

東海大学

第17号 **スポーツ医科学雑誌** 2005

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



イラスト 東 恵子

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

それは生ける人々にとつてまきれぬまき生の現実である
この現実の上人々は喜び且つ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ
生命の現実を人生を肯定しよう
不屈の精神を逞しき体軀をつくらう
精神と肉体との調和を生命を開拓しよう
かくして希望と勝利の人生の街道を善達しよう
されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ
見よ人体構造の神秘を
見よこの作品の微妙さを
見よ造られたるもの限りなく人の力に越ゆるを
見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ
見よこの偉大なる造物主の力を
見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ
見よこの偉大なる造物主の力を
見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ
見よこの偉大なる造物主の力を
見よこの偉大なる造物主の力を

昭和四十八年四月 初春 松前重義

人は何処より来り何処に行かんとするか
それはありし日の少年に身生えたほのかな疑問であった
しかし揺籃より墓場まで
それは生ける人々にとつてまきれぬまき生の現実である
この現実の上人々は喜び且つ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ
生命の現実を人生を肯定しよう
不屈の精神を逞しき体軀をつくらう
精神と肉体との調和を生命を開拓しよう
かくして希望と勝利の人生の街道を善達しよう
されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ
見よ人体構造の神秘を
見よこの作品の微妙さを
見よ造られたるもの限りなく人の力に越ゆるを
見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ
見よこの偉大なる造物主の力を
見よこの偉大なる造物主の力を
身体製膚これを父母にうく敢て毀傷せざるは孝の始のなり
人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ
されどその前に創造の神秘がある
大自然を支配する思想がある
われら當然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年四月 初春

松前重義

【研究論文】

柔道選手の下肢運動能力改善のためのトレーニングに関する研究

—片脚4方向ジャンプについて—

有賀誠司・中西英敏・山下泰裕・恩田哲也・生方 謙 7

中高年者に対する低圧低酸素環境下の歩行運動が末梢循環に及ぼす影響

寺尾 保・伊藤栄治・小澤秀樹・桑平一郎
三田信孝・山並義孝・堀江 繁 16

丹田呼吸法が高強度の走運動後の血中乳酸濃度に与える影響

三澤さおり・家村 翔・片倉洋平
木村剛人・妹尾一徹・山村雅一 23

スポーツオノマトペの実態について

藤野良孝・井上康生・吉川政夫・堀江 繁
仁科エミ・山田恒夫・匂坂芳典 28

Toughening behavior of cortical bone under a high rate of loading

H. KIKUGAWA, T. ASAKA, H. KASUYA and Y. NAKAMURA 39

【症例報告】

不安とうつに対する運動療法の有効性

—スポーツ精神医学の応用—

保坂 隆 44

足趾力に関する研究

加門正行・東福寺規義・中村 豊 48

人工炭酸泉水の血流増加効果

中村 豊・堀江 繁・西村典子・野口康雄 55

大学野球投手の上肢知覚障害に対する人工炭酸泉水の効果

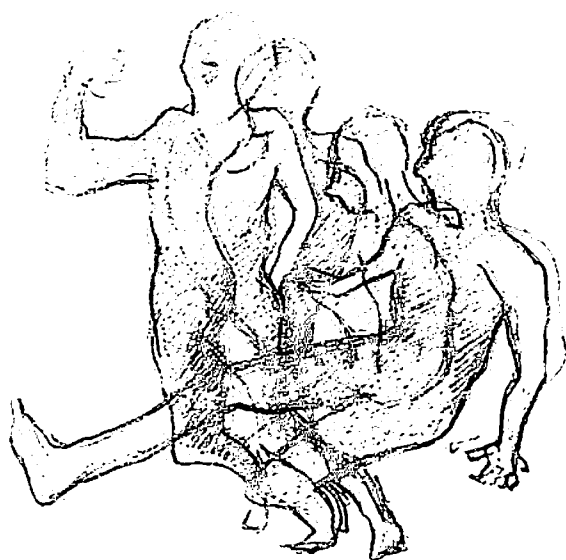
西村典子・中村 豊・宮崎誠司・堀江 繁・伊藤栄治 63

幼児期の運動機能向上のための「運動遊びプログラム」の提案


山田 洋・長堂益丈・鎌田雄二・陸川 章
塩崎知美・木塚朝博・加藤達郎 72

スポーツ医科学研究所所報	78
--------------	----

編集後記	83
------	----



表紙 (画) 東 恵子



柔道選手の下肢運動能力改善のための トレーニングに関する研究 —片脚4方向ジャンプについて—

有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 中西英敏 (体育学部武道学科) 山下泰裕 (体育学部武道学科)
恩田哲也 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科) 生方 謙 (体育学部非常勤講師)

A study on the training method
for improving judo players' athletic ability with regard to their lower body
— the single-leg 4-direction hopping method —

Seiji ARUGA, Hidetoshi NAKANISHI, Yasuhiro YAMASHITA, Tetsuya ONDA and Ken UBUKATA



Abstract

The purpose of this study is to develop an effective training method for improving judo players' athletic ability with regard to their lower body using the single-leg hopping method and to obtain some basic data on the testing method for determining its effectiveness. The subjects are 93 male collegiate judo players, concerning whom the number of repetitions of single-leg 4-direction hops (hops in four directions: front, back, right and left) was measured. Also examined was the relationship between its results and their body shape, weight class, technical characteristics of their judo, and their other physical strength measurement results. The findings are as follows: 1) There was a significant negative correlation between the measurements of their single-leg 4-direction hops and their weight. 2) There was a significant positive correlation between the measurements of their single-leg 4-direction hops and their IRM weight ratio for squats, indicating a positive relationship between the single-leg 4-direction hops and the leg-muscular power per weight. 3) There was no significant difference in measurements between right hops and left hops. 4) There was no special relation between the measurements and their (so-called) pivoting foot and their specialties in judo skills. 5) Generally speaking, the measurements of the single-leg 4-direction hops showed a tendency that higher-ranked players display higher measurement values.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 7-15, 2005)

I. 緒 言

柔道競技において、立ち技を掛ける時や相手に技を掛けられた時などに、片脚でバランスをとり

ながら自己や相手の体重を支持する局面が多くみられる。柔道には、このような特有の動作特性があることから、近年、柔道選手の体力強化の手段として、片脚立ち姿勢によるさまざまなエクササイズが考案され、広く実践されるようになった¹⁾。

一方、日本の柔道男子重量級選手は、中・軽量級の選手や他の競技種目の選手と比べて体脂肪率が高く²⁻⁴⁾、体重あたりの脚筋力が低い傾向にあることが報告されている⁵⁻⁷⁾。これらのことは、柔道選手に多くみられる膝や足首の傷害⁸⁾の危険因子になっており、傷害予防のためには、脚筋力の向上や、下肢の体重支持機能の改善が必要であるといわれている⁹⁾。

柔道選手を対象とした下肢運動能力に関する報告としては、膝の単関節運動や筋力トレーニングの一般的動作における筋力を測定したものが多く、等尺性脚伸展力を測定したもの¹⁰⁾、等速性筋出力測定装置を用いて膝関節の屈曲伸展動作の筋出力を測定したもの¹¹⁻¹³⁾、両脚によるスクワット動作のバーベル挙上重量を測定したもの¹⁴⁻¹⁵⁾などがみられる。これに対して、片脚支持姿勢における下肢運動能力に関する報告は、片脚スクワットの最大挙上重量を測定したもの¹⁶⁾や、片脚立ち姿勢における平衡能力に関するもの¹⁷⁾がみられるものの、十分な検討がなされていないのが実状である。

これらの背景から、本研究では、柔道選手の片脚支持姿勢における下肢運動能力改善のためのトレーニング法や、その効果を把握するためのテスト法に関する基礎資料を得ること目的に、大学柔道選手を対象として、片脚で前後左右の4方向にジャンプを行う「片脚4方向ジャンプ」の測定を行い、形態や階級、柔道の技術特性、他の体力測

定項目の結果などとの関連について検討を行った。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

本研究の被験者は、T大学柔道部に所属する男子選手93名であった。対象となった選手の所属階級の内訳は、60 kg級 10名、66 kg級 11名、73 kg級 14名、81 kg級 14名、90 kg級 18名、100 kg級 11名、100 kg 超級 15名であり、階級ごとの身体的特徴は表1の通りである。対象には測定の内容および危険性について説明し、測定参加の同意を得た。

2. 片脚4方向ジャンプの測定

平らな床面上に、外側が40 cm四方の正方形を十字型になるようにして、19 mm幅のラインテープにて図1のようにマーキングを施した。次に、被験者は、右足で図中の中央①のエリアに片足立ちになり、支持足のみでできるだけすばやくジャンプしながら、①(中央)→②(前)→①→③(右)→①→④(左)→①→⑤(後)→①の順番で移動し続け、20秒間に各エリアに着地した回数を記録した。各エリアのラインから足が完全に外に出た場合には、回数をカウントしないものとした。また、ジャンプの方向を間違えた場合や、2回連続して各エリアのラインから完全に外に出た

表1 被験者の身体的特徴

Table 1 Physical characteristics of the subjects

階級	人数(名)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)
-60 kg	10	166.3±4.1	63.0±2.5	9.0±0.8
-66 kg	11	167.3±4.1	68.5±2.3	10.6±1.1
-73 kg	14	171.7±4.3	75.0±2.4	12.4±1.9
-81 kg	14	173.2±3.7	80.6±2.1	12.8±1.1
-90 kg	18	177.7±4.2	88.7±3.9	15.2±1.5
-100 kg	11	178.4±5.9	98.0±3.8	17.8±2.3
+100 kg	15	181.7±5.4	122.2±13.5	22.7±2.8
全体	93	174.4±6.8	86.7±19.8	14.4±4.5

場合、反対側の足が床に着いてしまった場合には、2分以上の休息後に再度測定を行った。

右足による測定が終了したら、2分以上の休息後、左足にて同様の測定を行った。測定は、右・左ともに2回ずつ行い、それぞれについて多い方の回数を測定値として採用した。

3. その他の測定項目

1) スクワットの1RM

バーベルの中央部を肩に載せて直立した開始姿勢から、大腿部上端が床面と平行になるところまでしゃがみ、直立姿勢までバーベルを挙上するものとし、これらの一連の動作が完全に遂行することが可能なバーベルの最大挙上重量(1RM)を測定値とした。しゃがむ深さが規定に達しなかった場合、バーベルを挙上できなかった場合、動作中に腰背部の姿勢が保持できなかった場合、バーベルのバランスが崩れた場合には、その試技を失敗とみなした。測定前には、フォームの説明を行うと共に、日常のトレーニングにて用いている重量及び反復回数を考慮して、バーベルの重量を漸増させながら3セットのウォームアップを行わせた。

2) 反復横跳び

文部科学省新体力テストの実施要項に従い、100 cm 間隔の3本のラインを用いて、20秒間の反復横跳び動作を行い、ラインを通過した回数を測定した。測定は2回実施し、多い方の回数を測

定値として採用した。

4. 統計処理

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

III. 結 果

1. 片脚4方向ジャンプの測定値

表2及び図2に片脚4方向ジャンプの所属階級の平均値を示した。各階級の左脚による片脚4方向ジャンプの平均値及び標準偏差は、60 kg 級 68.8 ± 5.8 、66 kg 級 64.3 ± 4.4 、73 kg 級 66.3 ± 8.3 、81 kg 級 62.1 ± 6.6 、90 kg 級 61.2 ± 6.4 、100 kg 級 60.9 ± 9.9 、100 kg 超級 60.7 ± 6.6 であり、各階級間の平均値については、左右脚ともに、一部を除き統計的な有意差は認められなかった。

2. 片脚4方向ジャンプの測定値と体重及び体脂肪率との関係

図3に、左脚による片脚4方向ジャンプの測定値と体重及び体脂肪率との関係を示した。片脚4方向ジャンプと体重との相関係数は、左が $r = -0.31$ 、右が $r = -0.29$ であり、左右ともに有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。一方、

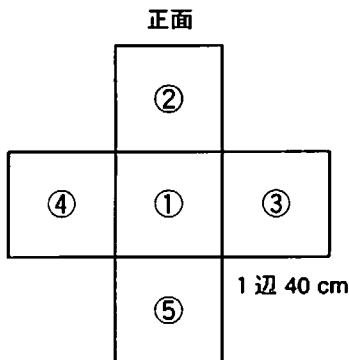


図1 片脚4方向ジャンプの床面マーキング
Fig. 1 Marking for Single leg 4-direction hops

表2 片脚4方向ジャンプの階級別平均値
Table 2 Result of Single leg 4-direction hops

階級	左	右
60 kg 級	68.8 ± 5.8	66.3 ± 7.9
66 kg 級	64.3 ± 4.4	64.9 ± 4.4
73 kg 級	66.3 ± 8.3	63.6 ± 9.8
81 kg 級	62.1 ± 6.6	66.0 ± 7.5
90 kg 級	61.2 ± 6.4	61.9 ± 8.3
100 kg 級	60.9 ± 9.9	64.1 ± 7.7
100 kg 超級	60.7 ± 6.6	60.1 ± 7.8
全体	62.9 ± 7.3	63.5 ± 7.8

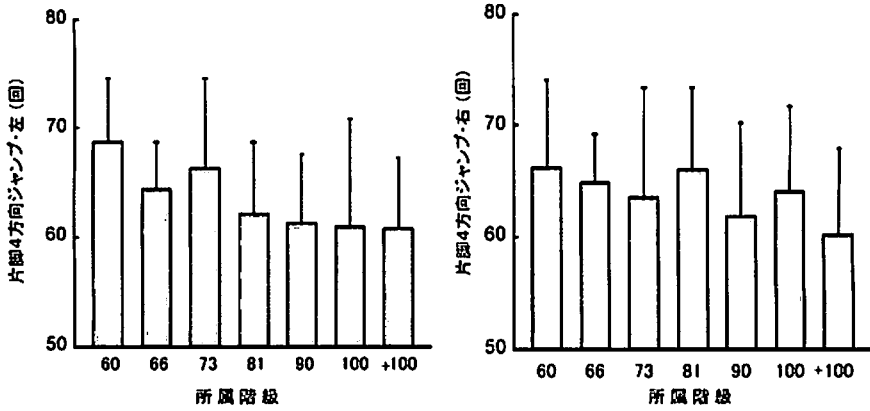


図2 片脚4方向ジャンプの階級別平均値 (左図: 左脚、右図: 右脚)
Fig. 2 Single leg 4-direction hops in each weight category (Left: Left leg, Right: Right leg)

