Surg.*, 9A, 135-138, 1984.
- 2) Tohyama H., Beynonn B. D., Renstrom P. A., Theis M. J., Fleming B. C. and Pope M. H. : Biomechanical analysis of the ankle anterior drawer test for anterior talofibular ligament injuries, *J. Orthop. Res.*, 13, 609-614, 1995.
- 3) 松本秀男, 富士川恭輔, 竹田 毅, 六馬信之 : KT-2000による前十字靭帯損傷膝の関節不安定性の評価について, *日本臨床バイオメカニクス学会誌* 14, 123-126, 1992.
- 4) 黒木剛司郎 : 材料力学 (改訂版), 森北出版, 32-34, 1982.
- 5) アメリカ機械学会性能試験規約, 計測機器及び試験装置に関する補足, 第一部, 測定の不確かさ, 丸善, 23-25, 1987.
- 6) 相羽達弥, 戸松泰介, 菊川久夫, 宮崎誠司, 福田宏明, 中村 豊, 康井義明, 森山裕幸 : バレーボール選手の手関節の弛緩に関する研究, *東海大学スポーツ医科学雑誌*, 第10号, 43-47, 1998.
- 7) 相羽達弥, 戸松泰介, 菊川久夫, 岡 義範, 福田宏明, 中村 豊, 康井義明 : 手関節 Joint Laxity の測定, *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 19, 241-245, 1998.
- 8) 中村 豊, 有馬 亨, 野口隆敏, 岡 義範, 峯崎孝俊, 今井 望 : 大学女子バレーボール選手のスポーツ傷害, *整形外科スポーツ医学会誌*, 6, 69-71, 1987.



音楽聴取による情動変化について

—音楽専攻の有無による違いや聴取音楽による違いについて—

山本賢司 (医学部精神科)

伊賀富栄 (医学部精神科)

高橋幸子 (武蔵野音響物理研究所)

志水哲雄 (教養学部芸術学科)

An effect of the listening to music on emotion

— differences between students studying music specially and not, and differences in kinds of music —

Kenji YAMAMOTO, Tomiei IGA,
Sachiko TAKAHASHI and Tetsuo SHIMIZU



Abstract

We have conducted an experiment using the Profile of Mood States (POMS), to clarify what effects listening to music on our emotion. In these results, we mentioned that music had homeostatic effects on emotion.

In this time, we present differences in kinds of music about these homeostatic effects. The subjects are total of 53 (28: students studying music specially, 25: students who is not studying music specially) healthy female university students. The session made up listening to two kinds of music (a piece of classical music was selected by examiner and a piece of a favorite music preferred by subjects, either of which was selected for mental stability. A favorite music was divided 3 kinds, such as classic, jazz, and pops) was held three times each on a different day. In each session, we asked them to relax on Body sonic with their eyes closed. The results of sessions were analyzed by the Profile of Mood States (POMS), a psychological test to measure emotion. Each factors of POMS except 'Vigor' suggested a homeostatic change, however, minor differences were shown in 3 kinds of favorite music. Also, we conducted experiments between students studying music specially and studying other, however, there is not any differences. We concluded that choice of music was important, complied with a situation.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 11, 71-78, 1999)

I. はじめに

スポーツ医学領域において、音楽をどのような形で活用できるかという実験的な試みは著者らのグループを含め、いくつか報告されている^{1)~6)}。しかし、音楽をそれらの効率的かつ有用な方法は未だに明らかにされていない。それは、「音楽が生体や情動に与える影響」ということが実証され

ておらず、経験的な側面で論じられることが大きな原因と考えられる。これはスポーツ医学領域のみならず、音楽を医療の中で応用する音楽療法の領域においても同様であり、最近では音楽療法の領域でも「音楽が生体や情動に与える影響」について、実証的な研究の必要性が論議されている。一方、「音楽が生体や情動に与える影響」についての精神生理的・心理的指標を用いた研究では、個人差が大きく一定の傾向を表しにくいことが今日までの報告の中で明らかとなっている。しかし、

それらの事実を包括して説明する考え方として、Berlyneの「覚醒と快適値」⁷⁾についての仮説や長田らの「向ホメオスタシス効果」⁸⁾に関する報告がある。これらはいずれも「音楽聴取により、血圧の高い者は下がり、低い者は上がる」といったような、音楽が生体を恒常的な状態へ導く作用を有しているという仮説である。この仮説は今日までの「音楽が生体や情動に与える影響」に関する知見の不一致を説明する仮説であり、興味深いものである。

一方、著者らは今日までに音楽聴取が情動にもたらす変化を客観的に評価する目的で、Profile of Mood State (POMS) という質問紙を用いた研究を行ってきた⁹⁾。その結果、音楽聴取により明らかな情動変化が生じ、それは検者の選んだ鎮静的音楽でも、被検者がリラックスできることを目的に選んだ好みの音楽でも同様であった。また、「不安—緊張」のスコアは低下し、「抑うつ」は上昇するなど全体的に情動を安定させる作用を有している可能性が示唆され、「音楽の情動に対するホメオスタテックな作用」が考えられた。しかし、音楽を聴取する際に、個人の音楽に関する歴史や音楽の好みなど生体側の要因や音楽のジャンルによる違いなど音楽側の要因などにより、音楽の情動にもたらす効果が異なる可能性が考えられる。そこで、今回われわれは生体側の要因として「音楽専攻学生と一般学生との違い」に着目し、音楽側の要因としては「聴取音楽の種類による違い」に着目して以下の実験を行った。

Ⅱ. 対象と方法

1. 対象

東海大学および大学院に在籍する女子学生で、同意の得られた芸術学部音響芸術を専攻する学生（以下、音楽学生）28名（平均年齢20.8歳）と音楽を専攻しない他学部に在籍する学生（以下、一般学生）25名（平均年齢21.0歳）の合計53名を対象とした。

2. 方法

検者側が鎮静的音楽として指定した「指定音楽」（ラベル：亡き女王のためのパヴァーヌ）と被検者がリラックスをする目的で選んだ「好みの音楽」を使用し、それぞれの聴取前後でProfile of Mood State (POMS) を行った。なお、「指定音楽」と「好みの音楽」はそれぞれ日を変えて聴取してもらい、Profile of Mood State (POMS) の記載もその度ごとに行った。

POMSの記載と音楽聴取は連続した異なる部屋で行い、それぞれの部屋はブラインドを下げて薄暗くし、室温24度前後に維持した。被検者は聴取前のPOMS記載終了後、音楽を聴取する部屋へ移動して体感音響装置（ボディソニック）で半座位をとり、閉眼・安静の状態で音楽を聴取してもらった。体感音響装置の振動は用いず、スピーカーのみを使用した。音量や椅子の角度は被検者の好みに調節してもらった。音楽聴取終了後に再び部屋を移動してもらい、聴取後のPOMS記載をしてもらった。これらはすべて、13:00-18:00の間に行った。

3. POMSについて

POMSは情動の測定に必要な気分・感情といった主観的側面の評価を行うために、米国でMcNairらにより作られた自己記入質問紙法の1つである^{10) 11)}。テストは65項目の質問で構成され、次のような6種類の感情を同時に測定することができる。

- 1) 「緊張—不安 (Tension-Anxiety : T-A)」
- 2) 「抑うつ—落ち込み (Depression-Dejection : D)」
- 3) 「怒り—敵意 (Anger-Hostility : A-H)」
- 4) 「活気 (Vigor : V)」
- 5) 「疲労 (Fatigue : F)」
- 6) 「混乱 (Confusion : C)」

形容詞で表された65項目の気分を「まったくない」(0点)から「非常に多くある」(4点)の5段階(0~4点)のいずれかひとつを選択するようになっている。

なお、POMSは横山らが日本版を作成し、信頼性・妥当性・訳語などの検討などを行っている¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。その臨床応用として赤林ら¹⁵⁾は「POMS日本版は疾患患者の感情・気分を自己評価法により測定できる」ことを報告している。

除く、すべての項目で有意なスコアの低下を認めた。これらの差は指定音楽と好みの音楽のどちらでも認められた。

Ⅲ. 結 果

1. 音楽学生と一般学生の違いについて

図1 a, bに音楽聴取前の音楽学生と一般学生のPOMSスコア、Fig. 1 c, dに音楽聴取前後のスコアの差(後-前)を呈示した。音楽聴取前では指定音楽・好みの音楽ともに音楽学生と一般学生との間に有意差は認められず、音楽聴取前後の差においても有意差は認められなかった。

図2に指定音楽と好みの音楽の聴取前・後のスコアを音楽学生と一般学生それぞれに分けて呈示した。音楽学生と一般学生のどちらも「活気」を

2. 聴取音楽の種類による違いについて

表1に好みの音楽として被検者が選んだ楽曲をクラシック・ジャズ・ポップスの3種類に分け、それぞれ的人数を呈示した。音楽の種類分けは音楽を専攻する共著者が楽曲を聴取した上でを行い、作曲者や演奏家、演奏形態、曲調などからクラシック・ジャズ・ポップスの3種類に大別した。また、判断が困難な楽曲は存在しなかった。音楽学生は半数以上がクラシックの曲を選択し、一般学生の半数近くはポップスを選択していた。

表1 「好みの音楽」のジャンル別人数
Table 1 The number of people by kinds of favorite music

	一般学生	音楽学生	計
クラシック	9	15	24
ジャズ	4	6	10
ポップス	12	7	19

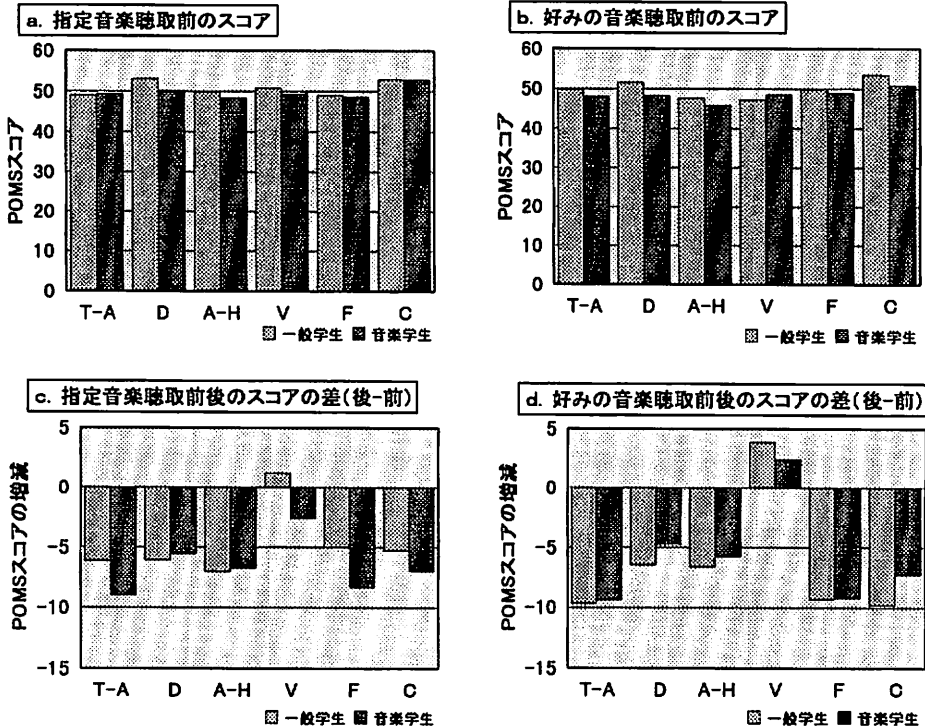
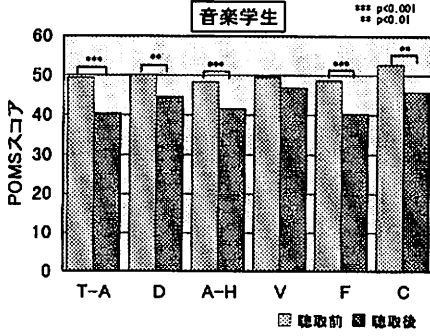


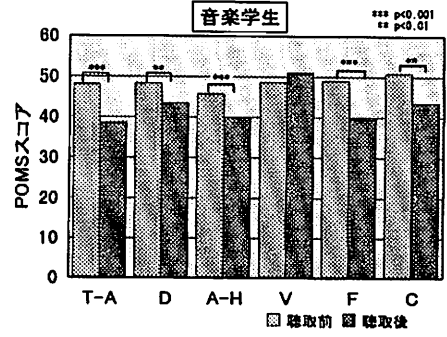
図1 音楽聴取前のスコアと聴取前後の差(後-前)

Fig. 1 Scores before listening music, and difference in score between before and after listening music.

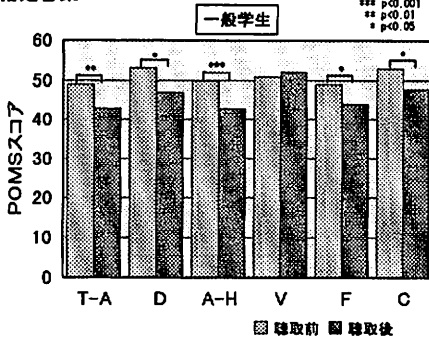
指定音楽



好みの音楽



指定音楽



好みの音楽

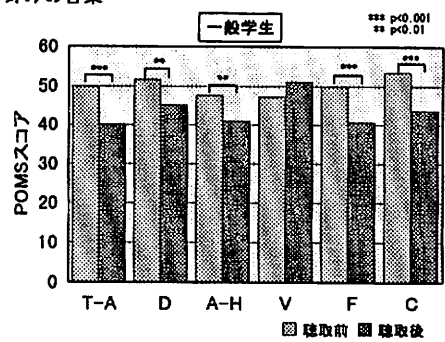
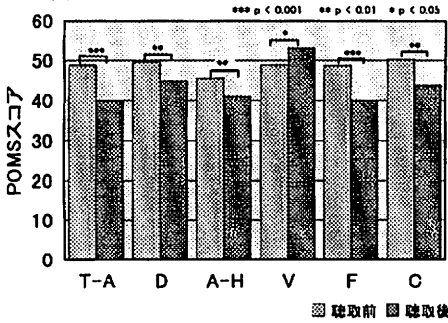


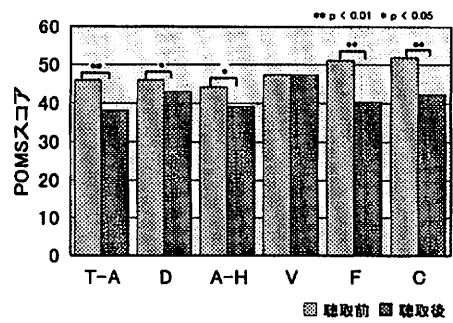
図2 音楽学生と一般学生の違い

Fig. 2 The differences in score between students studying music specially or not.

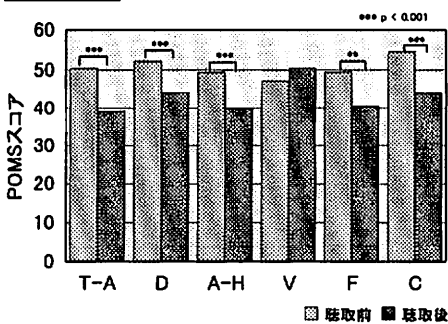
a. クラシック



b. ジャズ



c. ポップス



d. 音楽聴取前後のスコアの差(後-前)

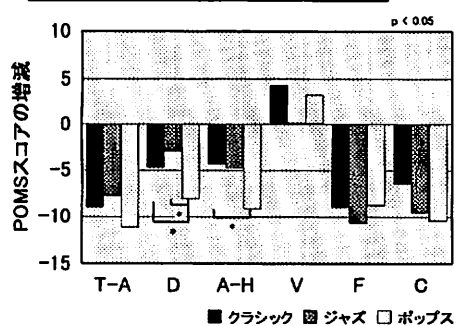


図3 音楽の種類による違い

Fig. 3 The differences in three kinds of music.

図3a、b、cにクラシック・ジャズ・ポップスの音楽聴取前・後のスコアを呈示し、図3dにはそれぞれの種類における聴取前後の差（後－前）を呈示した。「活気」を除くすべての項目において、音楽聴取前後で有意にスコアが低下していた。「活気」の項目はクラシックでは有意にスコアが上昇していたが、ジャズ・ポップスでは有意差が認められなかった。聴取前後の差（後－前）では「抑うつ」の項目でポップスがジャズ・クラシックより有意に差が大きく、「怒り－敵意」の項目ではやはりポップスがクラシックより有意に差が大きかった。

図4～6にクラシック・ジャズ・ポップスのそれぞれについて、聴取前後のスコアの差（後－前）と聴取前のスコアの相関をPOMSのそれぞれの項目において呈示した。クラシックでは「活気」を除くすべての項目で負の相関が認められ、「活気」

の項目は正の相関が認められた。ポップスでは「活気」を除くすべての項目で負の相関を認めたが、「活気」の項目では相関が認められなかった。ジャズでは「緊張－不安」、「怒り－敵意」、「疲労」、「混乱」の4つの項目で負の相関を認めたが「抑うつ－落ち込み」、「活気」の項目では相関が認められなかった。

IV. 考 察

著者らは今日までに「音楽が情動に与える影響」についてPOMSを用いて客観的に評価し、音楽は情動に対してホメオスタテックに作用する可能性を示唆してきた⁹⁾。今回の研究でも同様の作用が音楽学生・一般学生ともに認められた。さらにこれらの作用は音楽学生・一般学生との間でほとん

クラシック

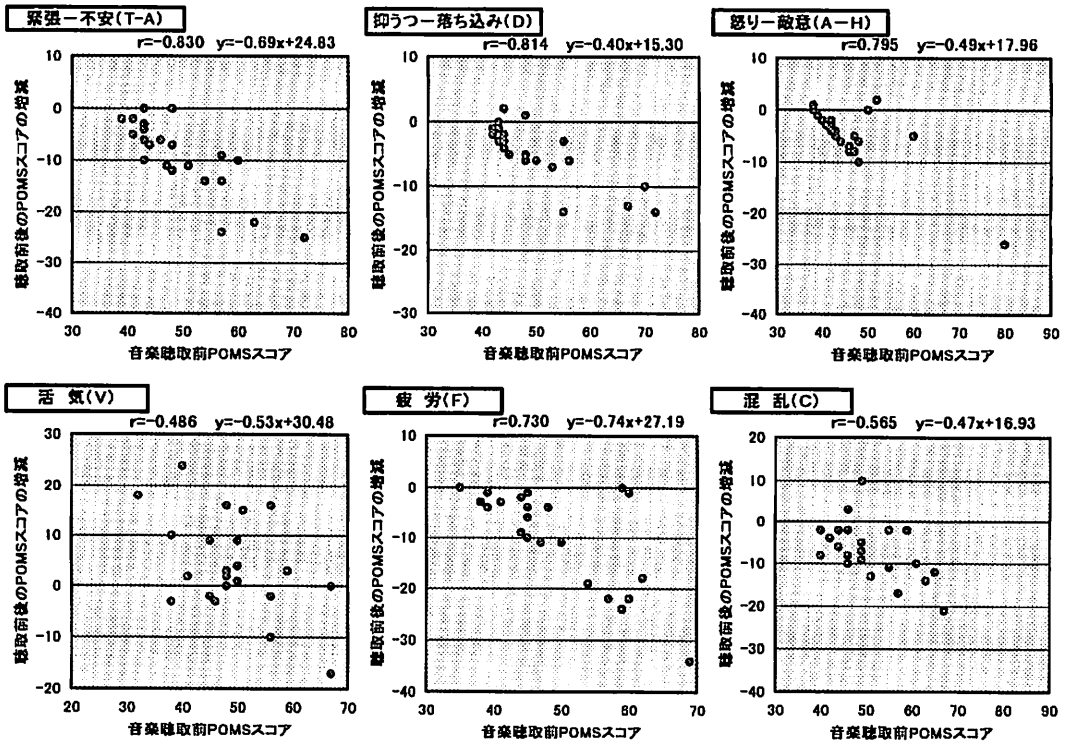


図4 クラシック音楽聴取前後の差と聴取前のスコアとの相関
 Fig. 4 The correlation between the difference (between before and after listening classic music) in score and score before listening classic music.

ジャズ

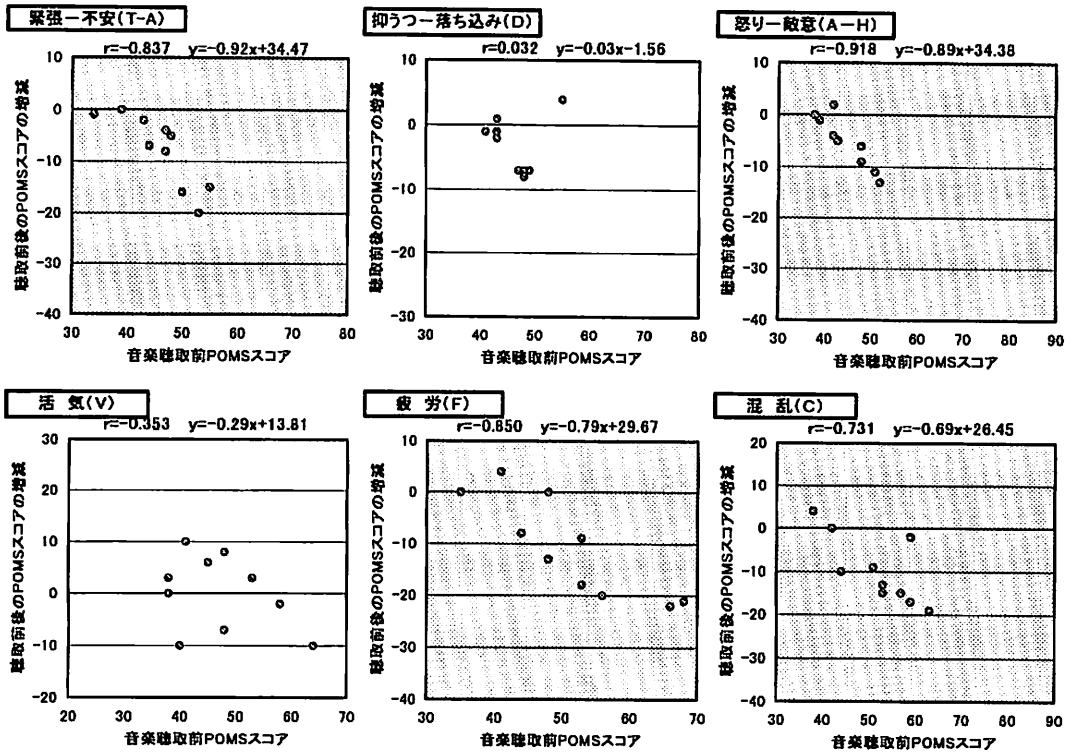


図5 ジャズ音楽聴取前後の差と聴取前のスコアとの相関

Fig. 5 The correlation between the difference (between before and after listening jazz music) in score and score before listening jazz music.

ど差が認められず、同様の作用を有していた。音楽学生は音楽の聴取だけでなく、演奏を普段から行っていたり、一般学生と比較しても音楽に触れる時間が長いことが予想され、音楽に対する態度や好みが一般学生と異なることが予想される。実際、音楽学生と一般学生の間では好みの音楽の種類が異なっており、音楽学生は半数以上がクラシック音楽を選んでいたのに対し、一般学生は半数近くがポップスを選んでいた。このように好みの違いや音楽専攻の有無に関係なく、音楽聴取が情動に対してホメオスタティックな作用を有しているということは今日までに報告されていない。さらに今回の結果では、音楽の種類により若干の相違が認められていた。3種類の音楽では「活気」を除くすべての項目で、音楽聴取前・後のスコアが同様の傾向を示していた。しかし、「活気」の項目ではクラシックのみが有意に音楽聴取後に上昇

していた。また、音楽聴取前後の差（後-前）や、音楽聴取前後のスコアの差（後-前）と音楽聴取前のスコアとの相関においても、やはり音楽の種類により若干の相違が認められていた。これらの結果については、音楽を種類分けすることの問題や、その種類の音楽を好む個人の性格特徴などの要因が考えられ、一概にその種類の音楽が一定の作用を有するという結論にはなり得ない。しかし、今回の結果はリラクセスを目的として選択された好みの音楽でも、音楽の種類により情動に与える影響が異なる可能性を示唆している。これは音楽療法の領域で、どのような状況の人にどのような音楽を処方するかという「音楽処方」と深く結びつくことと思われる。

今日までに聴取を中心とした音楽療法（受容的音楽療法）について、さまざまな技法が報告されている。これらは心身症・神経症患者を対象とし

ポップス

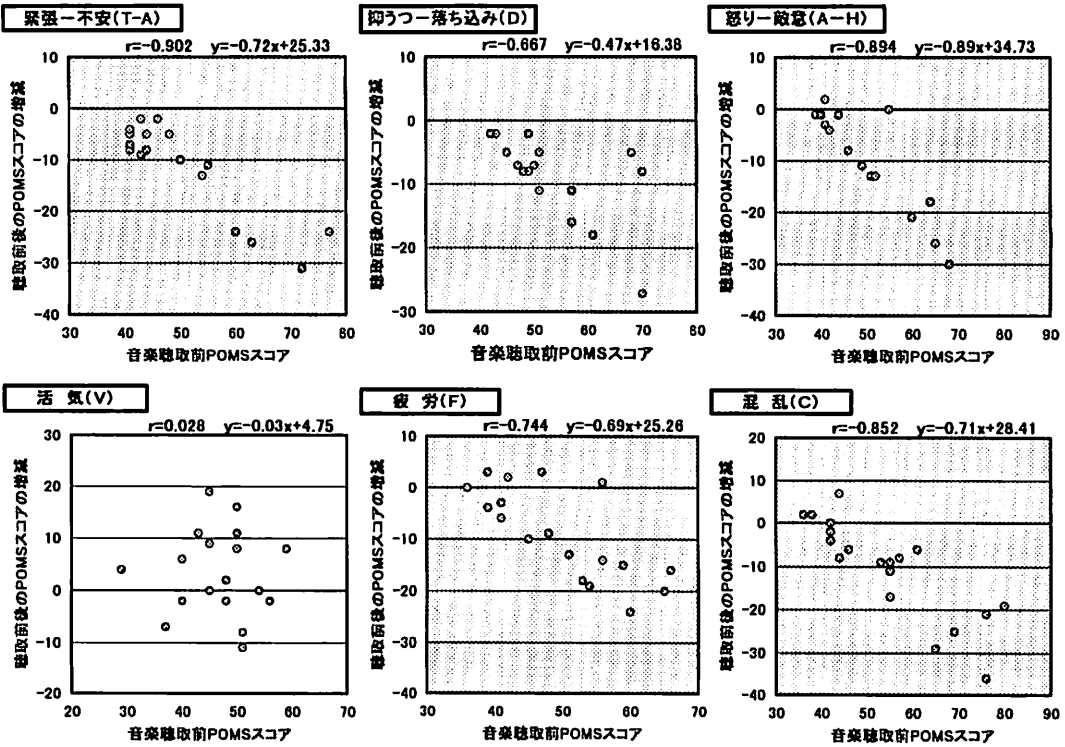


図6 ポップス音楽聴取前後の差と聴取前のスコアとの相関
 Fig. 6 The correlation between the difference (between before and after listening pop music) in score and score before listening pop music.