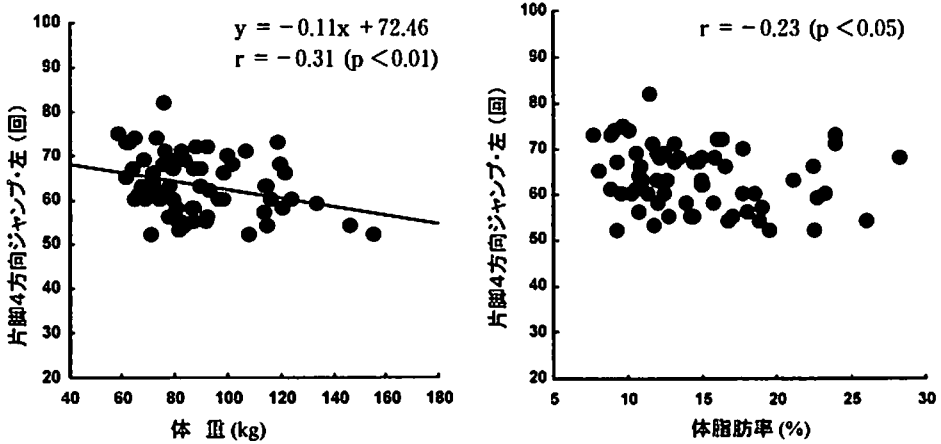


図3 片脚4方向ジャンプの測定値と体重及び体脂肪率との関係
Fig. 3 Relationship between Single leg 4-direction hops and body weight (Left), and between Single leg 4-direction hops and %body fat (Right)

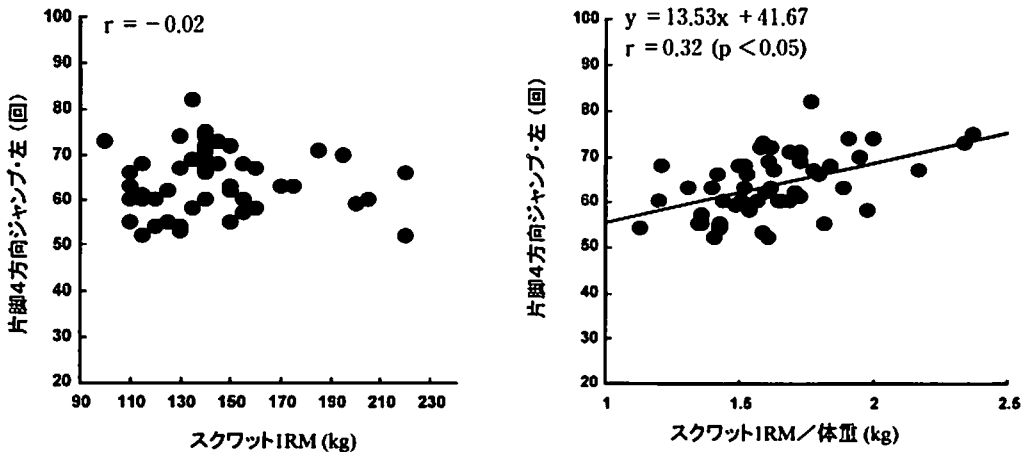


図4 片脚4方向ジャンプの測定値とスクワット1RM及び1RM/体重比との関係
Fig. 4 Relationship between Single leg 4-direction hops and squat 1RM (Left: 1RM, Right: 1RM/body weight)

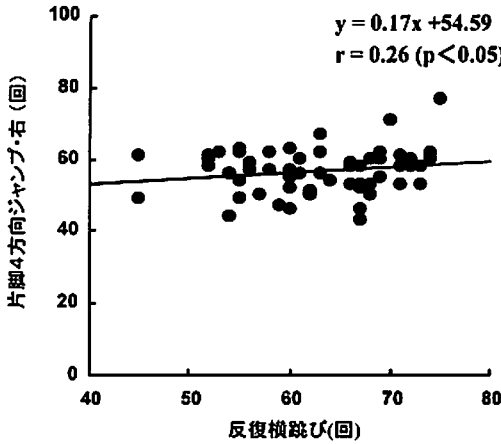


図5 片脚4方向ジャンプの測定値と反復横跳びの関係
Fig. 5 Relationship between Single leg 4-direction hops and side-step

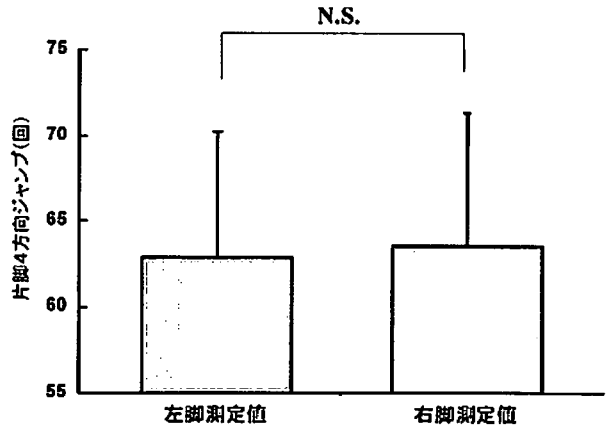


図6 片脚4方向ジャンプの左右の平均値
Fig. 6 Difference of repetition between right and left in Single leg 4-direction hops

片脚4方向ジャンプの測定値と体脂肪率との相関係数は、左が $r = -0.23$ 、右が $r = -0.21$ であり、左右ともに有意な相関関係は認められなかった。

3. 片脚4方向ジャンプの測定値と両脚スクワットの1RMとの関係

図4に、左脚による片脚4方向ジャンプの測定値と両脚スクワットの1RM及び1RM体重比との関係を示した。片脚4方向ジャンプの測定値と両脚スクワットの1RMとの相関係数は、左が $r = 0.02$ 、右が $r = 0.03$ であり、有意な相関は認められなかった。一方、片脚4方向ジャンプの測定値と両脚スクワットの1RM体重比との相関係数は、左が $r = 0.32$ 、右が $r = 0.23$ であり、左脚の測定値について有意な正の相関関係が認められた($p < 0.05$)。

4. 片脚4方向ジャンプと反復横跳びの測定値の関係

図5に、左脚による片脚4方向ジャンプの測定値と反復横跳びの測定値との関係を示した。片脚4方向ジャンプの測定値と反復横跳びの測定値との相関係数は、左が $r = 0.21$ 、右が $r = 0.26$ であり、右脚による片脚4方向ジャンプの測定値と反復横

跳びの測定値との間に有意な相関関係が認められた($p < 0.05$)。

5. 片脚4方向ジャンプの測定値の左右差

図6に、全被験者を対象とした片脚4方向ジャンプの測定値の左右の平均値を示した。片脚4方向ジャンプの測定値の平均値及び標準偏差は、左が 62.9 ± 7.3 、右が 63.5 ± 7.9 であり、左右の測定値の平均値間には有意な差は認められなかった。

6. 片脚4方向ジャンプの測定値と柔道の軸足の関係

図7に、柔道の軸足と片脚4方向ジャンプの測定値との関係を示した。得意技において左脚を軸足とする群の片脚4方向ジャンプ測定値の平均値及び標準偏差は、左脚 61.6 ± 7.8 、右脚 63.1 ± 7.3 であり、両者の間に統計的な有意差は認められなかった。また、右脚を軸足とする群についても、左脚 63.7 ± 7.1 、右脚 63.4 ± 8.1 であり、軸足の左右間には統計的な有意差は認められなかった。

7. 片脚4方向ジャンプの測定値と柔道の得意技との関係

図8に、片脚4方向ジャンプの測定値と柔道の

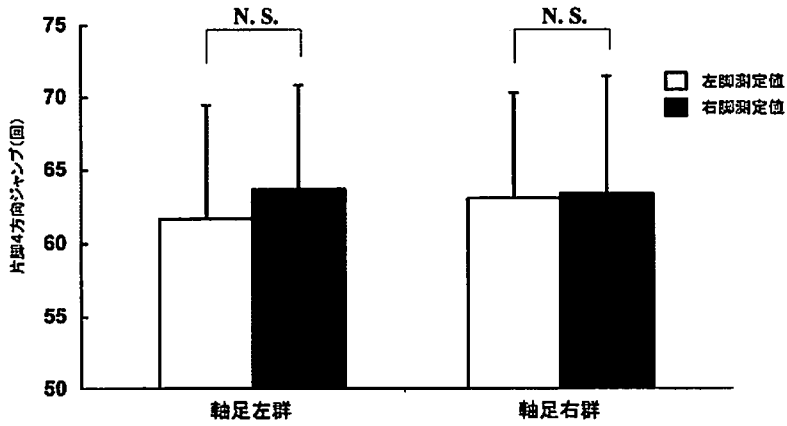


図7 片脚4方向ジャンプと柔道の軸足との関係
Fig. 7 Relationship between Single leg 4-direction hops and Judo JIKUASHI

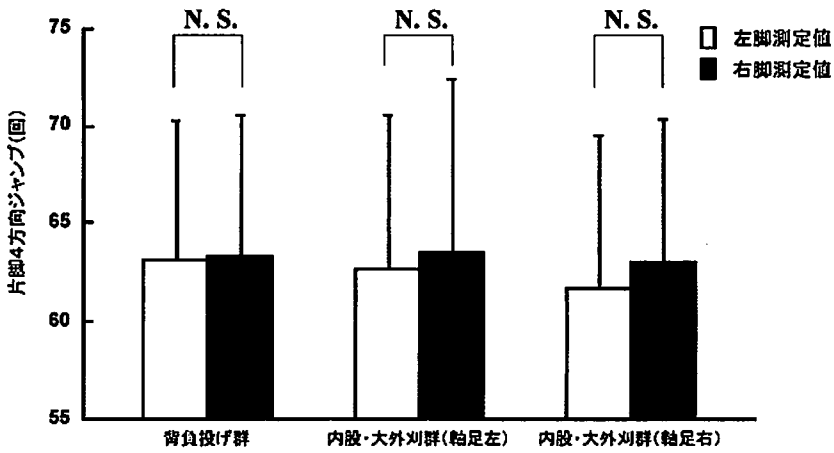


図8 片脚4方向ジャンプと柔道の得意技との関係
Fig. 8 Relationship between Single leg 4-direction hops and Judo technique

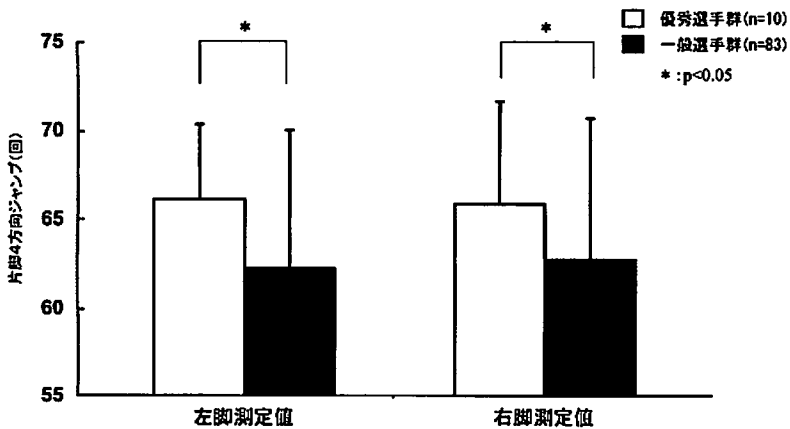


図9 片脚4方向ジャンプと柔道の競技成績との関係
Fig. 9 Relationship between Single leg 4-direction hops and level of competition

得意技との関係を示した。背負投げを得意とする群の片脚4方向ジャンプ測定値の平均値及び標準偏差は、左が 63.2 ± 7.1 、右が 63.3 ± 7.2 であり、左右間に有意な差は認められなかった。また、内股及び大外刈を得意とし、左脚を軸足とする群については、左が 62.7 ± 7.8 、右が 63.5 ± 8.9 、内股及び大外刈を得意とし、右脚を軸足とする群については、左が 61.7 ± 7.8 、右が 63.1 ± 7.3 であり、各測定値と柔道の得意技との間には有意な差は認められなかった。

8. 片脚4方向ジャンプの測定値と柔道の競技成績との関係

図9は、大学柔道選手を対象とした主要な全国大会にて3位以内に入賞した実績を持つ被験者（優秀選手群：n=10）と、それ以外の被験者（一般選手群：n=83）における、片脚4方向ジャンプ測定値を比較したものである。左脚の測定値の平均値及び標準偏差については、優秀選手群が 66.1 ± 4.3 、一般選手群が 62.3 ± 7.7 であり、優秀選手群の方が有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。また、右脚についても、優秀選手群が 65.9 ± 5.8 、一般選手群が 62.8 ± 8.0 であり、優秀選手群の方が有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。

IV. 考 察

1. 形態及び脚筋力との関連

本研究では、片脚4方向ジャンプの測定値と体重との間には有意な負の相関が認められたが、体脂肪率との間には有意な相関は認められなかった。また、片脚4方向ジャンプの測定値と両足によるスクワットの1RM体重比との間には、有意な正の相関が認められた。体重が重い選手ほど測定値が低い傾向がみられた主要因としては、片脚支持姿勢による4方向への移動動作において、体重が負荷として直接的に作用したものと推測された。

一方、本研究では、体脂肪率が高い選手の片脚4方向ジャンプの測定値は、必ずしも低い傾向に

あるわけではなかった。スクワットの1RM体重比が高い選手において、片脚4方向ジャンプの測定値が高い傾向にあったことを併せて考えると、体脂肪率が高い選手でも、体重あたりの脚筋力が大きい場合には、片脚4方向ジャンプにて高い測定値を記録できることが示唆された。有賀ら¹⁸⁾は、全日本柔道連盟男子強化選手を対象として同様の測定を行った結果では、片脚4方向ジャンプの測定値と体重及び体脂肪率との間に有意な負の相関が認められたことを報告し、体脂肪率との関連において本研究とは異なる結果を示している。この理由としては、今回の被験者の全てが日頃より定期的かつ継続的な筋力トレーニングを実施しており、高いレベルの体重あたりの脚筋力を有していたことが考えられた。

2. 反復横跳び測定値との関連

片脚4方向ジャンプと反復横跳びの測定値との間には有意な正の相関が認められ、有賀ら¹⁹⁾が試行した報告と同様の結果が得られた。反復横跳びにおいては、方向転換の際に片脚支持姿勢になる局面があることから、片脚4方向ジャンプでは、反復横跳びと類似した下肢の支持能力が要求されるのではないかと推測された。一方、有賀ら¹⁴⁾は、柔道選手を対象とした長期にわたる事例的研究の中で、選手のサイドステップ（3.6 m幅を5往復する所要時間）の記録は、スクワットの1RM体重比の向上に伴って高くなったことを報告している。本研究の測定値においても、片脚4方向ジャンプ及び反復横跳びの測定値には、体重あたりの脚筋力の大きさが関与したのではないかと思われた。

3. 柔道の技術及び競技成績との関連

本研究では、片脚4方向ジャンプの測定値には、有意な左右差や、柔道の軸足及び得意技との間に特別な関係は認められなかった。一方、片脚4方向ジャンプの測定値は、競技成績の高い選手ほど大きい傾向がみられ、競技パフォーマンスとの関連とともに、柔道選手のためのフィールドテスト

としての有用性が示唆された。今回の測定においては、柔道選手の技術的特徴との関連を見いだすことができなかったが、今後、片脚4方向ジャンプをトレーニング手段として一定期間実施した場合の測定値の変化や、傷害との関連などについて検討を加え、柔道の技術及び戦術との関わりについて考察することが必要であると思われる。