たもので、「治療」として非健常者に行われるものである。代表的なものとして自律訓練法類似の脱緊張訓練であるSchwabeの「調整的音楽療法」^{16) 17)} や単一音を用い、変性意識を介して治療を実現しようとするStrobelの「音一療法」¹⁸⁾、やはりトランス・エクスタシーなど変容意識を問題としているが、治療者がさらに積極的な役割を要求され、音楽聴取時のイメージを積極的に抽象化・言語化させるBonnyの‘Guided Imagery and Music’¹⁹⁾、自由連想法に似たイメージ誘導法であるLeunerとNerenzによる「音楽的感情誘因性イメージ体験」²⁰⁾ などがある。Strobelの「音一療法」¹⁸⁾ など単一音を用いる技法を除き、今日までのそれらの技法における「音楽処方」は音楽療法士の経験的な側面が強く、科学的な根拠が乏しい。一方、音楽によって実験的に健常な被検者の気分を誘導する試みも、今日までにさまざまな報告があ

り、効果は弱いながらも、その有用性が報告されている^{21) 22)}。しかし、これらの実験においても、選曲は研究者の判断で行われ、条件が統一されていない。これらの点に関して谷口²³⁾は「音楽作品の感情価測定尺度」を作成し、音楽作品がどのような感情的性格を持っているかを定量化する試みを報告している。今回の結果は、個々の楽曲が被検者の情動にどのような影響を与えるかということに対してさらに細かな調査を行うことで、谷口の目標とする音楽作品の評価と類似の音楽自体の評価が可能となり、牽いては「音楽処方」の確立に貢献する可能性が考えられた。

V. おわりに

スポーツ医学領域で音楽を利用する方法とし

て、不安の緩和・リラクセーション・気分の高揚を目的としたものやトレーニングのペース・メーカー的役割などさまざまなものが考えられる。しかも、それらの多くは音楽の聴取を前提としている。競技者の多くは健常人であり、非健常人に行われる音楽療法とは異なった側面を有しているにもかかわらず、実際に応用するための基礎的な知見が少ない。効果的に音楽を利用するには対象となる競技者、用いられる曲、どのような方法で用いるか、それをどのように評価するかなどを考慮して行われるべきであり、今後もさらに基礎的な知見の蓄積が必要であると思われた。

参考文献

- 1) 山本賢司、長島克彦、伊賀富栄、三神美久：プロスポーツ選手に対するメンタルトレーニングプログラムの作成と実践経験一、東海大学スポーツ医科学雑誌，9：59-67，1997
- 2) 伊賀富栄、山本賢司、坂本奈津江、森本章ほか：音楽と自律神経の反応について—音楽をトレーニングに活用するための一考察—、東海大学スポーツ医科学雑誌，9：50-58，1997
- 3) 白倉克之、森本章、小林信三、伊賀富栄ほか：リラクセーションに関する精神生理学的研究；音楽と心身のリラクセーション（その1）、東海大学スポーツ医科学雑誌，5：9-6，1993
- 4) 白倉克之、小林信三、森本章、小林信三、伊賀富栄ほか：リラクセーションに関する精神生理学的研究；音楽と心身のリラクセーション（その2）、東海大学スポーツ医科学雑誌，6：43-49，1994
- 5) 白倉克之、森本章、小林信三、伊賀富栄ほか：リラクセーションに関する精神生理学的研究；音楽と心身のリラクセーション（その3）、東海大学スポーツ医科学雑誌，7：26-31，1995
- 6) 白倉克之、森本章、伊賀富栄、山本賢司ほか：リラクセーションに関する精神生理学的研究；音楽と心身のリラクセーション（その4）、東海大学スポーツ医科学雑誌，8：30-35，1996
- 7) Berlyne, D.E.: Aesthetics and Psychobiology. New York. Appleton-Century-Crofts. 81-82, 1971
- 8) 永田勝太郎：音楽療法研究—第一線からの報告一、「音楽療法の生理学的研究と心身医学における応用」（櫻林仁監修 音楽之友社），82-106，1996
- 9) 高橋幸子、山本賢司、伊賀富栄、志水哲雄ほか：音楽聴取が情動に与える変化について、心身医学，39：167-175，1999
- 10) 横山和仁、荒記俊一：日本版POMS—手引—、金子書房：pp5-7，1994
- 11) McNair, D.M et al: Profile of Mood States. San Diego. Educational and Industrial Testing Service：p3, 1992
- 12) 横山和仁、荒記俊一、川上憲人他：「POMS（感情プロフィール検査）日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討、日本公衛誌37：913-918，1990
- 13) 横山和仁、荒記俊一、赤林朗他：POMS（感情プロフィール検査）日本語版の妥当性と鋭敏性・特異度（会議録）、日衛誌 47：493，1992
- 14) 横山和仁、荒記俊一、岡島史佳他：POMS（感情プロフィール検査）日本語版の訳語ならびに短縮版の検討（会議録）、日本公衛誌 40：1055，1993
- 15) 赤林朗、横山和仁、荒記俊一他：POMS（感情プロフィール検査）日本語版の臨床応用の検討、心身医学，31：577-582，1991
- 16) Schwabe, C: Regulative Musiktherapie. 2 uberarb Aufl Georg Thieme, Leipzig, 1987
- 17) 村井靖児：精神科外来での音楽療法、臨床精神医学 18：1839-1844，1989
- 18) Strobel, W: Klang-Trance-Heilung. Musikther Umsch 9: 119-139, 1988
- 19) Kiel, H: Guided Imagery and Music—ein Konzept der rezeptiven Musiktherapie. Musikther Umsch 14: 327-339, 1993
- 20) Launer, H., Nerenz, K.: Das musikalische Symbol drama und seine psychotherapeutische Wirkung. Heikunst 77: 330-335, 1964
- 21) Clark, DM, and teasdale JD: Constraints on the effects of mood and memory. Journal of Personality and Social Psychology 48: 1595-1608, 1989
- 22) Pignatiello, MF, Camp, CJ, and Rasar, LA: Musical mood induction; An alternative to the Velten technique. Journal of Abnormal Psychology 95: 295-297, 1986
- 23) 谷口高士：音楽作品の感情価測定尺度の作成および多面的感情状態尺度との関連の検討、心理学研究 65（6）：463-470，1995

スポーツ医科学研究所プロジェクト 研究報告

岩垣丞恒、 寺尾 保、 中村 豊、 恩田哲也、
有賀誠司、 山村雅一、 馬場礼三、 新居利広、

中村一生 (臨時職員)

佐藤大貴 (体育学研究所)

風見昌利 (東京健康科学専門学校)

本年度のプロジェクト研究では長距離選手のトレーニングに関する4本柱の研究目的を設定し、それぞれの課題に従った研究推進を行い、次のような結果が得られてきている。

1. 基礎的研究として新しく見いだされた事柄

1) 持久性トレーニングによる赤血球指標の変化

1日当たり平均21kmの持久性トレーニングを実施している長距離選手を縦断的に4年間追跡してみると、このような長期間のトレーニングによって、赤血球指標に明確な変化が出現していた。赤血球数は低下し (Fig. 1)、その代償的变化として平均赤血球容積 (MCV)、平均赤血球血色素量 (MCH) が増加する (Fig. 2)。このような結果はMCH/MCVを高め (Fig. 3)、5000m走の記録更新と関係していた (Fig. 4)。従って、持久性トレーニングによるperformanceの改善には赤血球の動き易さが関係していると考えられ、これは新しい発見である。

2) 血液粘度の変化

持久性トレーニングによる赤血球数減少の背景を血液粘性 (cP) の立場から見ると、Fig. 5に示した結果となった。赤血球数の低下は直接血液粘度と関係し、血液粘度は小さくなる。しかし、Fig. 5に見られるように各個人により、この関係

に差があり、単に赤血球数の変化のみによる粘性変化ではない。赤血球数の大きさ、柔らかさ、あるいはaggregationのような現象の違いも考える必要がある。この点は極めて重要な問題であり、運動、トレーニングの効果を評価できる指標ともなり得る。

3) 細胞内外の水分 (ECF、ICF) 調節について
長距離選手9名について20km走のトレーニングを実施し、その前後の生体内水分量の変化を測定した。Multi-frequency biofeedback systemでは非侵襲的にこれらの値を測定できるため、この比較が可能となった。20km走後には、細胞外液 (ECF) が9名全員で減少した (Fig. 6)。これらの結果から、細胞内外液 (ECF、ICF) 変化に基づく新しい考え方が可能となった。Fig. 7はその概要を示した。これまでの発汗、体水分量の変化は、あくまでも外気温に対する体温調節として研究されてきたが、細胞内外の水分量が測定可能となると、熱生産の中心となるICFと、これを冷却するためのECFとの間に恒常性 (Homeostasis) が成立することになる。発汗作用はこれら全体の体温調節を行うことになるが、これに伴うECFの低下は、このhomeostasisが崩れ、体温の上昇を招き、生体全体の機能低下となることが考えられる。このような意味から、細胞内外の水分量の測定は運動、熱生産、発汗などにおける体温調節に

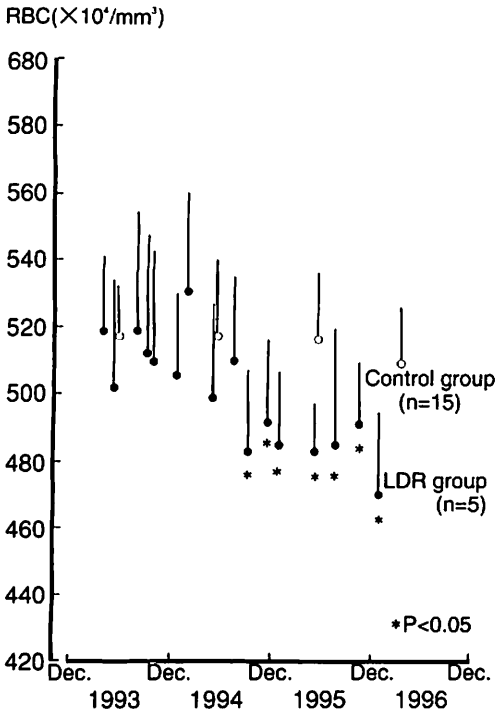


図1 長距離選手の持久性トレーニングによる赤血球数の低下

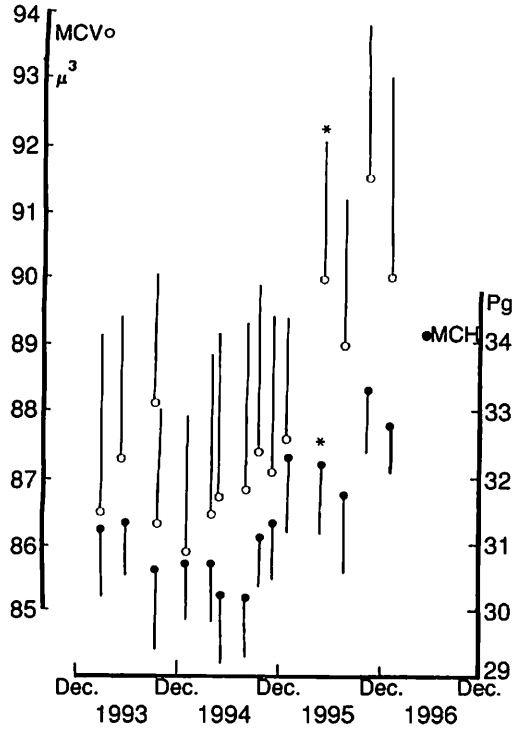


図2 長距離選手の持久性トレーニングによるMCVとMCHの代償的増加

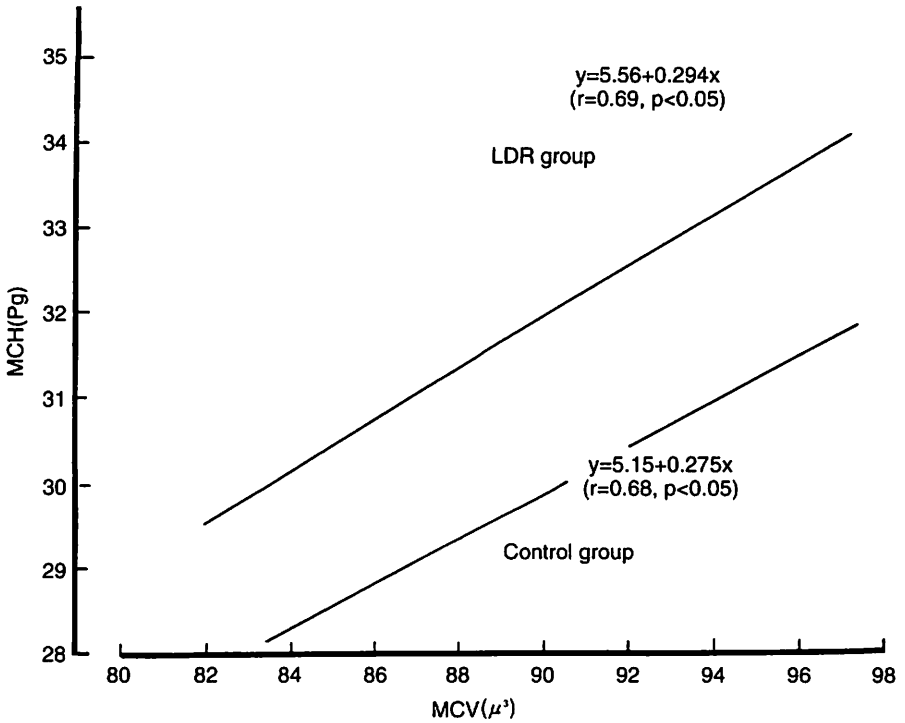


図3 対照群と長距離選手群におけるMCV-MCH関係

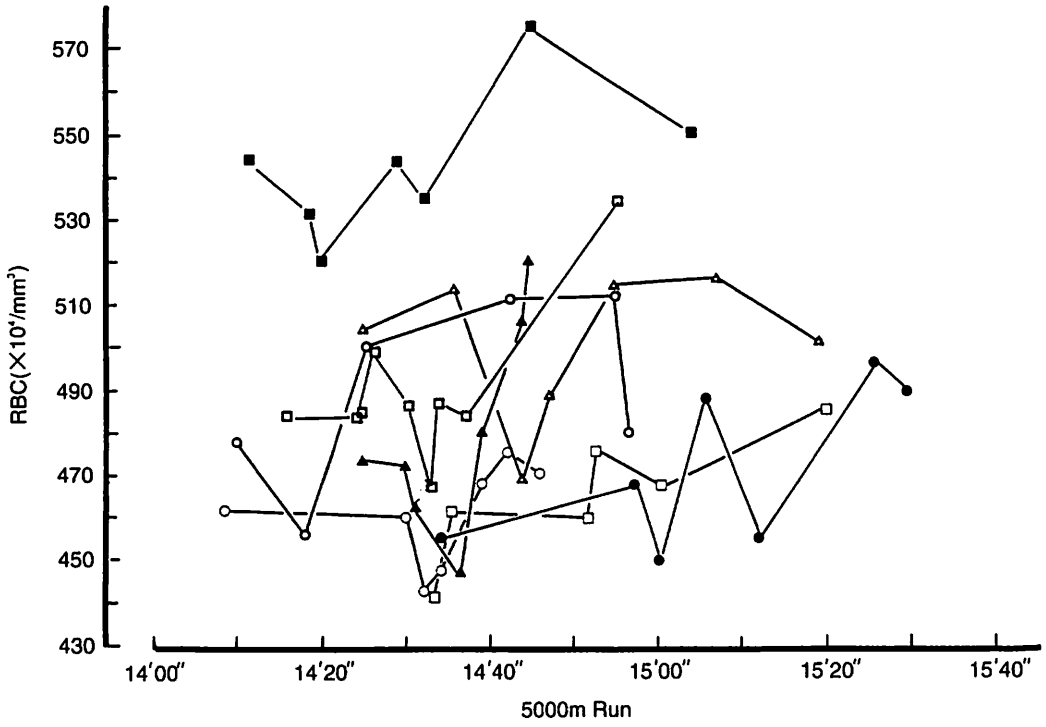


図4 長距離選手の赤血球数と5000m走記録との関係

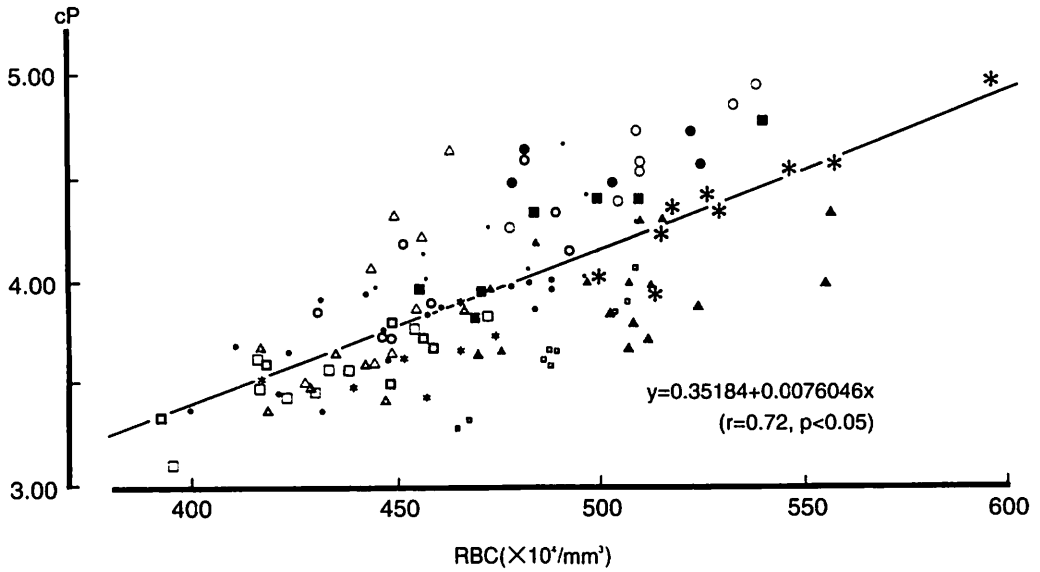


図5 長距離選手の赤血球数と血液粘度との関係

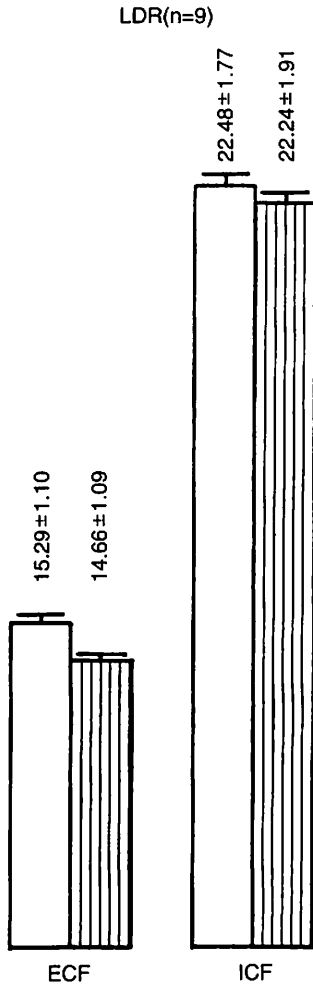


図6 長距離選手の20km走後の細胞内外液の変化

対する新しい知見を得ることになる。

4) 長距離選手の尿中尿素/クレアチニン

運動選手における蛋白摂取量は極めて重要で、少なくとも 2 g/day/kg の必要量が示されている。しかしながら、この摂取量を毎日測定するには労力が多すぎ、不可能である。後藤たち (1995) は尿中の尿素/クレアチニンを測定することで、その充足状況を把握できることを報告した。そこで、長距離選手の夏期合宿での尿中尿素/クレアチニン比を測定し、この方法の有用性を再検討した。

Fig. 8 はその結果の一部である。後藤たちは除脂肪体重とクレアチニンとが極めて高い関係にあることから、このような比を提唱したが、Fig. 8 に見られるようにトレーニング量が増すと、尿中クレアチニンが低下してくる。すなわち、トレーニングでは後藤たちの提唱している基盤に変化が生じているという新しい知見となった。このような事柄が何を意味しているのか、今後の検討が必要である。

5) 長距離選手の下肢周囲値の特徴

身体の周囲値の測定にはこれまで巻き尺を用いていた。しかしながら、測定者による人為的誤差が多く、測定時間も長く、測定時の判断も要求さ

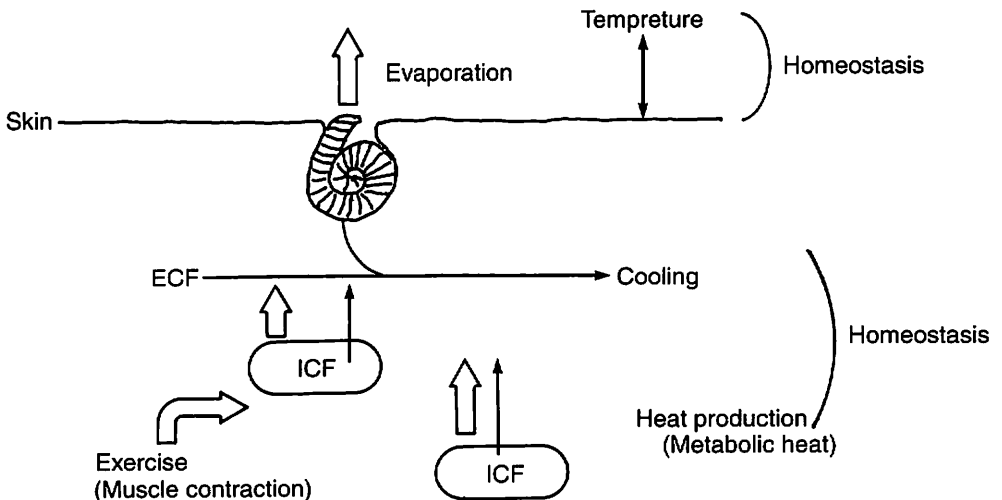


図7 体温調節における新しい概念図

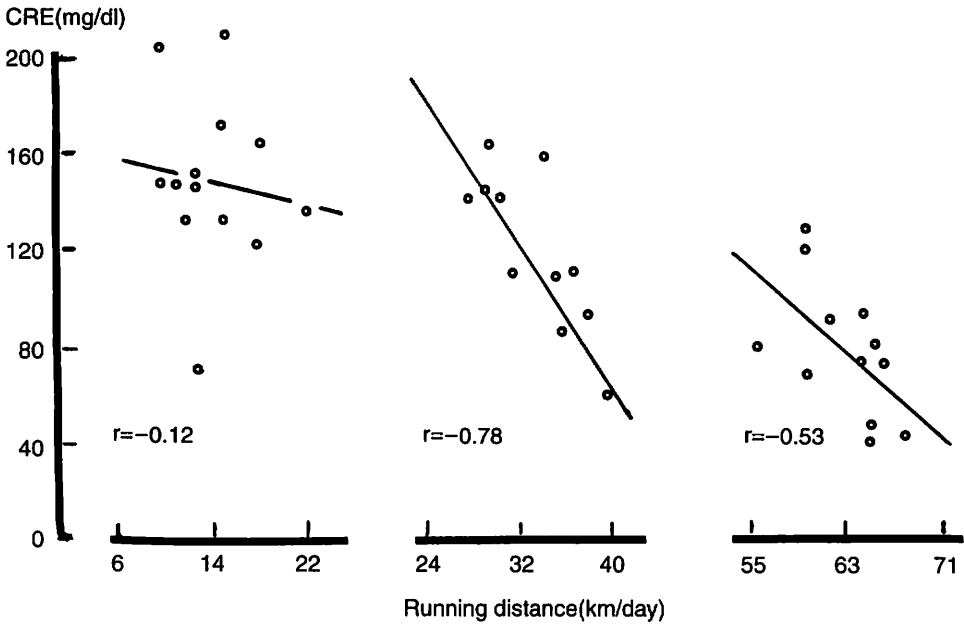


図8 尿中クレアチニンと走行距離との関係

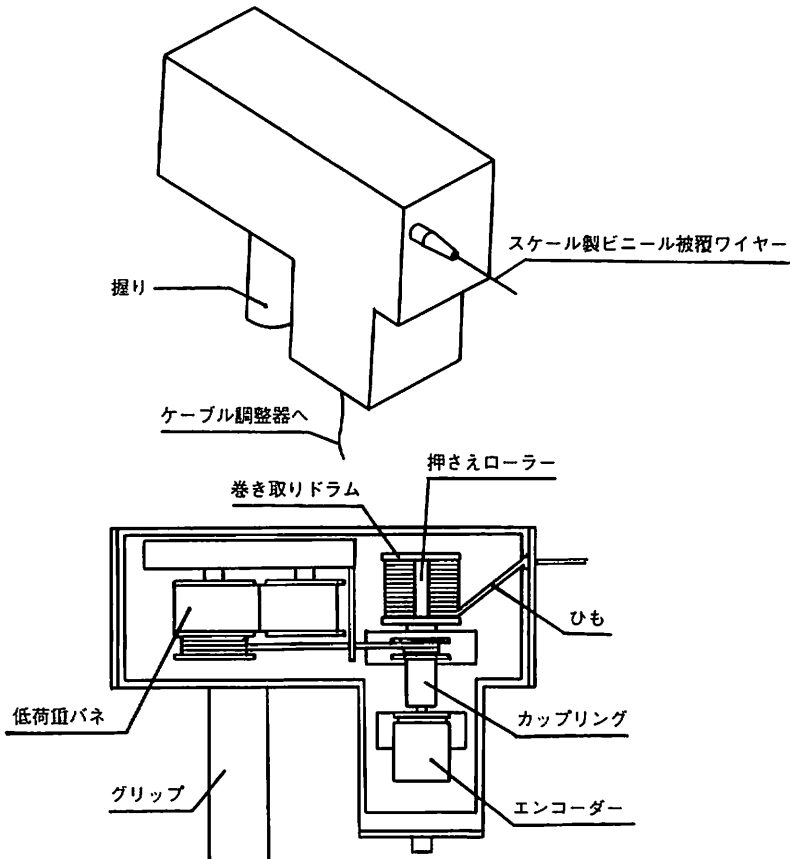


図9 我々の開発した周囲値測定器

れるため疲労感も強い。そこで我々はこれらの点を改善するために新しい周囲値測定器を考案した (Fig. 9)。ワイヤー入りのビニール製ひもを用い、巻き取りドラムより引き出してリング状とし、被験者の下肢周囲値に巻き付ける。グリップをはずすと、このドラムを低荷重バネ (400g) で引き込む。この経過はエンコーダー回転として出力される。この出力は長さ (cm) 変換され、デジタル表示に示される。この検定を行うと、Fig.10のようになり、140cmまで直線関係が得られた。そこで本装置を用いて、長距離選手の下肢周囲値の特徴を検討した。