V. 要 約

本研究では、柔道選手の片脚支持姿勢における下肢運動能力改善のためのトレーニング法や、その効果を把握するためのテスト法に関する基礎資料を得ることを目的として、大学男子柔道選手を対象に、片脚で前後左右の4方向にジャンプする「片脚4方向ジャンプ」の20秒間の反復回数測定を行うとともに、形態や階級、柔道の技術特性、他の体力測定結果などとの関連について検討を行い、次のような知見を得た。

- 1) 片脚4方向ジャンプの測定値と体重との間には有意な負の相関が認められた。
- 2) 片脚4方向ジャンプの測定値とスクワット1RM体重比との間には有意な正の相関が認められ、体重あたりの脚筋力との関連が示唆された。
- 3) 片脚4方向ジャンプの左右の測定値間には有意な差は認められなかった。
- 4) 片脚4方向ジャンプの測定値と柔道の軸足及び得意技との間には特別な関係は認められなかった。
- 5) 片脚4方向ジャンプの測定値は、競技成績の優れた選手ほど高い値を示す傾向が認められ、柔道選手を対象としたフィールドテストとしての有用性が示唆された。


謝辞

本稿を終えるにあたり、ご協力いただいた東海大学スポーツ教育センターの小田千尋氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 有賀誠司：柔道選手の専門的筋力トレーニング、月刊トレーニング・ジャーナル、23(6)、69-75、2001。
- 2) 福永哲夫：筋出力からみたスポーツ選手の体力的特性、Jpn. J. Sports. Sci、6(11)、684-691、1987。
- 3) 金久博昭：体重制競技選手の体組成、Jpn. J. Sports. Sci、6(11)、684-691、1987。
- 4) 高橋邦郎：柔道強化選手の身体特性について—日本選手と韓国選手の比較—、1986年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集、15-21、1986。
- 5) 有賀誠司、金山浩康、齊藤 仁、松井 勲、山下泰裕、村松成司、木村昌彦：全日本男子柔道選手の脚筋力の発揮特性、柔道科学研究、2、15-20、1994。
- 6) 金久博昭、福永哲夫、池川繁樹、角田直也：スポーツ選手の単位筋断面積当たりの脚伸展力、Jpn. J. Sports. Sci、5(6)、409-412、1986。
- 7) 山本利春：障害予防の観点からみた柔道選手の脚筋力と身体組成の評価、日本臨床スポーツ医学雑誌、2(4)、107、1994。
- 8) 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学雑誌、第9号、9-12、1997。
- 9) 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。
- 10) 金久博昭：武道系選手の体力特性、Jpn. J. Sports Sci、4、690-696、1990。
- 11) 木村昌彦、山本洋祐、佐藤宣踐、中西英敏、柏崎克彦、野瀬清喜、山崎俊輔：等速性筋出力からみた大学生柔道選手の筋力特性、柔道科学研究、1、25-29、1993。
- 12) 北田晃三、古谷嘉邦、佐藤宣踐、小河原慶太、有賀誠司：男子柔道選手の等速性筋力に関する研究、東海大学スポーツ医学雑誌、第8号、41-46、1995。
- 13) 今泉哲雄、野瀬清喜、有賀誠司、柳沢 久、森脇保彦、稲田 明：一流柔道選手における脚筋力の特性、柔道科学研究、3、35-39、1995。
- 14) 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.
- 15) 有賀誠司, 恩田哲也, 麻生 敬, 山下泰裕, 中西英敏, 白瀬英春, 生方 謙: 大学柔道選手におけるバーベル挙上能力の測定と評価表作成の試み, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第15号, 7-17, 2003.
- 16) 有賀誠司, 芝本幸司, 中西英敏, 山下泰裕, 白瀬英春, 恩田哲也, 麻生 敬, 生方 謙: 柔道選手における片脚スクワットについて, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第16号, 34-44, 2004.
- 17) 田中秀幸: 大学柔道選手の平衡能力について, 日本武道学会第30回記念大会研究発表抄録, 13, 1997.
- 18) 有賀誠司, 小山勝弘, 射手矢岬, 中村波雄, 小田千尋, 田村尚之: 柔道選手の体力測定に関する研究—全日本男子強化選手に実施した新測定項目について—, 柔道科学研究, 7, 12-23, 2001.
- 19) 有賀誠司, 宮崎誠司, 岡泉 茂, 恩田哲也: 柔道選手の下肢運動能力を把握するための専門的テストの検討, 柔道科学研究, 6, 13-18, 2000.



中高年者に対する低圧低酸素環境下の 歩行運動が末梢循環に及ぼす影響

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 伊藤栄治 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

小澤秀樹 (医学部内科学系総合内科学) 桑平一郎 (医学部内科学系呼吸器内科学)

三田信孝 (体育学部生涯スポーツ学科) 山並義孝 (体育学部生涯スポーツ学科)

堀江 繁 (スポーツ医科学研究所)

The effects of walking exercise in a hypobaric hypoxic environment
on peripheral blood circulation in middle-aged and elderly men

Tamotsu TERAO, Eiji ITO, Hideki OZAWA, Ichiro KUWAHIRA, Nobutaka MITA,
Yoshitaka YAMANAMI and Shigeru HORIE



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of walking exercise in a hypobaric hypoxic environment on peripheral blood circulation with accelerated plethysmogram (APG) in middle-aged and elderly men. According to APG findings, five waves (a-e) were discriminated in APG waveform. The region (a and e wave) above the baseline of APG was defined as positive area (+). The region (b, c, and d wave) below the baseline of APG was defined as negative area (-). Before (at rest) and after the training in a hypobaric hypoxic environment (HE) and a normobaric environment (NE), the following parameters were measured: APG Index, the ratios of b/a and d/a. APG Index was formulated as $(-b + c + d)/a \times 100$. In the experiment 1, sixteen male subjects volunteered for the present study. The subjects were asked to rest for 20 minutes in two environments: HE at a simulated altitude of 1500 m and NE at sea level. In the experiment 2, four male subjects were asked to exercise in HE (1500 m) for 60 min/day, 2-3 days/week for 4 weeks. The ratio of d/a at rest in HE was significantly higher than in NE ($p < 0.001$). APG Index at rest in HE was significantly higher than in NE ($p < 0.05$). APG was temporarily improved by acute HE. The ratio of b/a after the training for 4 weeks was significantly lower than that before the training ($p < 0.05$). The ratio of d/a and APG Index after the training for 4 weeks were significantly higher than that before the training ($p < 0.05$, $p < 0.05$). These results suggest that walking exercise in a hypobaric hypoxic environment may be a useful method for improvement of peripheral circulation and exercise treatment in middle and elderly men.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 16-22, 2005)

I. 緒 言

近年、生活習慣病、とくに虚血性心疾患および脳血管疾患などの循環器疾患に対する身体運動の有効性が多く報告されている。肥満は、循環器疾患、糖尿病、高脂血症、高血圧症など多くの生活習慣病の危険因子の一つとしてあげられている。したがって、肥満の予防・改善は、生活習慣病を予防する一つの手段であり、その予防・改善を目的として、身体運動が導入されている。循環器疾患に関する評価法としては、心電図および血圧の検査とともに血液循環動態の検査も重要な生理的意義を有するものと考えられる。血液循環動態の良否を判断するものとして、指尖容積脈波を二次微分した加速度脈波は、非観血的な末梢循環動態の一つの指標になること¹⁻⁴⁾が報告されている。さらに、身体運動と加速度脈波からみた末梢の血液循環動態とに密接な関係があること⁵⁻⁸⁾も報告されている。

高地トレーニングは、一部のエリートスポーツ選手の競技力向上のみならず、幅広い年齢層のヒトに対する肥満の予防・改善および健康増進に貢献する可能性のあることが考えられる。事実、私たちは、人工的高地環境システム（低圧室）を用い、低圧低酸素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と運動能力に関する研究⁹⁻¹⁰⁾を基に、肥満者およびウエイトコントロールを必要とするスポーツ選手を対象に、身体組成およびエネルギー代謝の面から歩行運動と減量・ウエイトコントロールに関する研究^{11, 12)}について検討を行っている。これらの結果、スポーツ選手および肥満者の減量に対する標高1500 mに相当する低圧環境下で週3回の歩行運動は、身体的にも安全で安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあることを認めている。また、中高年の肥満者を対象に、1回の低圧低酸素環境下（高地）と残り2回に常圧常酸素環境下（平地）の併用による歩行運動は、単に、常圧常酸素環境下の歩行運

動（週3回の頻度）に比較して、長期間にわたって継続することで安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、効果的な減量ができる可能性のあること^{13, 14)}も報告している。

前報¹⁵⁾では、中高年者の肥満者を対象に、加速度脈波からみた末梢循環の動態から、標高1500 mに相当する低圧低酸素環境下における歩行運動は、運動終了後にも、末梢循環が一時的に改善されることを報告している。

本研究では、その研究の一環として、これまでの成績を踏まえ、中高年者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時の末梢循環の動態、さらには、低圧低酸素環境下における定期的な歩行運動が末梢循環の動態にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

II. 実験方法

1. 実験1

まず、実験1では、中高年者を対象に、一過性の低圧低酸素暴露（安静時）が末梢循環の動態にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

1) 対象者

実験対象は、東海大学スポーツ講座 第1回「中高年者を対象とした高地環境下の運動・スポーツプログラムに関する講座」に参加した30名の中から男子16名（平均年齢 61.7 ± 4.3 歳、平均身長 165.4 ± 5.6 cm、平均体重 64.4 ± 6.1 kg）のデータを分析に用いた。

2) 環境条件

低圧低酸素環境（HE）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。被験者は、常圧常酸素環境（NE）下と低圧低酸素環境下に分け、それぞれに安静状態を保持させ、末梢循環の測定を行わせた。

本研究では、NE（気圧、760 mmHg）およびHE（標高1500 mに相当する気圧、634 mmHg）にそれぞれ調整して行った（室温を20℃、相対湿

度55%)。

3) 加速度脈波の測定

安静時(通常20分以上の安静をとらせた後に測定)の加速度脈波は、被験者を座位姿勢にて、測定部位の右手第2指の指尖部を心臓レベルに保持して測定を行った。加速度脈波は、波形を構成する波をa~eに分類し、基線から上の部分をプラス(+)、下の部分をマイナス(-)と定め、これよりb/a値、d/a値および加速度脈波の総合的指標としてAPG Index = $(-b+c+d)/a \times 100$ により求めた^{5,6)}。このIndexは、5拍の脈波の平均値をその代表値とした。

4) 測定方法

末梢血液循環機能の測定は、加速度脈波計 ダイナパルス(SDP-100、フクダ電子株式会社)を用いて測定した。

5) 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表し、統計学的解析にはHEとNE(安静時)の有意差の検定にpaired t-testを用いた。統計的有意水準は、すべての検定において5%未満とした。

2. 実験2

実験2では、中高年者を対象に、低圧低酸素環境下における歩行運動を中心とした4週間のトレーニングが末梢循環の動態にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

1) 対象者

実験対象は、中高年の男子4名(平均年齢52.8±6.6歳、平均身長169.3±7.0 cm、平均体重69.5±13.9 kg)を被験者とした。なお、被験者には、研究の目的、内容を十分に説明し、実験参加への同意を得た。

2) 環境条件

低圧低酸素環境(HE)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、HE(標高1500 mに相当する気圧、634 mmHg)にそれぞれ調整して行った(室温を20℃、相対湿度55%)。

3) 運動負荷テストおよびLTの判定

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分間の休息时间を入れた。

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) 持久的トレーニング

低圧低酸素環境下における持久的トレーニングは、4週間にわたり、週2~3回の頻度で、1日60分間の歩行運動とした。運動後、被験者は、低圧低酸素環境下で60分間の安静状態を保持した。トレーニングを行わない日は、日常生活の中で1日最低7000歩を実施するという条件で、被験者の腰部にライフコーダ(スズケン)を装着して1日の総歩行数(消費カロリー)を計測させた。

5) 加速度脈波の測定

トレーニング前後の加速度脈波の測定は、常圧環境下(気圧760 mmHg、室温20℃、相対湿度55%)で、前日の夕食後12時間以上の絶食状態で午前8時から9時に測定を行った。なお、トレーニング後の加速度脈波の測定は、歩行運動終了の2日後に行った。被験者は、座位姿勢にて、測定部位の右手第2指の指尖部を心臓レベルに保持して測定を行った。加速度脈波の測定は、実験1と同様な方法によって行った。

6) 測定方法

末梢血液循環機能の測定は、BCチェッカー(株式会社フューチャー・ウエイブ、日本)、血中乳酸濃度がグルコース・ラクテートアナライザー2300STAT(米国、YSI社)をそれぞれ用いて測定した。

7) 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表し、統計学的解析にはトレーニング前後における有意差の検定にpaired t-testを用いた。統計的有意水準は、すべての検定において5%未満とした。

Ⅲ. 実験結果

1. 実験1

1) 低圧低酸素環境下における安静時の加速度脈波波形比 (b/a, d/a) の変化

図1 および 2 に NE および HE の安静時における

る加速度脈波波形比 (b/a, d/a) の変化を示した。安静時の b/a 値は、HE が NE に比較して、有意な低下が認められなかったが、d/a 値は HE が NE に比較して、有意な増加を示した ($p < 0.001$)。

2) 低圧低酸素環境下における安静時の APG Index の変化

NE および HE の安静時における APG Index の

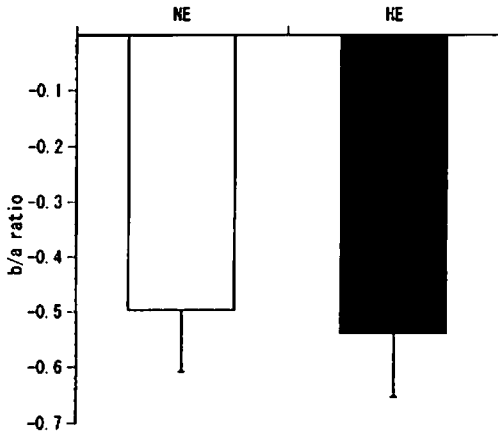


図1 低圧低酸素環境下における安静時の加速度脈波波形比 (b/a) の変化 ($*p < 0.05$)

Fig. 1 Changes in parameter (ratio of b/a) of APG at rest in NE and HE.

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment ($*p < 0.05$)

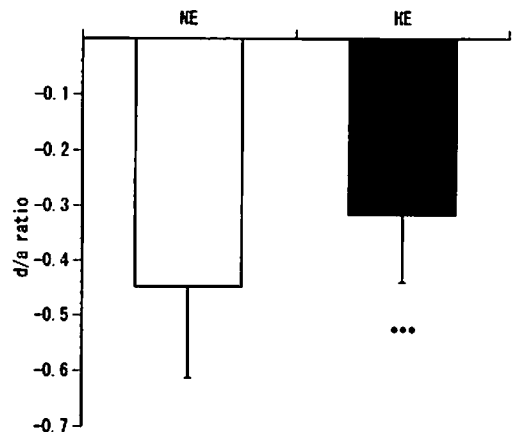


図2 低圧低酸素環境下における安静時の加速度脈波波形比 (d/a) の変化 ($***p < 0.001$)

Fig. 2 Changes in parameter (ratio of d/a) of APG at rest in NE and HE.