各種目の運動選手の下肢周囲値の特徴から、長

距離選手の下肢の特徴を明らかにしておく必要があった。下肢周囲値は少なくともその人間の体を支え、またその体重によって生じる衝撃力に耐え得るものでなければならない。Fig.11は同じ陸上競技選手で、下腿囲/大腿囲の比を体重との関係で示した。長距離選手ではこの比が著しく大きく、体重が大きくなると、投擲選手に見られるように、この比は小さくなる。この比の背景は体重と大腿囲に極めて高い相互関係があることから、長距離選手では体重に対し、大腿囲が細いと言える。すなわち、大腿囲が細く、体重が軽くなることで、長い持久的走運動が可能となる特徴が見出された。

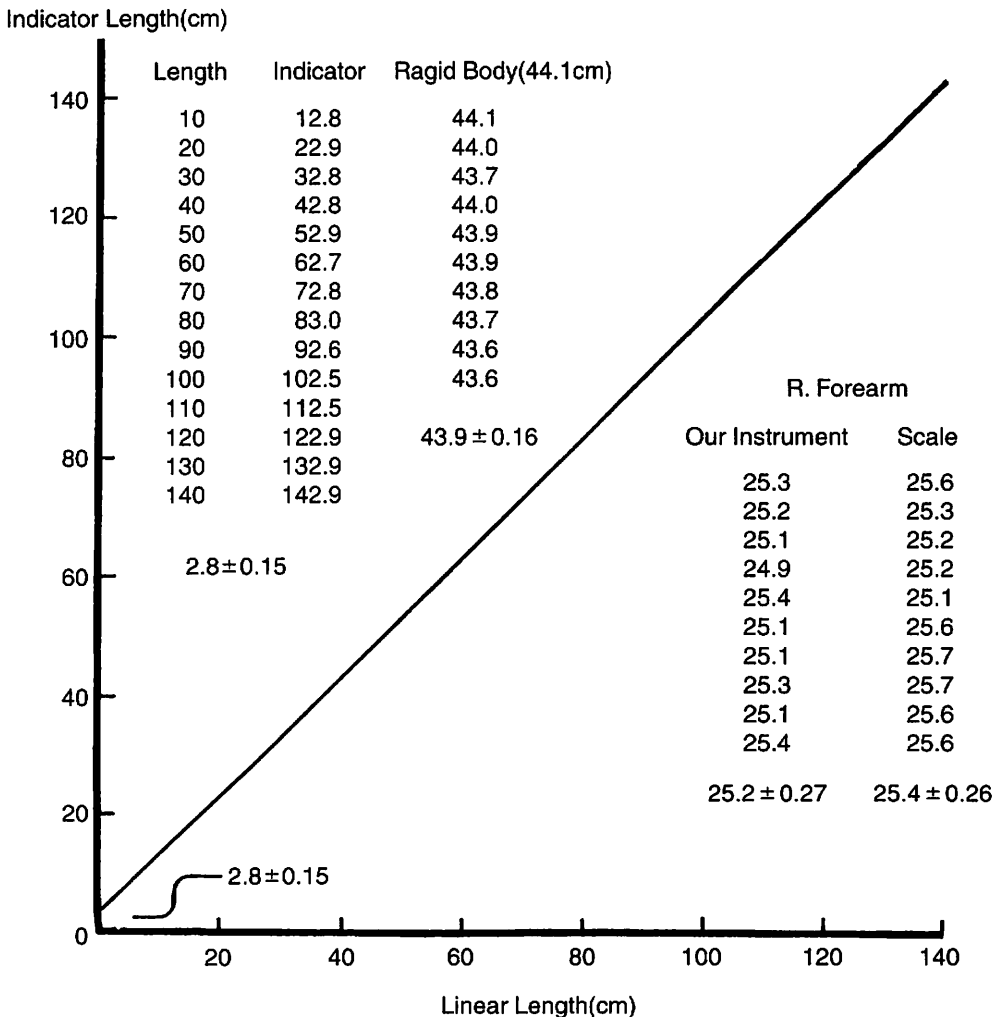


図10 周囲値測定器の検定

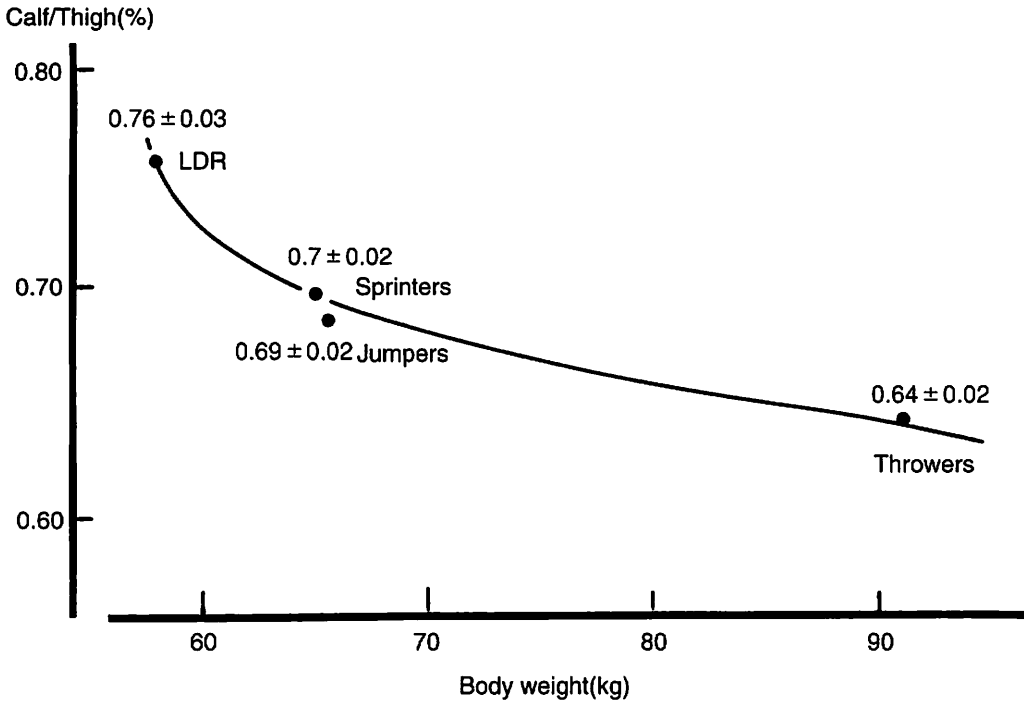


図11 長距離選手の下腿圍/大腿圍比の特徴

6) 持久的運動選手に見られる心電図QT時間の延長は心室細動の危険因子であるか？

長期にわたる激しいトレーニングは心電図上や心臓の形態上の変化を生じることが知られている。近年、Jordaensらは持久的スポーツ選手においてQT時間の延長が見られたと報告したが、アスリートに見られるこのようなQT延長が心筋の再分極過程の空間的、時間的な不均一性、すなわちQT dispersion (12誘導心電図上の最長QT時間と、最短QT時間の差) の増大を伴うかどうかについて検討した。大学陸上競技部の男子長距離選手53例、現在定期的に運動を行っていない男子学生52例、計105例をボランティアで募り、安静時心電図の測定を行った。心電図はマルケット社製標準12誘導心電計 (CASE15) を用いて測定した。QT dispersionは胸部6誘導心電図記録での最長と最短のQT時間の差で定義し、Friderciaの補正式によって心拍数の影響を補正した。長距離選手と非運動者の間においてQTfmax (0.408 ± 0.024 対 0.391 ± 0.021 sec, $p < 0.0003$)、QTfmin (0.378 ± 0.029 対 0.359 ± 0.021 sec, $p < 0.0009$) は有意な差

が認められたが、QTf dispersion (0.031 ± 0.017 対 0.031 ± 0.018 sec, $p = 0.8558$) は有意な差が認められなかった (Fig.12)。本研究の結果は、持久的運動選手に見られるQT延長はQT dispersionの増大を伴わず、心室細動の危険因子とはなり得ないことを示唆するものである。

7) 長距離選手のHDLについて

Heavy density lipoprotein (HDL) にはLecithin-cholesterol acyltransferase (LCAT) が存在し、plasma phosphatidylcholine (PC) の2位にある脂肪酸 (殆どリノール酸: $C_{18:2}$) をアシル化し、cholesterol (Ch) をcholesterolester (CE) として肝臓で処理する。このような働きはすでにSperry (1935)、Glomset (1962) により見出された。しかし、持久性トレーニングを実施している長距離選手ではこのplasma HDLが極めて高く、この事柄は周知の事実となっている。しかしながら、この背景にどのような事柄が存在しているのかは全く研究されていない。Fig.13は一般の対照者と長距離選手のplasma total cholesterol

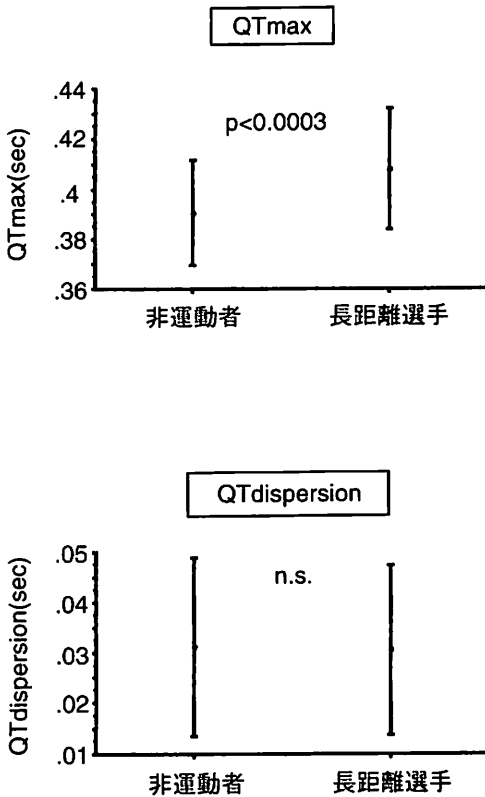


図12 長距離選手のQTmax, QT dispersion

(CH+CE)とHDLとの関係を示した。対照者群ではこれらの関係は全く成立していないが、長距離選手群では正の相互関係が認められた ($r=0.605$, $p<0.05$)。Chを除いてみるとHDLとCEとの関係はFig.14に示したように、さらに強い相互関係が認められ、LCATの働きが極めて強まっていることが分かる。持久性トレーニングによるこのような働きは何を意味するのであろうか？膜系に存在するcholesterolを新しく入れ換える必要性は何であったか。

2. 走者応答トレッドミルでのプログラム開発

1) 走者応答トレッドミルによる解析

走者応答トレッドミルではプログラムを作成することによって、走路、並びにコースをトレッドミルで実施できるシステムとなり、実験室内で種々のコースにおける間接的データを集積できる。今年度は箱根5区の登りコースをプログラム化した。20.7kmを地図上から50mごとに走路の勾配と距離を入力することによって、走者の走行速

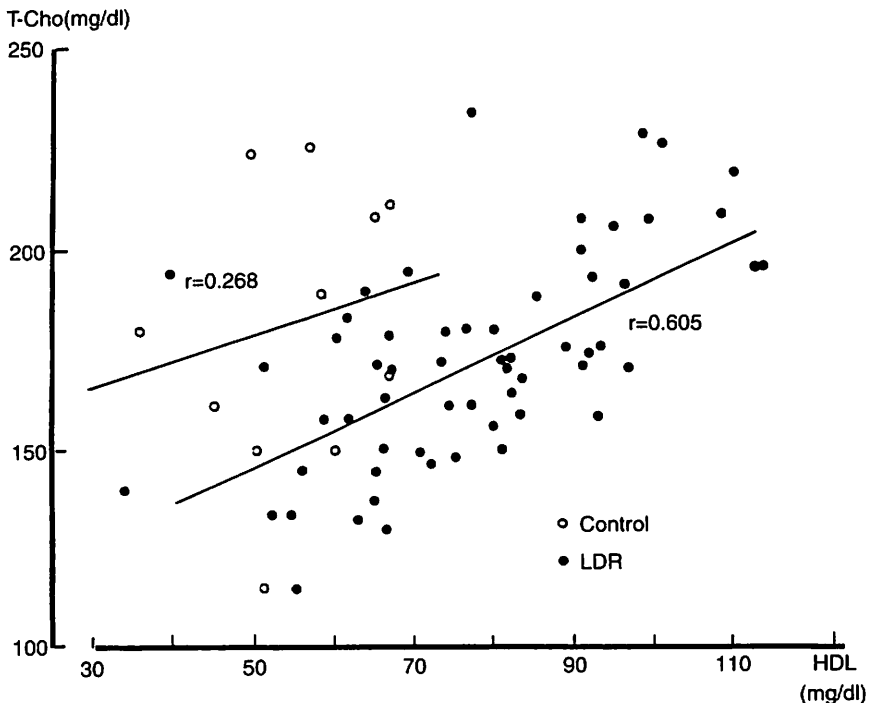


図13 長距離選手のtotal cholesterol-HDL関係

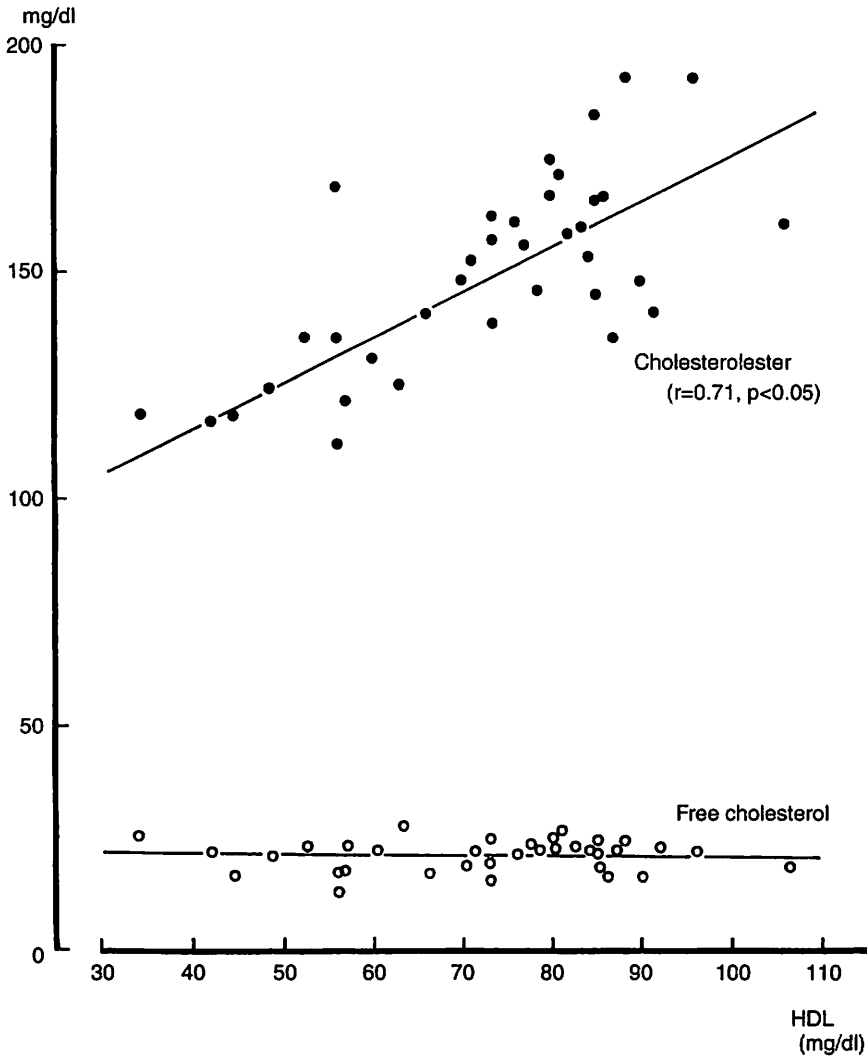


図14 長距離選手の血清cholesterolesterとHDLとの関係

度に合わせた走行で箱根5区を走破できる (Fig.15, Fig.16)。Fig.17は酸素摂取量の変化である。このようなデータの集積から走者の生理的情報を分析できることになる。

2) 走路分析装置の開発

走者応答トレッドミルではそれぞれの走行ルートの特徴を入力でき、その入力情報に基づいた走行トレーニングが可能となる。しかし、このような走行ルートの特徴を捉える分析・測定がなければ、この装置の特徴は生かされない。そこで走行ルート进行分析・測定する装置の試作を行った。

本装置の原理はFig.18に示したように、box内に回転軸受けを設置し、freeとなった中央のbox (200g) が傾斜面に対し、振動を始める。この回転軸の角度変化を可変抵抗 (炭素) で算出し、非安定型マルチバイブレーター発振回路になり、電圧変化に変え、それぞれの発振時電圧変化として記録されることになり、そのときのピークが走路の傾斜角度となる。

3. 長距離選手の30km走後のMRI所見

長距離選手はそれほど激しい衝撃を受けるトレーニングを行っているわけではないが、下肢、腰

箱根駅伝5区

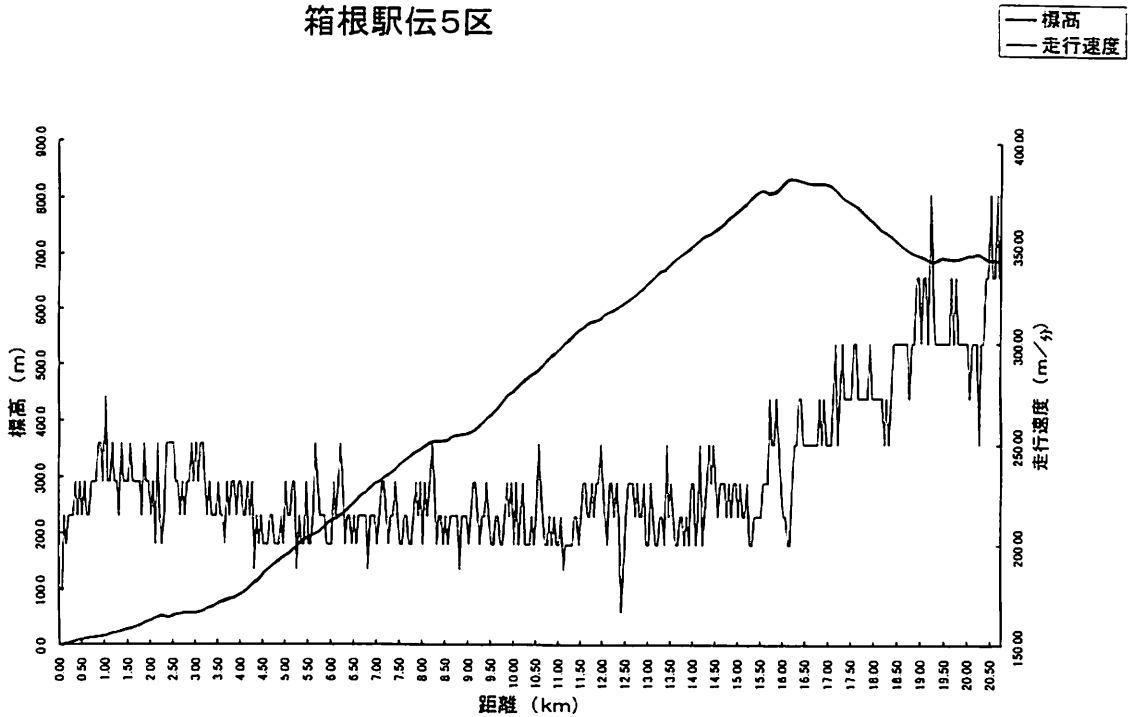


図15 走者応答トレッドミルにおける箱根5区プログラムでの走行速度の変化

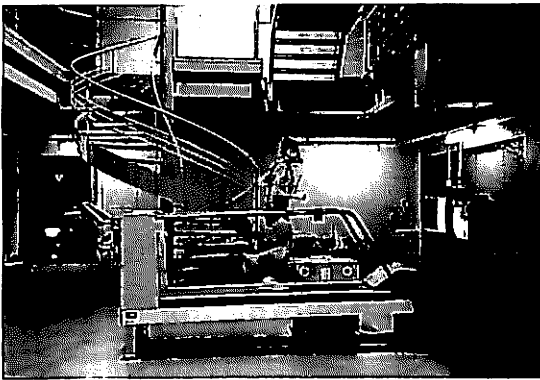


図16 箱根5区の走者応答トレッドミルと試走での実験



などに故障を持っている選手が多い (Fig.19)。本研究の対象者では7月に本練習のできない選手を調べると、およそ50%の選手が故障のため、本練習のプログラムを実施していなかった。そこで、30km走後のMRI所見での現象を確認した。Fig.20は30km走後のMRIの所見である。矢印部分に高輝度(白色)の領域が認められる。横断面画像でも (Fig.21) 対象者に比べ、ヒラメ筋あたりに白色の雲状陰影が認められる。2人の選手に続いて

疼痛部の訴えを聞いたところ、Table.1に示しているように、腓腹筋とヒラメ筋部に疼痛の訴えが強かった。従って、30km走によって生じた炎症性腫脹や浮腫などの可能性が高い。

4. 長距離選手の下肢筋力トレーニングの開発 現在実施中であり、3月には結果報告できる。

箱根駅伝5区

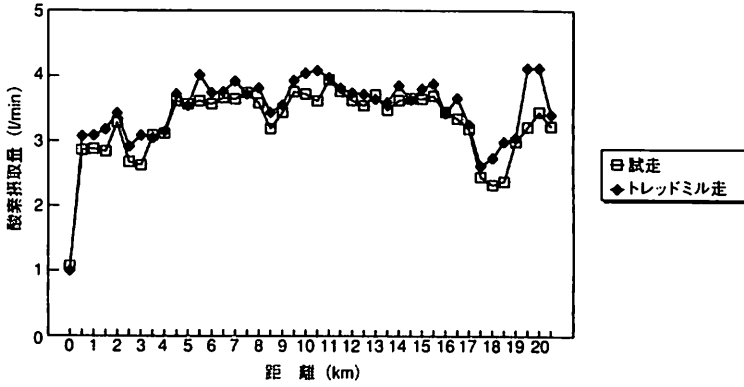


図17 箱根駅伝5区の試走並びにトレッドミル走における酸素摂取量の変化

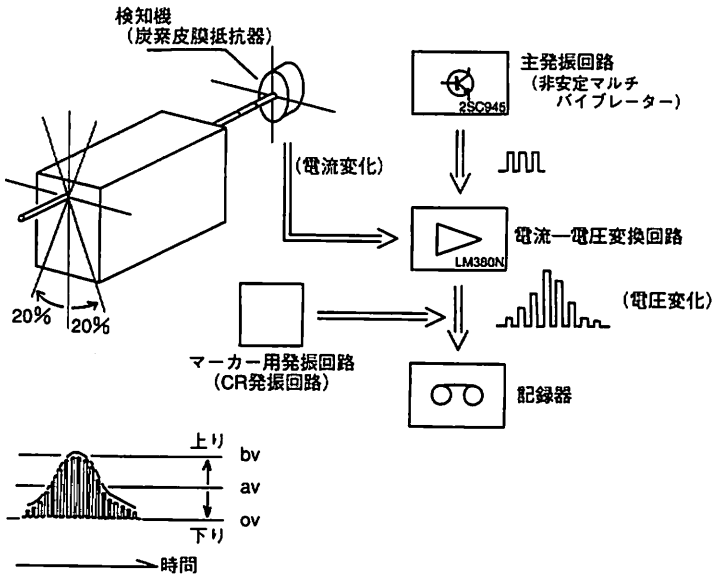


図18 走路分析装置の概略図

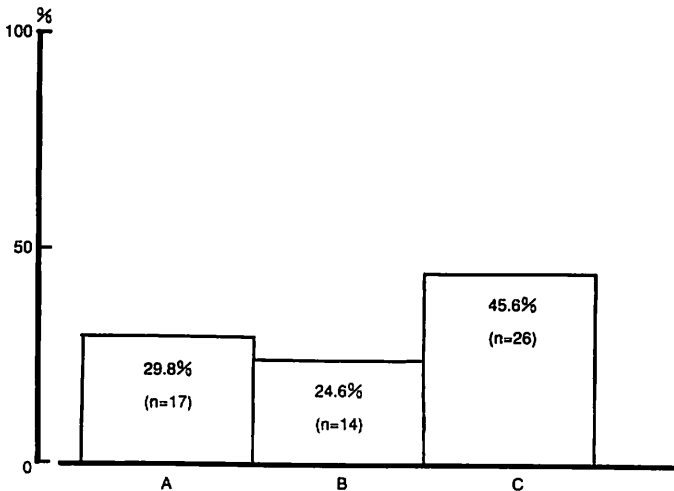
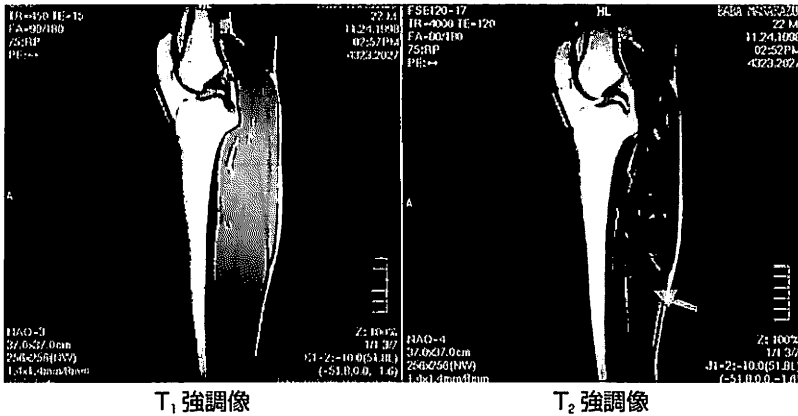