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment ($***p < 0.001$)

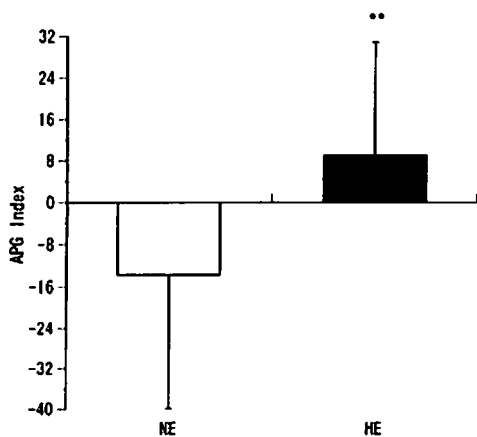


図3 低圧低酸素環境下における安静時の加速度脈波指数の変化 ($**p < 0.01$)

Fig. 3 Changes in APG Index at rest in NE and HE.

Values are expressed as means \pm SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment ($**p < 0.01$)

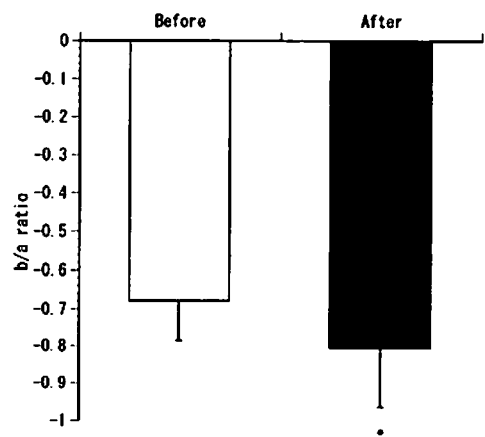


図4 4週間のトレーニング前後における加速度脈波波形比 (b/a) の変化 ($*p < 0.05$)

Fig. 4 Changes in parameter (ratio of b/a) of APG before and after the training for 4 weeks.

Values are expressed as means \pm SD. ($*p < 0.05$)

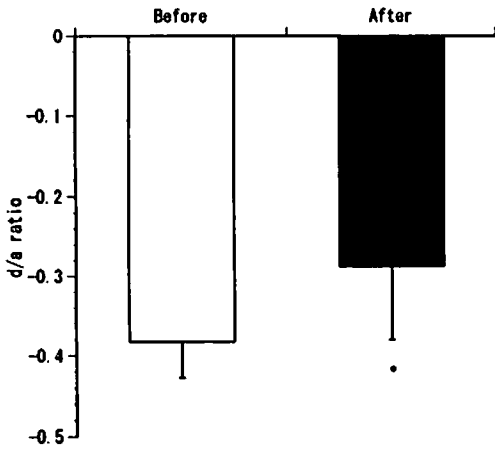


図5 4週間のトレーニング前後における加速度脈波波形比 (d/a) の変化 (* $p < 0.05$)
 Fig. 5 Changes in parameter (ratio of d/a) of APG before and after the training for 4 weeks.
 Values are expressed as means \pm SD. (* $p < 0.05$)

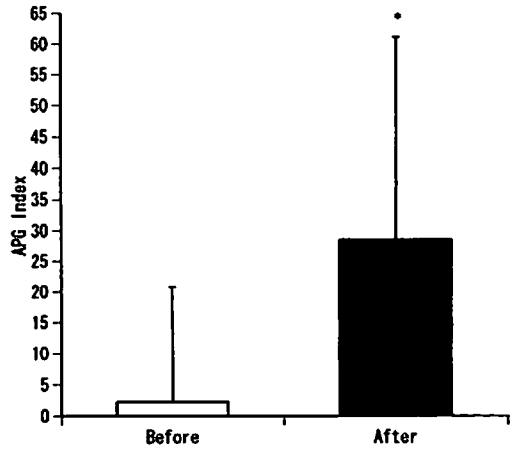


図6 4週間のトレーニング前後における加速度脈波指数の変化 (* $p < 0.05$)
 Fig. 6 Changes in APG Index before and after the training for 4 weeks.
 Values are expressed as means \pm SD. (* $p < 0.05$)

変化を図3に示した。安静時のAPG Indexは、HEがNEに比較して、有意な増加を示した ($p < 0.01$)。

2. 実験2

1) 4週間のトレーニング前後における加速度脈波波形比 (b/a, d/a) の変化

図4および5にトレーニング前後における加速度脈波波形比 (b/a, d/a) の変化を示した。トレーニング後のb/a値は、トレーニング前に比較して、有意な低下を示した ($p < 0.05$)。

トレーニング後のd/a値は、トレーニング前に比較して、有意な増加を示した ($p < 0.05$)。

2) 4週間のトレーニング前後におけるAPG Indexの変化

トレーニング前後におけるAPG Indexの変化を図6に示した。トレーニング後のAPG Index値は、トレーニング前に比較して、有意な増加を示した ($p < 0.05$)。

IV. 考 察

本研究では、非観血的に末梢循環動態を評価する検査法の一つとして指尖容積脈波を二次微分した加速度脈波があり、この検査法を用い、中高年者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時の末梢循環の動態 (実験1)、さらには、低圧低酸素環境下における定期的な歩行運動が末梢循環の動態 (実験2) にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

その結果、実験1における加速度脈波の波高比であるd/a値、さらには、総合的指標のAPG IndexはHEがNEに比較して、有意な上昇を示した。加速度脈波の波高比であるb/a値は、血管の伸展性 (血管の柔らかさ) を示すもので、d/a値は機能的血管壁の緊張や動脈硬化による器質的硬化を反映すると考えられている¹⁻³⁾。一般的に、加齢とともにb/a値は上昇 (b波が浅くなる) し、d/a値は低下 (d波が深くなる) すること⁴⁾が報告されている。加速度脈波の総合的評価であるAPG Indexは、加齢に伴い低下する。また、虚血性心疾患の患者を対象に末梢血管拡張剤であるニトログリセリン投与による降圧時には

b/a 値が減少し、d/a 値は上昇するのに対して、末梢血管収縮剤であるアンジオテンシン投与による昇圧時には b/a 値が増大し、d/a 値は減少すること¹⁾が認められている。したがって、血管拡張に伴う加速度脈波の変化として、とくに、顕著に現れるのは d/a の変化である。そこで、本研究の結果、標高1500 m 程度の高地環境では、平地よりも、この d/a 値の上昇とともに APG Index の上昇も認められ、末梢循環の評価も一時的に高い機能を維持できることが示唆された。

実験2では、中高年者を対象に、低圧低酸素環境下における歩行運動を中心とした4週間のトレーニングが末梢循環の動態にどのような影響を及ぼすかについて検討した。その結果、トレーニング後における加速度脈波の波高比は、トレーニング前に比較して、b/a 値が有意な低下を示し、d/a 値および APG Index が有意な上昇を示した。従来、平地で長期間（3カ月、週3回程度）、持久的トレーニングを継続することによって安静時における加速度脈波の波形も改善され、b/a 値が小さくなり、d/a 値および APG Index が大きくなり、波形タイプも若年者のタイプへの移行がみられること⁷⁾が報告されている。これらの結果から、安静時およびトレーニング後の生理応答が標高の違いによっても効果の出現時期が異なっていたことが推察される。したがって、平地および本研究の結果を基に考えると、標高1500 m に相当する低圧低酸素環境下で歩行運動を継続的に実施した場合、従来のエネルギー代謝の成績¹⁰⁾と同様に、平地での運動よりも低圧低酸素環境である高地での歩行運動の方が末梢循環動態の面でも比較的早期にこれらの効果をもたらすことが考えられる。本研究における加速度脈波の変化は、低圧低酸素環境下における持久的トレーニングが中高年者の末梢循環動態に機能的な改善をもたらしたことを示唆している。すなわち、標高1500 m に相当する低圧低酸素環境下で歩行運動を継続的に実施すると、低圧低酸素刺激と運動刺激の相乗作用が末梢血管の伸展性の増加、血管の拡張などから、末梢循環を改善することが示唆される。

これらの効果は、現在までに報告してきている一連の研究^{11, 12, 16)}で、週3回程度の標高1500 m に相当する低圧環境下の歩行運動が身体的に安全で、比較的短時間で乳酸処理能力を向上させ、基礎代謝（安静時代謝）および脂質代謝の改善が行われるとともに、末梢循環動態の改善にも大きく関与することが示唆される。

以上、本研究の成績から、中高年者に対する標高1500 m に相当する低圧低酸素環境下における定期的な歩行運動は、安静時の末梢循環を比較的早期に改善することが示唆された。

V. まとめ

本研究は、中高年者を対象に、低圧低酸素環境下における安静時の末梢循環の動態（実験1）、さらには、低圧低酸素環境下における定期的な歩行運動が末梢循環の動態（実験2）にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

その成績を示すと次のごとくである。

- 1) 実験1における安静時の b/a 値は、両環境間に有意な差がみられなかったが、d/a 値は、HE が NE に比較して、有意な増加を示した ($p < 0.001$)。
- 2) 実験1における安静時の APG Index 値は、HE が NE に比較して、有意な増加を示した ($p < 0.01$)。
- 3) 実験2におけるトレーニング後の b/a 値は、トレーニング前に比較して、有意な低下を示した ($p < 0.05$)。トレーニング後の d/a 値は、トレーニング前に比較して、有意な増加を示した ($p < 0.05$)。
- 4) 実験2におけるトレーニング後の APG Index 値は、トレーニング前に比較して、有意な増加を示した ($p < 0.05$)。

以上、本研究の成績から、中高年者に対する標高1500 m に相当する低圧環境下における定期的な歩行運動は、安静時の末梢循環を比較的早期に改善することが示唆された。

参考文献

- 1) 高沢謙二, 伊吹山千春: 加速度脈波, 現代医療, 20: 948-955, 1988.
- 2) 高沢謙二, 伊吹山千春: 加速度脈波の有効性, 臨床検査, 33: 858-862, 1989.
- 3) 鈴木明裕, 山川和樹, 藤沼秀光, 須藤秀明, 小川研一: 弾性動脈の伸展度 (Distensibility) と, 加速度脈波との関係についての検討, 日本臨床生理学雑誌, 20: 113-123, 1990.
- 4) 高沢謙二: 加速度脈波について, フクダ福田電子株式会社, 1998.
- 5) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用, 労働科学, 61(3): 129-143, 1985.
- 6) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博: 加速度脈波による血液循環の評価とその応用 (第2報) —波形の定量化の試み—, 体力研究, 68: 17-25, 1988.
- 7) 佐野裕司, 片岡幸雄, 小山内博: 身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響 (その2) —長期トレーニングの影響—, 千葉体育学研究, 16: 47-53, 1993.
- 8) 西村千尋, 今村裕行, 森脇千夏, 二神友美, 城田知子, 今村英夫, 嶋田良子, 内田和宏: 運動療法が中高年女性の加速度脈波に及ぼす効果について, 日本運動生理学雑誌, 5(2): 145-152, 1998.
- 9) 寺尾 保, 中村 豊, 松前光紀, 山下泰裕, 張楠, 三田信孝, 新居利広, 岩垣丞恒, 佐藤宣哉, 齋藤 勝: 低圧環境下における血中乳酸濃度 4 mM レベルを指標とした持久的トレーニング負荷強度についての検討, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 8: 65-72, 1996.
- 10) 寺尾 保, 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, 佐藤宣哉, 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, 9: 28-33, 1997.
- 11) 寺尾 保, 木村季由, 湯浅康弘, 袋館龍太郎, 恩田哲也, 有賀誠司, 中澤一成, 山並義孝, 中村 豊, 齋藤 勝: スポーツ選手の減量に対する低圧環境下の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 11: 22-29, 1999.
- 12) 寺尾 保, 木村季由, 恩田哲也, 有賀誠司, 中村 豊, サンドウ・アダルシュ, 山並義孝, 齋藤 勝: 肥満者およびスポーツ選手の減量に対する低圧環境下における歩行運動の有効性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 13: 15-23, 2001.
- 13) 寺尾 保, 桑平一郎, 宮川千秋, 恩田哲也, 中村豊, 三田信孝, 山並義孝, 齋藤 勝: 肥満者の減量に対する低圧環境下および常圧環境下における歩行運動の有効性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 15: 32-38, 2003.
- 14) Terao, T., Miyakawa, C., Yamanami, Y., Saito, M.: The effects of walking exercise in hypobaric and normobaric environments on resting metabolic rate and body composition in obese adults. *Osterreichisches Journal fur Sportmedizin*, 33(2): 26-31, 2003.
- 15) 寺尾 保, 小澤秀樹, 桑平一郎, 三田信孝, 恩田哲也, 中村 豊, 山並義孝, 堀江 繁: 肥満者に対する低圧低酸素環境下の歩行運動が運動終了後の末梢血液循環に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 16: 61-68, 2004.
- 16) Terao, T., Onda, T., Aruga, S., Yamanami, Y.: Effects of walking exercise in a hypobaric environment on the body composition and energy metabolism of obese subjects. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, 4(4): 161, 1999.

丹田呼吸法が高強度の走運動後の 血中乳酸濃度に与える影響

三澤さおり (医学部基礎医学系分子生命科学) 家村 翔 (東京スポーツレクリエーション専門学校)

片倉洋平 (東京スポーツレクリエーション専門学校) 木村剛人 (東京スポーツレクリエーション専門学校)

妹尾一徹 (東京スポーツレクリエーション専門学校) 山村雅一 (医学部基礎医学系分子生命科学)

Effect of "TANDEN"-breathing on blood lactate after high intensity running exercise

Saori MISAWA, Kakeru IEMURA, Youhei KATAKURA, Takehito KIMURA,
Kazuyuki SEO and Masaichi YAMAMURA

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of "TANDEN"-breathing (which is one of an adminal breathing method is used by KOBUJYUTSU training) on blood lactate after high intensity running exercise. Thirty healthy basketball players of high school student participated in this study. They were separated to control group and "TANDEN" group and the "TANDEN" group trained TANDEN-breathings for 30 days. The exercise test underwent 3 times. (before beginning training, 15 days and 30 days after training.) Their blood lactate were measured on 0, 10, 20 and 30 minutes after the high intensity running exercise. There were no differences among training periods in control group. In TANDEN group, there were significant differences among training period. ($p < 0.05$) In comparison with control group, the decreasing rate of blood lactate were significantly grater in TANDEN group. ($p < 0.05$) These results suggest that to control breathing after high intensity exercise is effective to remove blood lactate which made by high intensity exercise in a short time.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 23-27, 2005)

I. 緒 言

一般的に運動を行ったときには換気が充進する。また、強度の高い運動が持続した場合に代謝性アシドーシスなどが引き起こされた場合にはさらに換気が増加するが、呼吸自体の様式が浅く速いものとなり、そのため酸素の取り込みの効率は低下

することがわかる。

高い負荷での運動を行うと解糖系により乳酸が産生される。近年、運動時の疲労の原因は乳酸のみではないということが盛んに言われているが、体内に多量に蓄積した場合などは筋収縮の低下を引き起こす一原因になり得るのは確かである。したがって、産生された乳酸をなるべく速やかに除去することは、短い時間の中でいくつもの競技を

こなすアスリートにとっては重要だと考えられる。体内に蓄積された乳酸は心臓、肝臓や骨格筋などで分解されるため、血中乳酸濃度は運動後約60分以内で運動前の状態に戻るが、運動後に軽い運動を行うことによってその速度は増すことが知られている。

ところで、日本のスポーツ界では昨今、古武術が注目されており、動作や鍛錬法を取り入れている選手やチームも増えてきている。古武術の鍛錬法にはいくつものものがあるが、そのうちの一つに「丹田呼吸法」^{1)・2)}がある。丹田呼吸法は身体にある「丹田」と呼ばれる「気を集め蓄え司る」¹⁾とされた部位に意識を集中して行う呼吸法であり、中国や日本では古くから健康法や養生法に取り入れられてきた深くゆっくりとした呼気及び吸気を用いる呼吸法である。また丹田には上丹田、中丹田、(臍)下丹田があるが、丹田呼吸法では主にこの下丹田を用いるため腹式の呼吸となる。呼吸様式には胸式と腹式の2種類があるが、どちらを用いているかは人によって違い、またそれは常に意識をしているものでもなく、運動後の呼吸でも同じであると考えられる。そこで我々はこの丹田呼吸法を用いて運動後の呼吸様式を意識的にコントロールすることにより、血中乳酸濃度がどのように変化するのかを比較検討した。

Ⅱ. 研究方法

A. 被験者

被験者はS高校男子バスケットボール部員30名であった。被験者は各15名ずつ丹田呼吸法群(以下丹田群:身長 171.6 ± 4.9 cm、体重 63.2 ± 5.9 kg、年齢 15.7 ± 0.4 歳)とコントロール群(身長 174.2 ± 7.2 cm、体重 62.8 ± 4.1 kg、年齢 16.5 ± 0.6 歳)に分けられた。全ての被験者と被験者の保護者に対して、実験前に本研究の趣旨及び実験内容を十分に説明し、参加同意を得た。なお数値は全て平均±標準偏差で表した。

B. 実験方法

1. 丹田呼吸法トレーニング

丹田群には、一回の吸気-呼気を1サイクルとした丹田呼吸法を20サイクル、朝と晩に一回ずつ一ヶ月間毎日行ってもらった。なお、丹田呼吸法は丹田部位に意識をおいて行う呼吸法であるが、丹田部位は臍下握りこぶし一個分の所とした。文献を参考とし、姿勢は座位であぐらをかいてもらった。具体的な方法は以下の通りである。

- 1) 丹田の部位に手を添え、鼻からゆっくりと最大限まで吸気する。この時丹田部位が凹むようにする。
- 2) 吸いきったら息を止め、その後ゆっくりとおなか膨らんでいくのを感じながら息を鼻から吐いていく。吐く時間はなるべく長くする。
- 3) 吐ききったら再度息を一度止め、その後また1から動作を繰り返す。

2. 運動テスト

被験者は丹田呼吸法のトレーニング開始前、開始後15日目及び30日目に走運動の実験に参加してもらった。走運動はシャトルラン形式とし、運動終了直後から、丹田群には丹田呼吸法を行ってもらい、コントロール群には同姿勢で休憩してもらった。血中乳酸濃度は運動終了直後、10分・20分・30分後の計4回、ラクテート・プロ(アーケレイ社製)を用いて測定した。

Ⅲ. 結 果

分散分析を行った結果、コントロール群において期日間で有意な差は見られなかった。丹田群においてはトレーニング開始前と30日目、開始後15日目と30日目の血中乳酸濃度の減少率にそれぞれ有意な差が見られた($p < 0.05$, Table 1)。またコントロール群と丹田群をトレーニング期日によって比較した場合、血中乳酸濃度の減衰率は丹田

丹田呼吸法が高強度の走運動後の血中乳酸濃度に与える影響

表1 丹田群及び統制群におけるトレーニング日数と血中乳酸濃度減少率との関係

Table 1 The relationship between training period and decreasing rate of blood lactate in control and Tanden group.

	training days	slope	SE	n=	p value
control group	0	-0.21	0.03	60	n.s.
	15	-0.21	0.01	60	n.s.
	30	-0.21	0.01	60	n.s.
training group	0	-0.27	0.05	60	n.s.
	15	-0.27	0.04	60	n.s.
	30	-0.31	0.06	60	p<0.05

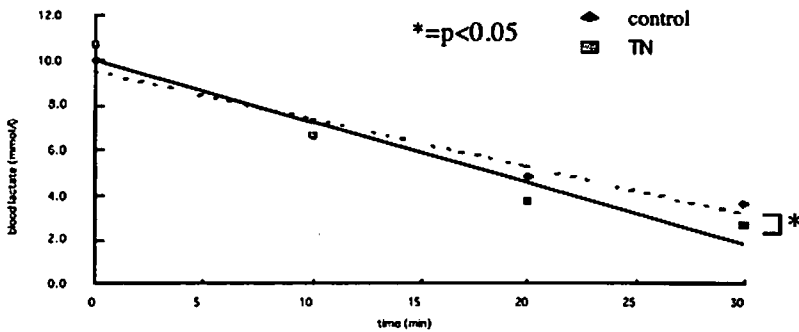


図1 丹田群及び統制群における高強度走運動後30分間の血中乳酸濃度の変化(トレーニング開始前)

Fig. 1 The relationship between time and blood lactate after high intensity running exercise before beginning Tanden-breathing training.

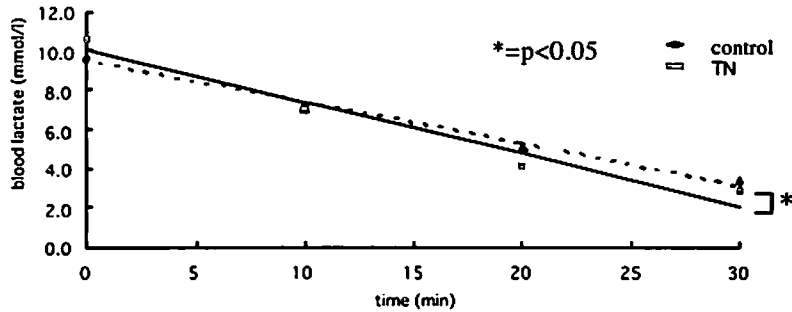


図2 丹田群及び統制群における高強度走運動後30分間の血中乳酸濃度の変化(トレーニング開始から15日目)

Fig. 2 The relationship between time and blood lactate after high intensity running exercise after 15 days Tanden-breathing training.

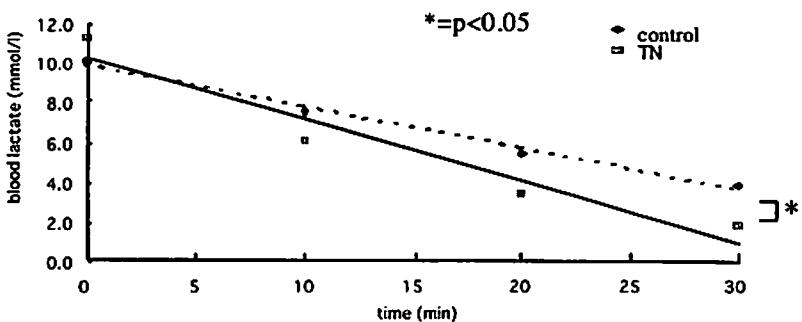


図3 丹田群及び統制群における高強度走運動後30分間の血中乳酸濃度の変化(トレーニング開始から30日目)

Fig. 3 The relationship between time and blood lactate after high intensity running exercise after 30 days Tanden-breathing training.

群の方が有意に大きいのが認められた ($p < 0.05$, Fig. 1-3)。

IV. 考 察

今回の実験でコントロール群と丹田群の間の乳酸濃度減衰率に変化が見られたのは、丹田呼吸法の特徴である「深くゆっくりとした呼吸」によるものだと考えられる。運動強度が高まるにつれて我々は糖（グリコーゲン）をエネルギーとして利用ようになるが、その際に産生されるピルビン酸は酸素が欠乏している場合に乳酸となる。体内に蓄積した乳酸は心臓、肝臓及び骨格筋等に運ばれ分解されるが、安静時に比べて運動後は肝臓等よりも骨格筋で多く行われる。乳酸の分解には酸素が不可欠であり、酸素が少ない状況では分解は速やかに行われない。通常、高負荷での運動を行った直後は浅く速い呼吸による死腔換気の多いいわゆる効率の悪い換気がしばらく持続する。しかしながら今回の実験では運動直後から丹田群は意識的に深い呼吸を行っており、これによって一回換気量が増大したことで酸素の取り込みが増加したことが考えられ、この結果、体内の乳酸の分解が平常時より充進したと考えられる。また丹田呼吸法をトレーニングしたグループ内で初日、15日目及び30日目を比較した場合、トレーニング日数が多いほど乳酸濃度の減少が速やかなことがわかる。丹田呼吸法では吸気・呼気を最大限行うが、その際に腹を「突き出す・膨らませ」「凹ませる」ように意識させる。また通常の深呼吸とは違い、呼気の際に腹部を膨らませる³⁾。しかしながら被験者はこの実験以前にこのような呼吸法を意識して行っていたことがなく、トレーニングが開始された当初は丹田呼吸法の「腹を凹ませる」や「息を吐き出すときに腹を突き出す」という方法に難しさや戸惑いを訴えたものもあり、そのため、本来行うべき深くゆっくりとした呼吸が当初は出来なかった可能性がある。呼吸訓練 (breathing exercise) についての報告では、長期的な呼吸ト

レーニングが肺機能改善には繋がらないとしているものが多い^{4, 5)}が、腹式呼吸が換気効率を改善⁶⁻¹⁰⁾ するとする報告もある。今回の実験では、日を迫うにつれて呼吸法に慣れたことにより深く大きく息を吸い込めるようになったと考えられ、そのためトレーニング開始後15日目、30日目は開始時に比べて運動後に効率よく酸素を取り込んだことで、乳酸がより酸化される状況を作り上げたのではないだろうか。また運動によって産生された乳酸は、血流及び近年その存在が認められた輸送担体¹¹⁻¹³⁾ によって slow タイプ筋肉内のミトコンドリアに入り込み、酸化される。したがって乳酸を速やかに酸化させるには、体内への十分な酸素の取り込みの他に各器官への酸素の供給が重要となってくる。運動後に適度な強度のクールダウンを行った場合には血中乳酸の除去が高まる^{14, 15)} が、これは筋肉を動かすことで産生された乳酸を分解するために必要な酸素をより多く筋肉に供給する血流を促がしているからだと考えられており、そのため身体を動かさないマッサージやストレッチでは乳酸除去率はあがらないとも言われている。本実験で行った丹田呼吸法では腹部を意図的に大きく動かすが、これによって呼吸筋と呼ばれる横隔膜周辺の筋肉への血流が保たれたことも考えられる。その結果乳酸の酸化が促進した可能性も考えられる。

運動競技によっては、短い休憩をはさんですぐに次の競技にうつらなくてはならないこともある。このような場合、軽い運動が出来るような場合であればよいが、競技の種類によっては休憩時間に動きまわることが難しいものもある。このような場合に、丹田呼吸法などの腹式呼吸を用いた呼吸様式のコントロールを行うことは有効であると考えられる。

V. まとめ

本実験では丹田呼吸法が高強度走運動後の血中乳酸濃度に与える影響を検討した。結果、丹田群

の血中乳酸濃度がコントロール群と比較して明らかに低値を示した。また丹田群においてもトレーニング開始後15日目と30日目では30日目の値が有為に低くなった。したがって、運動後の呼吸様式をコントロールすることは、体内に蓄積された乳酸を速やかに除去するのに有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 村木弘昌：丹田呼吸健康法一調和息入門一，創元社，1985.
- 2) 植田恭史，吉村哲夫：丹田意識とパフォーマンスの向上，東海大学紀要 体育学部 (30)，21-28，2000.
- 3) 浅見高明：腹式呼吸とは何か，体育の科学，53(6)，401-403，2003.
- 4) Becklake, M.R., Mcgregor, M., Goldman, H.I., Braudo, J.L.: A study of the effects of physiotherapy in chronic hypertrophic emphysema using function tests. *Dis Chest* 26, 180-191, 1954.
- 5) Emirgil, C., Sobol, J.B., Norman, J., Moskowitz, E., Goyal, P., Wadhvani, B., Varble, A., Waldie, J., Weinheimer, B.: A study of the long-term effect of therapy in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Med*, 47, 367-373, 1969.
- 6) Campbell, E.J., Friend, J.: Action of breathing exercise in pulmonary emphysema. *Lancet*, 265, 325-329, 1955.
- 7) Motley, H.L.: Distribution of ventilation during diaphragmatic breathing in obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis*, 109, 331-337, 1974.
- 8) 中田絏一郎，蝶名林直彦：呼吸筋の萎縮とリハビリテーション，呼吸と循環，33(9)，1101-1108，1985.
- 9) 谷本晋一，蝶名林直彦，中森祥隆，立花昭生，中田絏一郎，蒲田英明，岡野 弘：呼吸器疾患のリハビリテーション，日胸疾会誌，19(12)，918-923，1981.
- 10) 金野公郎：呼吸器疾患患者のリハビリテーション—呼吸筋機能を中心として—呼吸と循環，29(4)，375-380，1981.
- 11) 八田秀雄：乳酸輸送担体 MCT の発現と乳酸の代謝との関係，日運動生理誌，7，45-56，2000.
- 12) Bonen, A., Baker, S.K., Hatta, H.: Lactate transporters in skeletal muscle. *Can J Appl Physiol*, 22, 531-552, 1997.
- 13) Juel, C., Halestrap, A.P.: Lactate transport in skeletal muscle—role and regulation of the monocarboxylate transporter. *J Physiol*, 517, 633-642, 1999.
- 14) Balecastro, A.N., Bonen, A.: Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. *J Appl Physiol*, 39, 932-936, 1975.
- 15) Bonen, A., Balecastro, A.N.: Comparison of self-selected recovery methods on lactic acid removal rates. *Med Sci Spor*, 8, 176-178, 1976.

スポーツオノマトペの実態について

藤野良孝 (総合研究大学院大学) 井上康生 (文学研究科) 吉川政夫 (体育学部生涯スポーツ学科)
堀江 繁 (スポーツ医科学研究所) 仁科エミ (総合研究大学院大学 / メディア教育開発センター)
山田恒夫 (総合研究大学院大学 / メディア教育開発センター) 匂坂芳典 (早稲田大学)

Actual condition survey of the usage of sport onomatopoeias in Japanese

Yoshitaka FUJINO, Kousei INOUE, Masao KIKKAWA, Shigeru HORIE, Emi NISHINA,
Tsuneo YAMADA and Yoshinori SAGISAKA

Abstract

In sport, the onomatopoeias are often used to express power and degree of muscle tension in order to convey movements to other players. It is deduced from experiences that the use of onomatopoeia is effective in sports coaching. However, research has not been conducted on how much onomatopoeia is used in sport and attentions have not been paid to it until we collected and classified the onomatopoeias used in Japanese sports. The results were as follows:

- 1) Sport onomatopoeias are consisted mainly of glottal stop, nasal, long vowel, repetition.
- 2) Most of sports onomatopoeias are simple words of 2 moras and 3 moras and are often used among sports instructors and players because of its simplicity.
- 3) Only the following consonants can be used [k], [s], [t], [ts], [ch], [h], [p], [g], [z], [b], [d], and [g]. Nasal consonants [m], [n] and [r] are not observed.
- 4) Onomatopoeias which indicate speed, movement and relation of movements often contain Glottal stop such as /saQ^{*1}/, /suQ/, /syuQ/.
- 5) Onomatopoeias which indicate power often contain nasal and voiced consonant such as /gangan/, /doka-n/, /zudo-^{*2}n/, /ban/.
- 6) Onomatopoeias which indicate rhythms and timing often contain repetitions like /kurukuru/, /tonton/.