図19 長距離選手の障害 (A : no, B : middle, C : heavy)

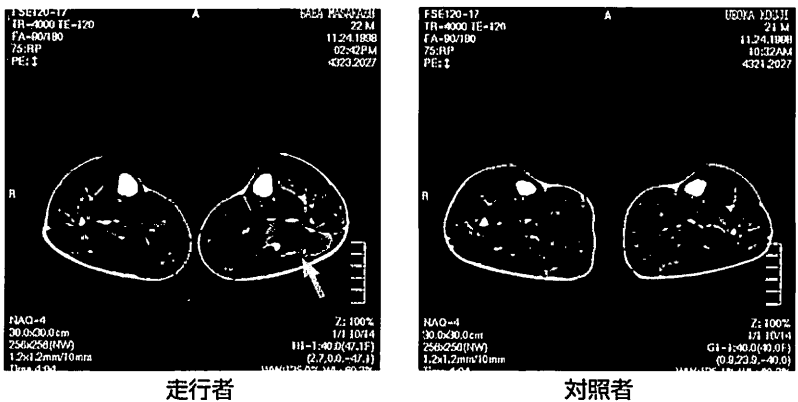
表1 30km走後の長距離選手の疼痛部位

部位	Case1	Case2
腰部	—	—
臀部	±	+
股部	—	—
大腿四頭筋部	±	+
ハムストリング部	±	+
膝部	+	—
腓腹筋部	++	++
ヒラメ筋部	+++	+++
前脛骨筋部	+	+
足関節部	—	—
足部	±	±



T₁強調像では特に所見は見られないが、T₂強調像のおそらくヒラメ筋部の矢印(⇐)部分に高輝度(白色)の領域が認められる

図20 30km走行後の長距離選手の下肢MRI所見



両下肢部横断面画像(T₂強調像)
⇐ 特に矢印部分に高輝度(白色)の雲状陰影が見られる。

図21 30km走後の長距離選手の横断的下肢MRI

過去2年間における 中長距離選手の血液粘度

—— 種目特性、身体の状態に関与するか? ——

山村雅一 (東海大学医学部)

新居利広 (東海大学体育学部)

岩垣丞恒 (東海大学健康科学部)

はじめに

血液の役割は栄養や酸素、ホルモンの運び入れと水素イオン、炭酸ガス、乳酸などのいわゆる老廃物の運び出しである。その役割は毛細血管で行われる。役割にはActive Transportのような生化学的なメカニズムに加え、浸透圧による移動(特に酸素)など物理的なメカニズムがある。物理的なメカニズムは時として静止した状態を考えがちであるが、液体を動かすことで浸透圧による物質の移動が早く起こることは知られている。従って身体における場合には血液が流れている限り、動的な役割、則ち血液循環速度をも考慮しないと全体が見えてこない。

血液循環速度は心拍数、心収縮力、体温及び血管内径の2乗に比例するが、血液粘度には反比例する。この関係から、血管内径が最小である毛細血管において血液速度は最小となり、ここで血液粘度が血液循環速度に影響を与える因子となる。忘れてならないことはこの血液循環速度が最も遅くなっている部分—毛細血管—で血液の仕事が達成される。

これらのことから血液粘度は意味があると考え、東海大学陸上部中距離ブロックに所属する選

手を対象に血液粘度を1996年4月から1998年12月の期間に涉って測定した。

方 法

被験者：東海大学陸上部中距離ブロックに所属する選手80人を対象とした。採血は特別な場合を除き、選手への負担を少なくするため2ヶ月毎に行われる一般血液検査時に合わせた。血液粘度については説明し、承諾の上、約2mlの血液を粘度測定用として採取した。測定は採血日に行い、その日の午後には結果を各個人に知らせた。測定回数は1998年12月までに491回であった。

コントロールとしては年令をマッチさせる被験者は行えなかったが、東海大学医学部に所属する教職員171と山村の家族(長男)(14歳から55歳)を対象とした。採血の手続きは説明と承諾を得た。

血液粘度：抗凝固剤としてEDTAを用い、採血した血液サンプルを用いた。血液は一度摂氏4度に保存した後、測定前30分37度に加熱し測定した。測定装置はマイクロビスコメーター プレート回転式血液粘度計(ブルックフィールド社)を用いた。測定は直径42mmの回転板を用い、摂氏37度。回転数は数段階設定できる装置であるが、運動中

の血液速度を考慮した上、一分間60回転の条件で行った。この条件では速度が毎分7.9mと直線では計算される速度である。粘度の単位はセンチポアズ (cP)。

結果：

1. 一般における血液粘度は $4.16 \pm 0.36\text{cP}$ ($n = 171$)であった。一方選手全体では $3.93 \pm 0.36\text{cP}$ ($n = 491$)であった。統計学的な検索において選手における粘度は有意 ($p < 0.0001$)に低下していた。
2. 1996年4月以後の経過 (図1)
過去において1998年7月に粘度が 4.0cP を上回った。その時以外は全て 4.0cP 以下であり、何時でも一般に比べて統計的には低値であった。
3. 中距離 (800、1500m)を専門とする選手の血液粘度と長距離を専門とする選手の血液粘度を比べると前者は $4.27 \pm 0.34\text{cP}$ であり、後者は $3.88 \pm 0.33\text{cP}$ であった。両者は統計的に有意な差 ($p < 0.0001$)があった。
4. 怪我をしている選手と練習が思ったほど出来ていない選手、練習のメニューがこなせている選手をくらべた。怪我をしている選手では粘度が $3.95 \pm 0.32\text{cP}$ ($n = 60$)、練習ができない選手は $4.04 \pm 0.34\text{cP}$ ($n = 72$)、練習がこなせている選手では $3.73 \pm 0.24\text{cP}$ ($n = 111$)であった。統計学的にも練習がこなせている選手は 0.0001 以下でもって両群に比べて粘度の低下が測定されていた。

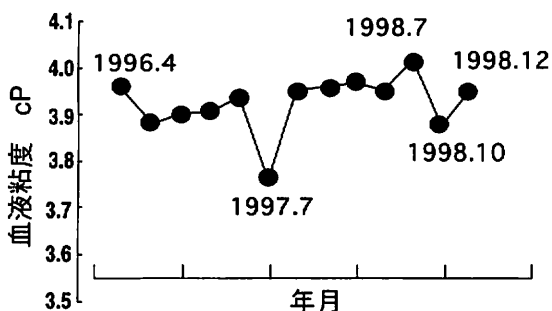


図1 経過

結 論

中長距離選手の血液粘度を過去3年弱にわたり測定をくり返してきた結果以下のことが明らかとなった。

1. 選手の血液粘度は一般に比べ低値であった。
2. 中距離専門選手は長距離専門選手に比べ血液粘度は高い。
3. 怪我により練習ができなくなると粘度は高くなる。
4. 調子が悪い選手は粘度が高い。

考 察

中長距離選手の血液粘度が一般に比べ低めに設定されているのは常に血液を早い速度で流す訓練の結果で身体の内環境の一環と考えられる。このことは運動選手は一般に心拍数が少なく保たれてる傾向と一致する。粘度が低く設定されていれば、心拍数を低くしても血液循環速度は保たれ全身に十分な酸素が供給されると考えられる。今回の結果はそのことを裏付けている。この逆の具体的な例は貧血で、この場合には心拍数の増加が挙げられる。これは心拍数の増加により循環速度を上昇させ、貧血の酸素濃度の不足部分を補正していると説明することができる。

運動選手に発生するスポーツ貧血は赤血球の破壊速度が充足速度を超えた結果である。これが正しいと考える根拠は怪我や練習が思うようにできない選手での血液粘度の上昇をあげることができる。粘度と赤血球数とは比例する結果が岩垣らの論文に示されていることと、この測定から明らかになった粘度上昇とを合わせて考えると練習が思ったほど出来ないときには赤血球の充足速度が有意となっていると考えられる。一方練習がこなせている時には、赤血球の破壊速度が補給を若干上回り、貧血傾向へと傾くが、血液の循環速度が十

分であれば多少酸素濃度が減少しても運動は継続して可能な状態が続く。この状態が長く続けばいつか貧血状態となる時期がくる。貧血が優先すると赤血球数を増加させる腎臓からのエリスロポエチン（最近ではドーピングとしてこれが使われているうわさがある）が産生される。怪我などで練習できなくなれば充足速度が破壊速度を上回り赤血球数の増加があり、結果としてこの論文に見られるような粘度増加がおこる（結果3参照）。このことから調子がよく練習もよくできるときでも、軽い運動で回復させる休養期が必要とされるのかもしれない。

粘度が増加すると毛細血管での循環速度は緩やかになり、その分酸素の供給が減少する。その結果が調子が戻らない原因であろう（結果4参照）。

この赤血球数の増加と粘度との関係は高所トレーニングにおいてもそのままあてはめられる。高所に行けば必ず赤血球数の増加が認められる。一

見酸素濃度の増加として考えられるが、一方では粘度増加をひき起こし、それが循環速度の低下をもたらし実績に繋がらないことがあり、事実高所トレーニングをしてきたわりには成績が芳しくないことも過去にはあった。

中距離選手における粘度が長距離選手に比べ高く設定されていることは驚きであり、また不思議であるが、中距離選手でも粘度が低い時にはゴール前の失速がなく、好記録が出ていた。

血液粘度は簡単に測定でき、結果からある程度の選手の調子を把握できる指標とすることができる。少なくとも確実に言えることの一つに粘度が高値であれば回復期にあり、練習の中で粘度を低くする方策を考える必要がある。長距離専門選手では粘度が低くなっていたことから彼等の練習方法に粘度を低くする方策のヒントがかくされていると思う。

Dr. Berno Wischmann 教授の来訪記

岩垣 承恒 (スポーツ医科学研究所所長)

～Dr. Berno Wischmann 教授の来訪～

Berno Wischmann 教授の略歴をTable 1 に示した。1910年生まれであるから、今年で88歳の高齢となる。退職しているかと思っただが、この年齢でまだ現職として活躍されているとのことであった。略歴にあるように、1995年には哲学博士を授与され、日本のスポーツ界（特に陸上）への貢献は大きく、1984年に勲三等が送られている。田中誠一教授の紹介で東海大学スポーツ医科学研究所

を訪問された。研究所の地下 (Training room) と1階のプールを視察され、7階の研究設備を案内することになっていたが、ご高齢のため息子さんが低圧室、走者応答トレッドミル、運動生理関係の研究設備を見学され、本研究所の状況をWischmann教授に説明していた。特に走者応答トレッドミルには大変興味を持った様子であった。

所長室では大学全体のシステム、所長の任期と権限、体育学部の学生数についての質問があった。特に学生の就職についてはドイツも同じで、日本と同じく教員採用数は著しく減少し、体育学部の名称を「人間教育学部」としたとの事であった。アメリカでの「人間科学部」、「kinesiology」などへの名称変更ほどの騒ぎにはなっていないものの、いずれにしても保健体育教員の採用数の激減は共通して起きているようであった。

次いで、最近のOlympic gameの話題となり、Olympic gameが最近は祭り (Festival) となり、多くの参加国、人数、種目での大会となっているため、「記録」より「勝負」に力が注がれ、むしろ各競技の世界選手権の方が質的需要が高く、Olympic gameへの興味は薄らいできているとのことであった。特に最近のOlympic gameでは競技者の思想的背景が全くなく、経済的問題に流されている。確かにブランドページ会長以降のOlympic gameではアマチュア、プロフェッショナル選手の境界は除かれ、経済的効果のみが指標とされつつある点は、Wischmann教授の警鐘をどこでどのように話題とすべきか考える時期にき



ベルノー・ウィッシュマン教授

ている。アメリカ主導の経済政策は、Olympic gameの必要性や有用性を、その思想として受け継いできた人々にどのように映っているのかわかるか。スポーツ選手のdoping問題はOlympic gameに根深く存在し、人類にとっても極めて偏重された現象であり、我々は思想や哲学を持ってこれらの現象に対処する必要のあることを感じた。

Berno Wischmann (ベルノー・ウィッシュマン) 教授略歴

- | | |
|-------------|---|
| 1910年 | 12月26日トンデルン（現在のデンマーク領）にて誕生 |
| 1930年 | キール大学とベルリン大学、ベルリン国立体育大学において体育学、歴史学、芸術史などを学ぶ |
| 1939-1945年 | 戦場へ出征 拘留生活 |
| 1945年 | マインツ大学にて研究生活スタート 教育学、心理学、哲学 |
| 1949年 | マインツ大学体育学部学部長及びラインランドファルツ州スポーツ局長 |
| 1955年 | 博士号取得「哲学博士」 |
| 1952年-1976年 | ドイツ陸上競技連盟コーチ並びにヘッドコーチとして7回のオリンピックと6回のヨーロッパ選手権に参加 |
| 1974年 | 第1回全日本中学選手権の混成競技最優秀選手にウィッシュマン博士賞が設けられる |
| 1978年 | 大学教授として主たる業務を退職、その後マインツ大学終身教授としてゼミナール、体育史などを担当、またドイツ陸上競技連盟が主催する外国人のためのコーチ養成学校の校長を兼任、今日でもコーチの指導・養成に携わる |
| 1984年 | 日本スポーツ界へのこれまでの貢献をたたえて勲三等がおくられる |
| 1998年 | 現在までに17冊の単著専門書と200以上にのぼる学術論文を執筆・公表している
また中高年齢競技大会への出場はドイツのみならずヨーロッパ・世界選手権にもおよんでおり、金メダルの獲得や年齢別世界記録の樹立など輝かしい成績を残している |