*¹: glottal stop = Q, *²: long vowel = -

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 28-38, 2005)

1. はじめに

日本は、オノマトペ (onomatopoeias: 擬音語・擬態語) が非常に多く使用される世界屈指の国だといわれている^{1, 2)}。オノマトペとは、フラ

ンス語に語源を持つ擬態語、擬音語の総称を指し前者は視覚、触覚などの聴覚以外の感覚印象を表した言葉であり、後者は実際の音を模倣し表した言葉である (図1)。その特長は他の言葉では代えがたい感覚的な印象を表すことが可能なことから複雑な内容や微妙なニュアンスもフレキシブ

ル (flexible) に表現できる機能を有している^{5,9)}。特に、日本のオノマトベは、人の感情やコミュニケーションへ効果的に働きかける役割としてテレビやコマーシャル、新聞や小説、ポスターや漫画に至るまで多種多様に用いられている^{3,11)}。

同様に体育・スポーツにおいても、種々の用途にオノマトベが用いられている^{10,12)}。2004年のアテネ五輪では、各競技種目のアスリートが「心・技・体」の機能をより充実させる技巧(補助的な利用)としてオノマトベを頻繁に活用していた場面が印象深い。例えば、ソフトボール女子の投手を務めた上野由岐子選手は、投げ始める段階から投げ終える段階にかけて「yoisyoQ」(Q = 声門閉鎖音(ッ)と発声し、投げる timing、ボディバランスを調節し、陸上競技ハンマー投げの室伏広治選手は投擲する直後に「orya-」(= 長音化)、「da-」と発声し力量発揮を最大限に助長している姿が窺えた。また卓球の福原愛選手は、得点を決めたときにガッツポーズをしながら「sa-」と発声し自分の rhythm (ここでは、試合の流れ)をつかみ、柔道の男子100 kg 級の鈴木桂治選手や女子78 kg 級の塚田真希選手は、試合直前に「yosiQ」と発声することでモチベーションの向上や集中力を高めている様子が窺えた。他方、監督や指導者は試技中の状況を選手へ簡略に伝える手段としてジェスチャーを付加しながら「guQと押し込め」、「saQと打て」などと発声し内容を即時的に解釈できるように促していた。

このように、スポーツで用いられるオノマトベは、主に「動作表現の補助」、「動作表現の簡略化」といった認知 (cognitive) に働きかける Level と「モチベーションの向上」、「動作パフォーマンスの向上」といった行動に働きかける Level の 2 段階が存在すると考えられる¹³⁻¹⁵⁾。しかしながら、従来のオノマトベの研究は体育・スポーツで使用されているオノマトベについて殆ど触れられることがなく外面的理解に留まっていた。そこで、筆者らは、体育・スポーツ領域でオノマトベの研究を遂行するため、体育・スポーツ領域で使用されるオノマトベをスポーツオノマトベ

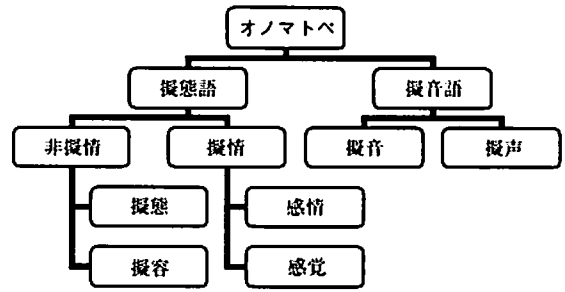


図1 オノマトベの体系
Fig. 1 System of onomatopoeias

(sport onomatopoeias) と命名し本目的の遂行にあたった。

本稿では、まずスポーツで使用されるオノマトベの実態を調査する為、アスリートを対象にアンケートによりオノマトベの収集を行い、収集した全オノマトベの音韻構造、音韻形態、意味内容の特徴を明らかにする。続いて、回答記述されたオノマトベを実際に発声した場合、どの様な音声的特徴 (prosodic feature) が観察されるのか音響工学の観点から分析を行う。最後に、アンケート調査により得られたオノマトベの回答記述の結果を整理して、体育・スポーツ指導に役立てることを目的とした「スポーツオノマトベ辞典」を作成し一部公開する。以下、本研究は「オノマトベの実態調査」、「オノマトベの音声分析」の 2 項から構成される。

Ⅱ. スポーツオノマトベコレクション

1. スポーツオノマトベの収集方法

1) 調査対象

体育会運動部に所属する大学生384名 (男性218名、女性166名)。平均年齢は19.4歳、標準偏差は1.12であった。対象となった運動部は13競技であり、競技者 Level は 1 部リーグに属するトップアスリートであった。

2) 調査手続き

調査手続きは、体育会の集会にて調査目的を説明し了解を得た上でアンケート調査を実施した。

3) 質問紙

質問紙は、①運動実践者、指導者が運動・スポーツで使用したり、聞いたことのあるオノマトベとその使用内容に関する自由記述、②体育・スポーツで使用するオノマトベの長所と短所に関する自由記述であった。なお、オノマトベであるかどうかという判断に関しては、基本的には擬音語・擬態語辞典^{3,4)}にしたがった。しかし、物音や動作の様態等を表す臨時的な語や一般的に使われるが載っていない語もオノマトベに含めた。

2. スポーツオノマトベ音声の収録

1) 調査対象

柔道部に所属する男子大学生6名、平均年齢は20.8歳、標準偏差は0.87であった。ここで、柔道選手を選んだ理由は事前調査でオノマトベの記述回答のバリエーションが豊富であったことから感性豊かに発声ができると仮定したからである¹⁵⁻¹⁸⁾。

2) 収録機器

バックホールド方式のハンズフリーマイクロホン AT810F (audiotechnica)、DATウォークマン TCD-D8 (SONY) を通じて発声収録を行い、収録した音声をパーソナルコンピュータ (Panasonic CF-W2CW1AXS) に取り込んだ。収

録音声の詳細は、最大発声時間長1.5秒以下、48 kHz 量子化、16bit、モノラルであった。

3) 音声資料

発声する音声は、柔道のあらゆる技とその performance 場面で使用されている高頻度のオノマトベ「saQ」を用いた。

4) 収録手続き

柔道において、最もポピュラーな技である背負い投げの performance 場面を録画した動画をパーソナルコンピュータ上で提示し (図2)、speed、power、rhythm、timing の4動作を想定 (矢印が付与された方向) して各場面2回ずつ発声を行った。なお、統一した条件で音声を収録する為、矢印の方向が示す動作内容に関して事前に説明を行った。

5) 発声音声データの算出方法

- ①発声時間長の算出は、DATにより収録した音声をパーソナルコンピュータに取り込み音声編集用ソフト (Sound Engine) を使用して、表示された発声波形の始端と終端までの発声時間を求めた。
- ②発声パワーの算出は、瞬時振幅を自乗加算して平方根をとり、RMS 振幅を求め、パワー (dBV) に変換し求めた。算出した数式の詳細

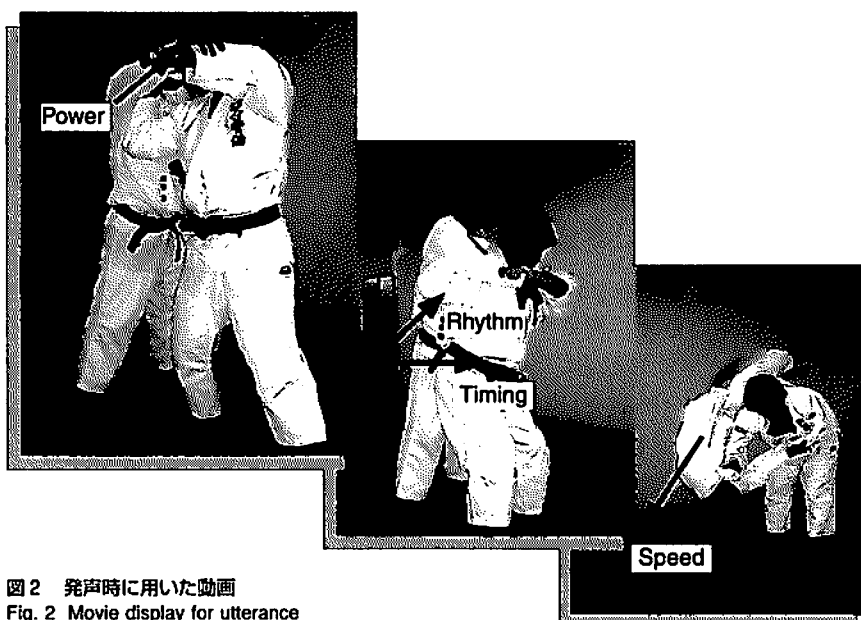


図2 発声時に用いた動画
Fig. 2 Movie display for utterance

は下記の通りである。

- ・ RMS 値 $Y = 1/n \sqrt{(y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2)}$
- ・ $Z(\text{dBV}) = 20 \log_{10} (Y/X)$
- ・ RMS 値 $X = 10,000$ のとき、0 dBV とした (基準)

③基本周波数 (F_0) の算出は、音声解析ソフト (Wave Surfer) に取り込まれた発声音声の F_0 (始端と終端) の値を高速フーリエ変換 (FFT) により算出しその平均値を求めた。

オノマトベの記述回答数が多かったセルほど暗く表示してある。ha 行、90語 (33.7%)、ka 行、63語 (23.6%)、ta 行、56語 (20.9%)、sa 行、50語 (19.1%) の大きく 4 区分に限られた。また、その全ての内容について整理した結果、図 3 に示したように speed (速さの程度、一連の動作の流れ)、power (強さの程度、力のコントロール)、rhythm (動作の間隔的調整)、timing (動作の実行効果を最大にする体制) の 4 つに大別された。

Ⅲ. 結果と考察

1. オノマトベの音韻分析

1) オノマトベの記述割合とその内容

体育・スポーツ場面で使用されるオノマトベは「aQ」、「don」、「yosiQ」…など a 行から wa 行まで 4602 語が回答記述され、そのうち 267 語 (2 記述以上) を選定し分析した。表 1 は、50 音順で

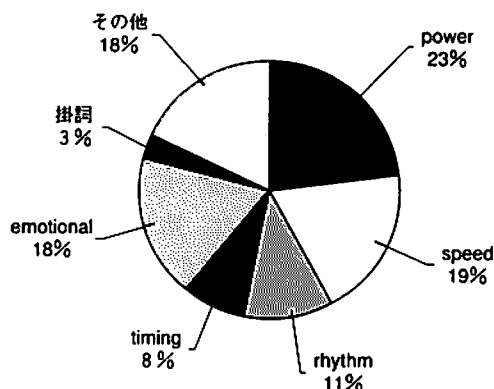


図 3 オノマトベの動作内容
Fig. 3 Contents of movement of onomatopoeias

表 1 回答記述されたオノマトベの頻度
Table 1 Frequency in the use of a word (Kana)

各音順でみられるオノマトベの語数とその行ごとの割合 (%)										全体の割合
a	2語 (50%)	i	0語 (0%)	u	1語 (25%)	e	0語 (0%)	o	1語 (25%)	4語 (1.49%)
ka	28語 (44.4%)	ki	6語 (9.52%)	ku	23語 (36.5%)	ke	0語 (0%)	ko	6語 (9.52%)	63語 (23.6%)
sa	7語 (13.7%)	si	8語 (15.60%)	su	36語 (70.5%)	se	0語 (0%)	so	9語 (0%)	51語 (19.1%)
ta	21語 (37.5%)	ti	5語 (8.92%)	tu	0語 (0%)	te	1語 (1.78%)	to	29語 (51.7%)	56語 (20.9%)
na	0語 (0%)	ni	0語 (0%)	nu	0語 (0%)	ne	0語 (0%)	no	1語 (0.1%)	1語 (0.37%)
ha	35語 (38.8%)	hi	21語 (23.3%)	hu	9語 (1%)	he	5語 (5.55%)	ho	20語 (22.2%)	90語 (33.7%)
ma	0語 (0%)	mi	0語 (0%)	mu	0語 (0%)	me	0語 (0%)	mo	0語 (0%)	0語 (0%)
ya	0語 (0%)	yi	0語 (0%)	yu	0語 (0%)	ye	0語 (0%)	yo	2語 (0.74%)	2語 (0.74%)
ra	0語 (0%)	ri	0語 (0%)	ru	0語 (0%)	re	0語 (0%)	ro	0語 (0%)	0語 (0%)
wa	0語 (0%)	wi	0語 (0%)	u	0語 (0%)	we	0語 (0%)	wo	0語 (0%)	0語 (0%)

2) 音韻の拍 (mora)

アンケート調査により収集された267語の拍は、2拍が109語 (42.4%)、1拍が73語 (28.4%) と全体の大半を占めていた。3拍を超える音韻は殆どなかった。例外として、一連の動作や運動 rhythm を表現する際に「tontoto-n」や「tantata-n」などの1拍、2拍の組み合わせを1センテンスとして使用する音韻も見られた。このことからスポーツで使用されるオノマトベは、大半が2拍と1拍で表現されることが判明した。

3) 母音と子音の特徴

母音は、/u/ が最も多く使用されており、全体の中で150語 (56.1%) と過半数を占めていることが明らかになった。次に、/a/ が59語 (22.9%)、/i/ が34語 (12.7%) の順番で続いた。この結果から、オノマトベの母音は、殆どが /u/、/a/、/i/ の3つで表現される傾向が高いことが確認された。/e/ /o/ の使用は少ないことが分かった。

子音は、/k/、/s/、/t/、/h/、/p/、/f/、/g/、/z/、/d/、/b/、/ch/、/dʒ/ のいずれかで使用されることが確かめられ鼻子音の /m/、/n/、/r/ は観察されなかった。

4) 競技種目別のオノマトベの動作内容

表2は、13競技で使用記述頻度の高いオノマトベ上位10語とその回答スコアである。表に示されたスコアは記述頻度が高い語ほどセルを暗く表示してある。

Basketball は、「syuQ」(7名)、「suQ」(7名)、「po-n」(7名) が高スコアで、その内容は前の語から順に、素早くシュートを放つ、正確なパスを出す、ロングパスを出す時に使用された。Gymnastics は、「su-」(6名)、「saQ」(6名) が高スコアで、その内容は主に助走の timing、動作の俊敏性を表現する時に使用された。Kendo は、「saQ」(15名)、「su-」(14名) が高スコアで、その内容は主に俊敏な足さばき、打突の timing を表現する時に使用された。Judo は、「guQ」(16名)、「su-」(13名) が高スコアで、その内容は主に腕の力の入れ具合、動きの鋭敏さを表現する時に使用された。Soccer は、「ban」

(3名)、「guQ」(2名) が高スコアで、その内容は主に強烈なシュートを放つ、鋭いタックルを行う時に使用された。Track and field は、「syuQ」(6名)、「guQ」(5名) が高スコアで、その内容は主に円滑な足の回転、身体の捻り (例えば投擲は腰のタメ) を行う時に使用された。Badminton は、「basiQ」(5名)、「syuQ」(4名) が高スコアで、その内容はシャトルを勢いよく打ち返す、powerful なスマッシュを打つ時に使用された。

Swimming は、スムーズにプールに飛び込む動作時に使用される「su-」(4名) が高スコアであった。Volleyball は「don」(13名)、「ban」(13名) が高スコアで、その内容は両者とも強烈なアタックを行う時に使用された。Softball は、バットでボールを強く叩きつける動作を表現した「donQ」(5名) が高スコアであった。Baseball は「paQ」(5名)、「guQ」(4名) が高スコアで、その内容は主に素早い投球、球のグリップを表現する時に使用された。Lacrosse は「basiQ」(8名)、「don」(7名) が高スコアで、その内容は主に素早いシュート、強烈なタックルを表現する時に使用された。Kyudo は、「saQ」(4名)、「su-」(3名) が高スコアで、その内容は弓を引く、弓を放つ timing の時に使用された。

以上のように、スポーツオノマトベは単独で意味をもちうる音韻の要素 (例えば Gymnastics で使用する「su-」は助走の timing を示し、Judo では動きの鋭さを示す様に、単独でありながらも競技により意味が多様化する) から複雑な動作内容を表現できることが示唆された。

5) 動作内容ごとの音韻特徴について

表3にあるように、動作内容ごとの音韻特徴は、speed の動作内容を意味する傾向が高い /k/、/s/、/p/、/h/ に促音 (Q = ッ) が付加される割合が81.4% (56語 / 70語)、power の動作内容を意味する傾向が高い /g/、/z/、/b/、/d/ に撥音 (n = ン) が付加される割合が全体で78.3% (29語 / 37語)、rhythm の動作内容を意味する傾向が高い /t/、/p/ に音韻が繰り返される (豊語) 割合が73.2% (41語 / 56語)、timing の動作内容を意

スポーツオノマトベの実態について

表2 13競技における記述頻度の高いトップ10のオノマトベ平均スコア

Table 2 The distribution of top ten most frequent Japanese sports onomatopoeias in thirteen sport fields and the number of subjects (Right most two columns)

Sport (N0)	guQ	suQ	su-	don	saQ	syuQ	ban	basiQ	paQ	po-n
Basketball (M9, F12)	M1, F3	M4, F3	M1, F2	M1, F3	M3, F2	M4, F3	0	M1, F2	M2, F3	M4, F3
Gymnastics (M9, F10)	M1, F3	F3	M3, F3	M2, F2	M4, F2	0	0	F2	M2, F3	M2, F1
Keno (M19, F18)	M6, F5	M7, F5	M8, F6	M7, F2	M8, F7	M1, F3	M4, F3	M3, F3	M4, F2	M2, F3
Judo (M16, F15)	M9, F7	M7, F3	M7, F6	M6, F3	M5, F5	M4, F3	M6, F3	M2	M2, F5	M1, F1
Soccer (M4)	M2	M1	M2	M1	M2	0	M3	0	M1	M2
Track and field (M9, F12)	M2, F3	M1, F2	F2	M3, F1	F2	M2, F4	M2	0	0	M2, F1
Badminton (M6, F7)	F2	M2	M1, F2	0	M2	M1, F3	M1, F2	M3, F2	F1	M2, F2
Swimming (M8, F6)	M1	M2	M1, F3	0	M1	0	0	0	0	0
Volleyball (M15, F18)	M3, F4	M5, F5	M3, F3	M8, F5	M3, F3	M2, F6	M9, F4	M6, F5	M1, F3	M5, F4
Softball (M8, F13)	F3	M2	0	M2, F3	M1	M2	M1	F2	F3	M1, F1
Baseball (M11)	M4	M2	M2	0	M2	M3	0	M3	M5	M1
Lacrosse (F17)	F6	F6	F2	F7	F4	F6	F4	F8	F2	F2
Kyudo (M7, F8)	M2	M2, F2	M1, F2	F2	M1	0	0	M2	M1	0
Total	67	65	60	58	57	49	42	41	40	40

M = Male F = Female

表3 動作内容と語中、語尾に伴う音韻傾向

Table 3 Category specific characteristics

動作内容	オノマトベ	語中・語尾に伴う音韻	頻度 (%)
Speed	[k], [s], [p], [h]	促音 (Q) 拗音	81.4% (56/70)
Power	[g], [z], [b], [d]	撥音 (n)	78.3% (29/37)
Rhythm	[t], [p]	音韻の繰り返し	73.2% (41/56)
Timing	[t], [ch]	長音 (-)	63.8% (30/47)

表4 オノマトベの語頭、語中、語尾に付与された特殊拍と音韻形態がもたらす意味傾向

Table 4 Phonetic features frequently observed in Japanese sport onomatopoeias

特殊拍と音韻特性が動作内容に与える傾向				音韻形態が動作内容に与える意味傾向			
促音・拗音	撥音	長音	り	反復	清音	濁音	半濁音
速い	力強い	長い	滑らかな	リズムカルな	速い	力強い	timing のよい
瞬時的な	強烈的な	高い	スムーズな	一貫した	軽快な	強烈的な	軽い
迅速な	大きい	一定な	遅い	強力な	軽い	重い	柔らかな
鋭い	重い	速い	正確な	律動的な	静か	鋭い	リズムカルな
短い	急激な	広い	静かな	一定な	弱い	攻撃的な	弾力的な
スムーズな	攻撃的な	急激な	柔らかい	timing のよい	滑らか	大きい	一定な
軽い	思い	柔らかい	弱い	積極的な	柔らかい	荒い	正確な
積極的な	固い	リズムカルな		活動的な	一定な	固い	瞬間的な
近い	頑丈な	深い				頑丈	弱い
狭い	活気的な	強い					
低い		大きい					
浅い							

味する傾向が高い /t/、/ch/ に長音（-）が付加される割合が63.8%（30語 /47語）含まれていることが分かった。

この結果から、表現する動作内容によってオノマトベに伴う音韻の傾向が異なる性質を持つことが確認された。

表4に、オノマトベの語頭、語中、語尾に付与された特殊拍と音韻形態（強調形態）が動作内容へ与える傾向を示す。語頭、語中、語尾に付与された促音、拗音（ユ）は「速い」、「瞬時的な」、「迅速な」、「軽快な」などの speed の動作を示す傾向が強く、撥音、濁音（゛）は「力強い」、「強烈な」、「重い」などの power の動作を示す傾向が強かった。長音は、「長い」、「高い」、「一定な」など timing を示す動作の傾向が強く、/ri/、反復、半濁音（゜）は、「なめらかな」、「リズムカルな」、「timing のよい」など、rhythm や timing の動作を示す傾向の内容が多かった。

このことから、オノマトベの語頭、語中、語尾に付加される特殊拍と音韻形態は密接な関係を持ちながら表現する動作内容を上手に強調化・有標化する働きがあることが確認された。

6) オノマトベの長所と短所について

オノマトベの長所と短所について代表的な特徴を以下にまとめた。

①オノマトベの長所について

- a) 言葉ではいい表せない複雑な動作内容も簡単に説明できる。
- b) オマトベを使用した指導の内容は次の機会でもその内容を覚えていられる（長期記憶）。
- c) 複雑な動作やコツを学習する際、その時の動作内容をオノマトベに置き換えて覚えると効果がある。
- d) オノマトベを発して運動すると、動作 rhythm・timing の把握や力が発揮しやすくなる。

②オノマトベの短所について

- a) 伝えたい・知りたい動作内容の表現が曖昧になり解りにくい。
- b) オノマトベによる動作内容の説明では、具体的で正確な表現がうまくできない。
- c) 稚拙なイメージのため、使うのに抵抗感がある。
- d) 何をいっているのか、理解できないことが多い。

以上のようにオノマトベは、相互に矛盾する二つの命題（長所と短所）が同等の妥当性をもって主張されることから、今後は二つの命題を相互に補完しフレキシブルに止揚してゆくことが望まれる。

2. オノマトベの音声分析

1) オノマトベの韻律特徴

図4、5に示したように想定した動作内容ごとに異なる平均発声時間長、平均発声パワー、平均 F_0 が算出された。なお比較として朗読による発声も収録した。

①平均発声時間長

speed<power<rhythm<timing<read の順に平均発声時間長が伸張する傾向が確認された。特に speed と power の発声音声は timing、read の発声音声と比較して約1.5倍近い時間長の短縮が見られ、同時に音韻が無声化（図5 b, c）される傾向が観察された。

②平均音声パワー

read<timing<rhythm<speed<power の順で平均

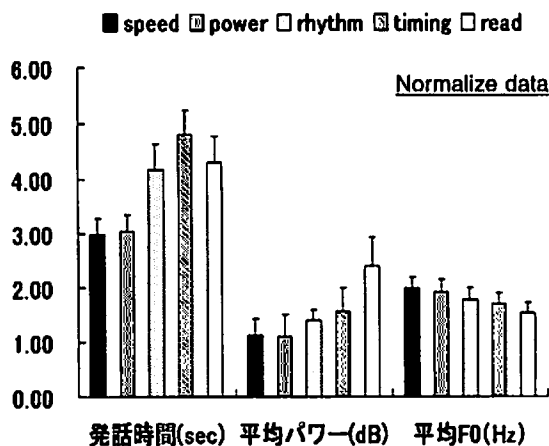


図4 4 動作内容で発声された韻律特徴の結果
Fig. 4 Prosodic analysis results of four situation

スポーツオノマトベの実態について

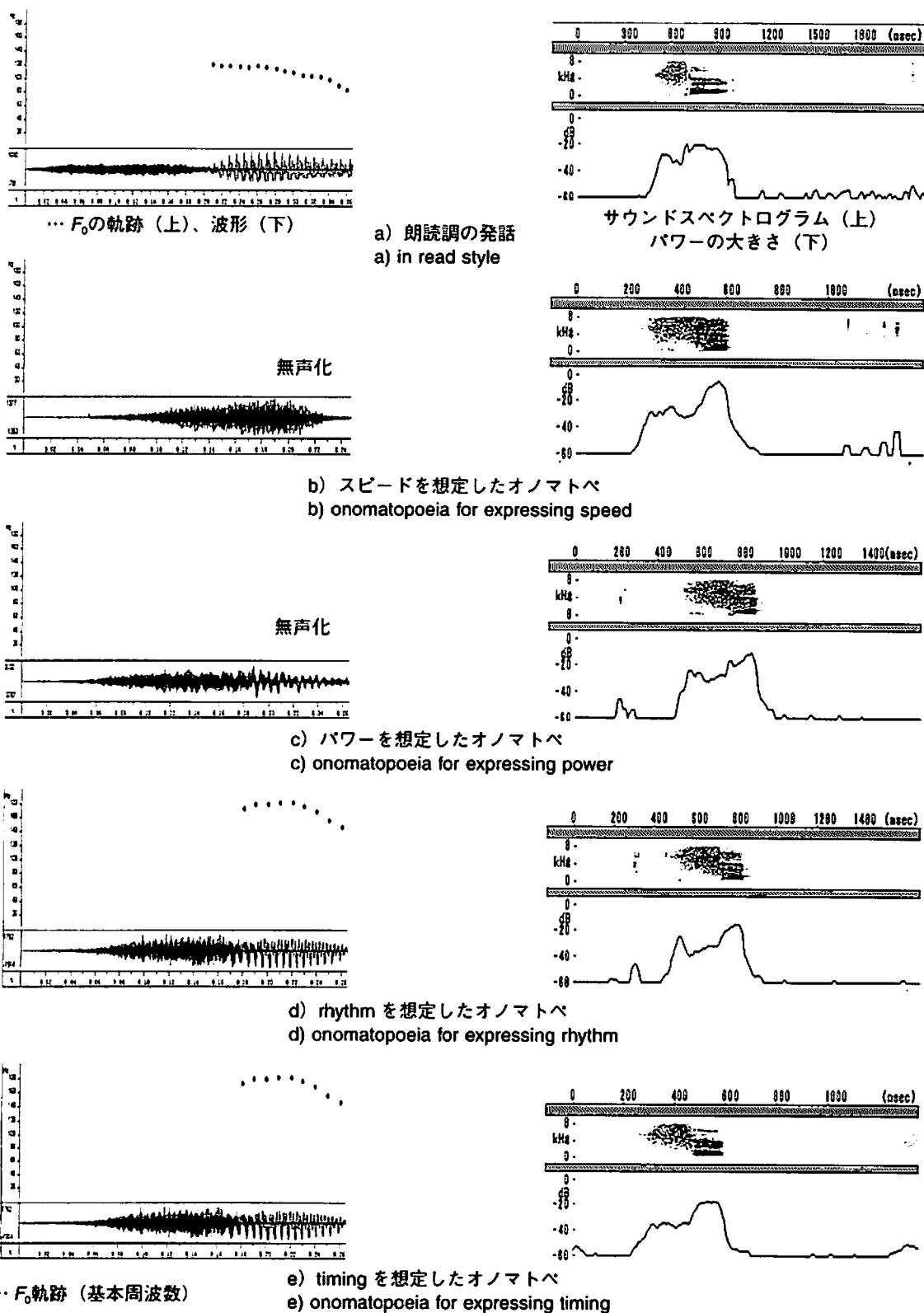


図5 4つの動作内容を想定した「saQ」の発声間に見られる音響特徴の例

Fig. 5 An example of acoustic differences between four sport onomatopoeia [saQ] used in different situations and read speech

音声パワーの変化率が増進する傾向が確認された。4動作のうち動的な動作 group (dynamic) の power、speed の発声音声と静的な動作 group (static) の rhythm、timing の発声音声は、それぞれパワーの傾向が類似した形状を有していた。また、図5のサウンドスペクトログラム(声紋)にあるように dynamic な音声の b), c) は static な音声 d), e) に比べ色彩が全体的に濃い傾向であり高域が増大することが確かめられた。

③平均 F_0

read<timing<rhythm<power<speed の順で平均 F_0 が上昇する傾向を確認した。平均音声パワーと同様、動的な動きを想定した power、speed と静的な動きを想定した rhythm、timing の発声音声は、それぞれ F_0 の上昇パターンが類似する傾向が確認された。

以上により、想定した動作内容が speed のように早ければ発声時間長は短縮され、power のように強ければ音声パワーが増進するといったように実際の動作が韻律へ反映されることが確認された。 F_0 は、動的な動作内容ほど上昇し、静的な動作内容ほど下降する傾向が確認された。このことから、オノマトベの韻律的特徴は想定した動作内容と強い関連性があることが確かめられた。