スポーツ医科学研究会の 開催にあたって

スポーツ医科学研究所では本年度（1998）より「スポーツ医科学研究会」を開催することにした。研究所開設当初より、本研究所での研究推進は学際的发展を遂げることを目的としていたので、研究所員の構成は体育学、医学、理学、工学、音楽などの専門的研究者を所員に迎えている。このような組織構成を持つ研究所は日本では唯一のものであり、その成果は極めて大きな期待がかけられている。しかし、研究推進に際しては機能的な結びつきが要求される。「個々の独自の立場で推進されてきた研究」がどこに焦点を合わせるかによって、極めて新しい研究領域の開拓が可能となる。このようなことを期待し、まずは各所員の独自の研究を紹介してもらうことから、「スポーツ医科学研究会」が始まった。この研究会を契機に、研究体制、人間関係、学生間の協力などに発展し、より大きな力が得られることを期待している。

スポーツ医科学研究所
所長 岩垣丞恒

第1回スポーツ医科学研究会

- テーマ マイクロ波誘電分光による生体分子・組織の分子ダイナミクスの観測
八木原 晋（理学部物理学科）
- 日時 6月3日(水)
17時30分～18時30分

生体内に含まれている水は、生命にとって必要不可欠である。それは生体内の環境を整えるだけではなく、個々の生命現象の発現の上で、さらに直接的な関与をしているのではないかと予想されているにも関わらず、水の動的構造の観測が大きな困難を抱えていることから、その構造や役割について未だに明らかにされていない。

当研究所における研究テーマでは、これまで開発してきたマイクロ波誘電分光測定システムを用い、筋肉組織における生体分子および生体水の分子ダイナミクスを観測し、その水代謝過程と筋肉の動きとの関係を明らかにすることが最終的な目的である。ただし、生体組織のように電気伝導度の大きな系では、測定法の問題点がいくつか残っており、観測・解析システムの開発や改良を行わなければならない。

本報告では、水とはどのような構造や性質をもっているのか、生体中に含まれる水は通常の水とはどこが異なり、そのことでどのような役割を果たすのか、なぜその観測が難しいのかを簡単に説明し、このアプローチの有効性と科学的な意味を解説する。

第2回スポーツ医科学研究会

●テーマ 音楽療法〈Music Therapy〉

志水哲雄（教養学部芸術学科）

●日時 7月9日(木)

17時45分～18時45分

1. 音楽を感じる

まず我々自身の音楽の感じ方や、理解について考えてみる。

2. 音楽療法的な音楽の利用

歴史に見る音楽療法的な在り方をのぞいてみる。

3. 意識的に音楽を利用する

音楽を療法的に利用するということはどのようなことなのか。一意義音楽療法の歴史。

4. 音楽療法の実施

音楽療法を実施する場合の留意点。

5. 科学的な裏付け

医療の中に位置づけるためには、そしてスポーツのためには。

6. 音楽療法の対象

対象は誰？ あなたもわたしも、ハンディのある人もない人も。

第3回スポーツ医科学研究会

●テーマ 運動・スポーツにかかわる心理学的援助

吉川政夫（体育学部社会体育学科）

●日時 10月29日(木)

17時30分～18時30分

運動・スポーツにかかわる心理学的援助に関する紹介を行いたい。運動スキルの獲得と向上、心理的競技能力の開発、健康の保持増進を目的とする運動の継続の問題など、運動・スポーツにかかわる心理学的援助の対象範囲は広い。しかも、時代と共にその領域は拡大し、現在では体育、競技スポーツ、レクリエーションスポーツ、健康志向スポーツの諸問題に心理学的援助がかかわっている。

当日は、話題の1つとして心理的競技能力の開発に関する心理学的援助について述べたい。具体的には、心理的競技能力の評価からスタートし、心理的スキル・トレーニングの選択と実施、競技パフォーマンスの評価、そして再びトレーニング目標の設定と進む、心理的競技能力のトレーニングの進め方をとりあげる。

また、心理的競技能力の開発・向上の課題がある一方で、臨床スポーツ心理学の方面から治療的アプローチによる心理的介入が必要なケースがある。具体例として、バーンアウトに対する心理的介入と援助をとりあげたい。

第4回スポーツ医科学研究会

●テーマ 筋肉の発育と発達

内山秀一（体育学部体育学科）

●日時 1998年11月19日(休)

17時30分～18時30分

筋肉は「からだ」の中でもっとも多く割合を占める組織です。この筋肉が収縮することで動きが生まれます。したがって、スポーツ医科学の領域で「筋肉を知る」ことは非常に重要であろうと考えます。

ところで、筋肉が成長の過程で大きくなっていくこと、またトレーニングなどによって大きくなることは周知の事実です。

筋肉は筋繊維（筋細胞）の集合体ですが、筋の発育・発達については1960年代より、「筋繊維の数は生まれながらにして決まっていて、発育やトレーニングなどの過負荷に伴う筋肉の肥大は、筋繊維の肥大のみによるものである」、つまり「筋繊維は肥大はするが、増加（増殖）はしない」とされてきました。しかし、近年、筋衛星細胞との関連から「筋繊維が増加する」ことが明らかにされてきています。

そこで、今回は「成長に伴う筋肉の発育過程について」を中心に、「トレーニングと筋肥大」についてもお話しさせていただきたいと思います。

第5回スポーツ医科学研究会

●テーマ Oxygen uptake efficiency slope :

漸増運動負荷中の換気量と酸素摂取量の関係から

得られる運動耐容能の指標

馬場礼三（体育学部社会体育学科）

●日時 12月10日(休)

17時30分～18時30分

Oxygen uptake efficiency slope (OUES) は、漸増運動負荷中の換気量と酸素摂取量の関係から得られる運動耐容能の指標で、演者が提唱したものである。この指標は換気の有効性をあらわすものであり、小児や成人の心疾患患者の運動耐容能、持久的運動選手のパフォーマンスとの関連が報告されている。この指標の特長は、最大負荷を要さずに算出できること、最大酸素摂取量と強い相関を示すことである。本研究会では、OUESの概念と特長、その臨床的応用などについて解説する予定である。

第6回スポーツ医科学研究会

●テーマ やり投げの画像解析

山本芳孝（総合科学技術研究所）

●日時 1月14日(木)

17時30分～18時30分

やり投げは、飛翔中のやりが大気の影響を大きく受けるために、力学的な面からの興味を多くそそられる競技である。競技会において良い成績を収めるには、やり投げで必要とする各所の筋力の向上とこれを有効に活かす総合技術の習得が必須であるが、同時に、その競技者にとってやりの特性を含めて、最も効率の高い投法を模索する事も大切であろう。

本研究は最終的には各競技者の能力に応じた最適な投法の提案が行える事を目指しているが、まだ端緒に付いたばかりである。

今後はやりの空気力学的な特性の解明、投げるまでの競技者の特性、やりの初期特性、飛翔中のやりの特性、風洞試験結果からの飛翔シミュレーションと実際のやりの飛翔特性の整合等を順次行っていく予定である。

本研究会では最近フィールド実験が行われた高速度画像記録の映写を中心とした実験の概要を報告する予定である。

スポーツ医科学研究所要覧

1. 研究機関名

和文名：東海大学スポーツ医科学研究所

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

2. 所在地

東海大学湘南校舎

3. 設置年月日

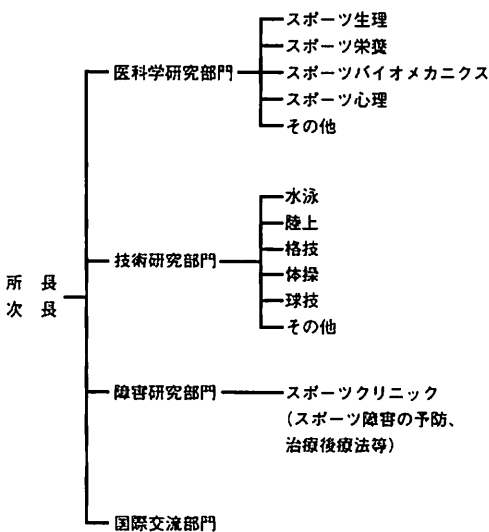
昭和62年10月1日

4. 設置目的

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

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

5. 研究所組織



東海大学スポーツ医科学研究所規程

1987年10月1日 制定

(1999年改訂予定)

第1章 総則

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

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

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

第3条 本研究所は前条に定められた目的を達成するためにつぎの事業を行う。

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

第4条 本研究所における調査研究の分野をつぎの通りに定める。

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

その指導、トレーニング方法、その他

(3)障害研究分野

スポーツ・運動障害の予防、治療、競技復帰の指導、理学および作業療法、その他

(4)その他の分野

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

第5条 本研究所につきの研究部門を置く。

(1)医科学研究部門

(2)技術研究部門

(3)障害研究部門

(4)国際交流部門

第6条 本研究所は、本学湘南校舎に置く。

第2章 組織

第1節 所長・次長

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

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

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

第2節 職員

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

第3節 研究所員

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

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

第4節 研究員

第12条 本研究所に研究員若干名を置き、付託された研究事項に従事する。

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

第5節 嘱託

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

第6節 研究生

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

第7節 委託研究および派遣員

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

2 委託調査、研究の受託に関しては、そのつ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 研究所員会議はつきの事項を審議する。

(1)事業計画に関すること。

(2)運営に関すること。

(3)予算及び決算に関すること。

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

第4章 経理

第20条 本研究所の経理は研究機関会計として処理する。

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

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

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

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

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

第5章 特許および著作権

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

第6章 付則

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

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

付則 この規程は、昭和62年10月1日よりこれを施行する。

「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規定

1998年4月1日

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

〒259-1292 神奈川県平塚市金目1117

「東海大学スポーツ医科学研究所」編集委員会

II. 欧文規定

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

って書く。ページ番号は下端余白中央に書く。

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

東海大学スポーツ医科学研究所

スポーツ医科学雑誌編集委員名簿 (1998. 4. 1)

- 1 委員長 岩垣 丞恒
- 2 委員 寺尾 保
- 3 委員 中村 豊
- 4 委員 有賀 誠司
- 5 委員 恩田 哲也

1998年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

1. 所長 岩垣 丞恒 体育学部(社会体育学科)
2. 次長 寺尾 保 スポーツ医科学研究所
3. 専任 中村 豊 スポーツ医科学研究所
4. 専任 有賀 誠司 スポーツ医科学研究所
5. 専任 恩田 哲也 スポーツ医科学研究所
6. 所員 岡 哲雄 医学部(薬理学教室)
7. 所員 吉川 政夫 体育学部(社会体育学科)
8. 所員 齋藤 勝 体育学部(体育学科)
9. 所員 佐藤 宣践 体育学部(武道学科)
10. 所員 田中 誠一 体育学部(体育学科)

11. 所員 戸松 泰介 医学部 (整形外科学)
12. 所員 林 義正 工学部 (動力機械工学科)
13. 所員 福田 宏明 医学部 (整形外科学)
14. 所員 古谷 嘉邦 体育学部 (体育学科)
15. 所員 本間 隆夫 工学部 (工業化学科)
16. 所員 山下 泰裕 体育学部 (武道学科)
17. 所員 山本 芳孝 総合科学技術研究所
18. 研究員 石田 暉 医学部 (リハビリテーション学)
19. 研究員 内山 秀一 体育学部 (体育学科)
20. 研究員 志水 哲雄 教養学部 (芸術学科)
21. 研究員 新居 利広 体育学部 (体育学科)
22. 研究員 田辺 晃久 医学部 (内科学教室)

23. 研究員 二宮 洋 教養学部 (芸術学科)
24. 研究員 馬場 礼三 体育学部 (社会体育学科)
25. 研究員 三田 信孝 体育学部 (社会体育学科)
26. 研究員 八木原 晋 理学部 (物理学科)
27. 研究員 山村 雅一 医学部 (分子生命学2)
28. 研究員 山本 賢司 医学部 (精神科学教室)

1998年度スポーツ医科学研究所
プロジェクト研究課題

東京箱根往復大学対抗駅伝競走に関する総合的研究

編集後記

東海大学スポーツ医科学雑誌第11号をお送り致します。本号の編集には多少変更の部分があります。Running head、英文Abstract末に雑誌名、号、頁数を入れることになりました。本号では総説、原著論文、短報、プロジェクト研究中間報告、スポーツ医科学研究所研究会報告、ウィッシュマン教授来訪記が掲載されています。スポーツ医科学研究会につきましては全体にまとまった段階で別冊の印刷物としてまとめます。また本年度はシンポジウム『エンジンを鍛える』を開催しました。このシンポジウムも1冊の印刷物とします。これらも合わせてご利用いただければ幸いです。

1999年1月

編集委員長 岩垣丞恒

「東海大学スポーツ医科学雑誌」

編集委員

委員長 岩垣 丞恒

委員 寺尾 保

◇ 中村 豊

◇ 有賀 誠司

◇ 恩田 哲也

東海大学スポーツ医科学雑誌 第11号 1999

発行日———1999年 3月20日

編集———東海大学スポーツ医科学雑誌編集委員会

発行者———東海大学スポーツ医科学研究所 岩垣丞恒
〒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———株式会社平河工業社

製本———株式会社石津製本所

組版・装丁——株式会社武井制作室