IV. まとめ

本稿は、13競技、384名のアスリートを対象にスポーツで使用されるオノマトベの収集を行い、収集したオノマトベの音韻構造、音韻形態、意味内容の特徴を明らかにし、さらにオノマトベを実際に発声した場合、どの様な音声特徴が観察されるのかを音響工学の観点から分析することであった。その結果、次のことが明らかになった。

1) オノマトベの実態調査

13競技、384名のアスリートからアンケート調査により、267語のオノマトベを収集し分析した結果、動作表現で使用される音韻は /k/、/s/、/t/、/h/、/p/、/f/、/g/、/z/、/d/、/b/、

/ch/、/dge/ に限られた。動作表現は、大きく speed、power、rhythm、timing の4つに大別された。その大半が2拍と3拍で構成され語頭、語中、語尾には促音、撥音、長音、音韻の繰り返し、のいずれかが伴っていた。

語頭、語中、語尾に付加された音韻形態がもたらす意味傾向について、促音は speed の程度、撥音は power の強弱、長音は rhythm 感覚、動作の間隔的調整、音韻の繰り返し(畳語)は動作の実行効果を最大にする体制、動作の timing を示すことが確認された。

2) オノマトベの音声分析

背負い投げの performance 場面で発声する「saQ」の韻律特徴(平均発話時間長、平均発話パワー、平均 F_0) は speed、power、rhythm、timing の4動作内容ごとで異なる値が得られた。動的な動作を示す speed、power の発声は、発生時間長が短く、発声パワーが強く、 F_0 が上昇する傾向が認められた。一方、静的な動作を示す rhythm、timing を想定した発声は動的な発声音声の特徴と対称的(反対)であることが分かった。

最後に、これらの分析結果を踏まえスポーツ指導・学習における効果的な教示法として役立つスポーツオノマトベ辞典を作成した(付録1を参照)。なお、2006年度を目処に、高品質の動画や音声が付与した、audiovisual なスポーツオノマトベ辞典を公開する予定である。

謝辞

本研究にあたり、ご指導、ご助言いただきました独立行政法人メディア教育開発センターの浅井紀久夫助教授、高橋秀明助教授、大西仁助教授、神戸大学の林良子助教授に心から感謝します。また、本研究の調査・実験に快くご協力いただきました早稲田大学剣道部の皆様、東海大学柔道部の皆様に心からお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) Hamano, S.: The Sound-Symbolic System of Japanese Kuroshio, 1986.

- 2) Hamano, S.: The sound-symbolic system of Japanese (doctoral dissertation, University of Florida): 1986.
- 3) 浅野鶴子：擬音語・擬態語辞典，角川書店，1978.
- 4) 金田一春彦：擬音語・擬態語辞典，角川書店，1978.
- 5) Tamori, I.: Japanese Onomatopes and Verbless Expressions. Kobe University of Commerce Jimbun Ronshu, 21-25, 1988.
- 6) Urata, T.: AB Type Onomatopoeias and Reduplicatives in English and Japanese. Linguistic Fiesta/Festschrift for Professor Hisao Kakehi's Sixtieth Birthday 277-272, Kuroshio, 1990.
- 7) 箕寿 雄，川守育啓：オノマトピア，勁草書房，1993.
- 8) Petitto, L. A. and Marentette, P. F.: Babbling in the manual mode Evidence for the ontogeny of language, Science, 251, 1493-1496, 1991.
- 9) Petitto, L. A., Holowkam, S., Sergio, L. E. and Ostry, D.: Language rhythms in baby hand movements, Nature, 413, 35-36, 2001.
- 10) 藤野良孝，吉川政夫：スポーツ・オノマトベ—スポーツ領域で使用されているオノマトベの実態とその使用意識—，日本スポーツ心理学会第28回大会研究発表抄録集，88-89, 2001.
- 11) 外山さゆり，吉川政夫：指導者のスポーツオノマトベに関する使用意識と使用実態—バレーボール指導者に対する調査から—，日本スポーツ心理学会第29回大会研究発表抄録集，203-204, 2002.
- 12) 吉川政夫，竹中晃二，藤野良孝他：学会シンポジウム スポーツオノマトベ，日本スポーツ心理学会第28回大会研究抄録集，88-89, 2002.
- 13) 藤野良孝，吉川政夫：聴覚提示によるスポーツオノマトベのイメージと韻律的特徴の関係，日本スポーツ心理学会第29回大会研究発表抄録集，201-202, 2002.
- 14) 井上康生，吉川政夫：柔道の動きを表現するスポーツオノマトベ，日本スポーツ心理学会大会発表抄録集，62-63, 2003.
- 15) Fujino, Y., Kikkawa, M. and Sagisaka, Y.: A collection of onomatopoeias in Japanese sports. Proc Oriental COCODSA, 160-164, Oct, 1-3, 2003.
- 16) 藤野良孝，匂坂芳典：Sport・Onomatopoeiaの多様性とその音声特徴について，早稲田大学理工学部共同研究発表会，53-64, 2004.
- 17) 藤野良孝，匂坂芳典：Sport・Onomatopoeiaの多様性とその音声特徴の分析，日本音響学会春季大会発表論文集，392-393, 2004.
- 18) 藤野良孝，井上康生，吉川政夫，仁科エミ，山田恒夫：柔道のパフォーマンスプロセスで用いるスポーツオノマトベ音声の韻律特徴，日本スポーツ心理学会第31回大会発表抄録集，75-76, 2004.

スポーツオノマトベ辞典 (20/1 ページ)

Appendix part of the Japanese sport onomatopoeias dictionary

スポーツオノマトベ辞典			
No.	オノマトベ	種類	リフレーミング(オノマトベが表現する動作内容)
000	アッ (aQ ¹)	擬声	全身や身体局部の力を最大に引き出す時。瞬間的な間合い。ウェイトトレーニングでバーベルを勢いよく挙げる瞬間に発する。この発声により、高い力(高パフォーマンス)の発揮が可能となる。
001	アアア (a a a)	擬声	自分自身に湯を入れる。選手が気合を入れる時。筋を緊張・興奮させる時。陸上競技のハンマー投げや砲丸投げでは、筋を最大限に発揮するために投げ終える直後に発する。
002	オリヤー (orya-)	擬声	動作に勢いをつける。気合を入れるための自己暗示(セルフトーク)。陸上の投擲では、投げる直後に力を最大限に引き出すために発する。剣道では、攻めのときに発する。
003	ウッ (uQ)	擬声	筋の力をためる。瞬間的に力を出す時。体のために力を作る。お腹(丹田)に力を集中する時。柔道では、投げ技の時に腹に力を入れる様子。他方で、防衛的な体制でも用いられる。
004	カッ (kaQ)	擬態	使用したい部位の力を瞬時に出す(前に押し出す、蹴り出す等)。体の動きを急激に止める陸上では、地面を鋭くひっかく感じで地面を捉える様子。冷静でない様子。怒っている様子。
005	カツン (katun)	擬音	はずした時。失敗。野球では、しっかりとグローブの的にボールが当たらない時やバットに当たり損ねた時、弱い打撃、ミスしたヒッディング、ボールをうまく横に流す時、当て逃げを示す。
006	カキーン (kaki-in)	擬音	野球特有の表現で、勢いよく打ち返したボールが高く飛ぶ様子。ヒットやホームランボールを表す。バットの芯でボールを捉えて打った時の音響。打撃のボールが高く速く飛ぶ様子。
007	ガコン (gakon)	擬音	力強さと、正確さ。弓道では、的に矢が勢いよくささった時。野球ではバットの芯でボールを捉えた低めの強く鋭い当たり。ラクロスでは、強いシュルダークタックルで衝突した時の音
008	ガコーン (gako-n)	擬音	上から下に落ちる感覚。野球、サッカーでは、ボールが急激に落ちる変化を表す時。ソフトボール、野球では、ピッチャーが投げた重い玉の芯を捉えて打ち返した時。
009	カシュ (kasyu)	擬音	弓道では、物がつがえた時。勢いよく弓を引く時の動作。
010	ガシュ (gasyu)	擬音	正確なコントロール。弓道では、矢が的に決まる表現。
011	ガシガシ (gashigashi)	擬音	集団スポーツでは、試合時に前に突進する時。積極的に前に進む。ラクロスでは、走りながら、パスする時。バスケットボールでは得点を沢山あげるときの動機付け。
012	カチッ (kachiQ)	擬音	静止姿勢を保つ。体が緊張して固まっている様子。体が前後・左右にぶれないように手や足を固定する様子。正確にもとの場所に戻る。体操では、背筋をしっかりと伸ばすフォーム。野球では、バットのグリップをしっかりと指全体で握り固定する時。
013	ガクッ (gakuQ)	擬態	上から下に状態が崩れた時。腰が抜けている状態。下肢のアンバランスな状態を指すことが多い。特に膝に力が入らない状態。体のバランス(左右)が悪い時。
014	ガタガタ (gatagata)	擬音	ラクロスでは、スムーズにパス回しができない状態や動きがバラバラの時。バランスのとれていないチーム状況。体操では、足が固定されていない時。リズムが崩れていない
015	ガチッ (gachiQ)	擬態	瞬間に体を固定する。身体が固まったまま動きが取れない状況。手で強く物を握る。弓道では、体を地面にしっかりと固定する時。主に胴つくりの時に表現される。サッカーでは、足首を固定する時。柔道では寝技の時、相手を抑えつけて動きを止める様子。
016	ガチガチ (gachigachi)	擬態	体が固まって動きがうまくとれない時。足が震えるぐらい緊張している様子。ラクロスできている様子。ごこちない動作。足が前に思うように動かない様子。
017	ガツン (gatun)	擬音	強いあたり。ラクロスでは、相手と鏡り合う時や体当たりする時。陸上(投擲)の投擲では思い切り投げる様子。「思いきっていこう」という声かけと同じ意味を持つ。
018	カツーン (katu-n)	擬音	弓道では、的に矢がささった時や飛ぶ矢の勢い。野球では、当たりのいいヒットや打ったボールが勢いよく遠くに飛んでいく様子(ホームランボール)。
019	ガツガツ (gatugatu)	擬態	どんだんに押す感覚。サッカーやラクロスではチーム全体が、積極的に前に攻める時の合図。チーム全体のモチベーションを高めるときの合図。
020	カツンカツン (katungatun)	擬音	強い衝突。ラクロスでは、相手とぶつかりあう時(タックル)。
021	カツンカツン (gatungatun)	擬音・擬態	繰り返す強いタックルや強烈な衝突。ラクロスでは、二回つづけて力強く体当たりする時
022	ガッ (gaQ)	擬音・擬態	動きの鋭さ。柔道では、刈り技をかける時や相手を押さえつける時。バレーボールでは、ボールを押し込む時やレシーブ動作の時。全力で走る時。陸上では、地面を力強く蹴る走り。
023	ガツリ (gaturi)	掛詞	大きく堂々と構える様子。積極的な動きや冷静な動きを表す。ラクロス、バスケットボールでは、積極的にプレーする時や確実に得点をあげる時。大量に得点を上げる時の掛け声。

*1 glottal stop (音声閉鎖音) *2 long vowel (長音)



Toughening behavior of cortical bone under a high rate of loading

Hisao KIKUGAWA*¹, Takashi ASAKA*²,
Hirakazu KASUYA*³ and Yutaka NAKAMURA*⁴

(*¹ Department of Mechanical Engineering, School of Engineering II, *² Department of Applied Chemistry, School of Engineering, *³ Department of Prime Mover Engineering, School of Engineering, *⁴ Research Institute of Sports Medical Science)



要 約

スポーツが原因で生じる外傷に対し、その予防法を確立するためには、骨組織の衝撃破壊特性を明らかにすることが必要である。破壊じん性試験は、準静的から高速領域のひずみ速度下でウシの骨から採取されたコンパクトテンション試験片を用いて実行した。骨の破壊機構は繊維強化複合材料のモデルを用いて検討した。二つの仮説（参考文献 [2] 参照）を証明するために破断面の走査型電子顕微鏡による観察を実施した。我々の提案は以下の通りである。湿潤骨試験片の繊維強化機構は、ひずみ速度によって、ブリッジング、プルアウトそして繊維強化無効の3つの領域に分けられる。マイクロクラック強化機構は高速負荷領域 $\dot{\epsilon} = 1.2 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$ において母相に働く。

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 39-43, 2005)

I. Introduction

In bone biomechanics, one of the important challenges is to reveal the reinforcement mechanism against cortical bone destruction of fracture prevention in sports. In the past, it was discovered by the authors that, in quasi-static and rapid-loading ranges, bone fracture toughness showed extreme changes from the maximum value to the minimum [1]. It was of particular interest for us to find an increase of fracture toughness in the rapid-loading area. However,

these fracture mechanisms have hardly been elucidated.

In this paper, fracture mechanisms of bone were studied using fracture mechanism models made of fiber-reinforced composite material [2, 3], and performed SEM observations on fracture surfaces to prove these hypotheses [2].

II. Material and Method

Commercially available femur of bovines were used for the experiment. Samples were collected

from Haversian bone consisting of one-third of the central shaft of cortical bone. The samples were machined to prepare compact tension specimens as shown in Fig. 1. L-direction specimens were prepared with a horizontal slit to the bone axis and T-direction specimens with an orthogonal slit to the bone axis, as well as a U-shaped side-groove of T-direction specimens to measure the progress of the fissure.

To evaluate the effect of collagen fiber on the bone toughening process, wet specimens were also prepared by processing refrigerated bone kept wet in saline and dry specimens by sun drying wet specimens for a week.

An Instron material testing machine (Model 1000) was used to perform quasi-static fracture toughness tests at load velocities of 5, 50 and 500 mm/min (strain rate $\dot{\epsilon}$ (load velocity / initial interval between load points) = 10^{-2} , 10^{-1} , and 10^0s^{-1}). On the other hand, an Instron dynamic testing machine (Model 8500) was used to perform rapid-loading tests at load velocities of 1 and 5 m/s ($\dot{\epsilon} = 1.2 \times 10^2$ and $5.7 \times 10^2 \text{s}^{-1}$). Tensile load was applied to a specimen through two steel pins pierced into the specimen to determine the maximum load on the load-displacement curve, and from which critical stress intensity factor K_c was calculated. Detailed observations of the

fracture surface were also performed using a SEM (JEOL JSM-6301F).

III. Examination

Examination using reinforcement mechanism models made of fiber-reinforced composite material

Cortical bone can be considered as a type of fiber-reinforced composite material consisting of interstitial lamella (parent phase) and Osteon (fiber). Therefore, in this section, the fracture mechanism models made of composite material were used to examine the reinforcement mechanisms in relation to cortical bone fiber and K_c value in the rapid-loading range.

(a) Cutting mechanism of Osteon

Figure 2 represents the relationship between K_c and $\dot{\epsilon}$ for the wet specimen. To verify the degree of fiber reinforcement of cortical bone, it was supposed that, at any strain rate, K_c value of the T-direction specimen was K_c^T and K_c value of the L-direction specimen was K_c^L , and the difference ($\Delta K_c = K_c^T - K_c^L$) represented the degree of fiber reinforcement. The relationship between ΔK_c and strain rate is shown in Fig. 3.

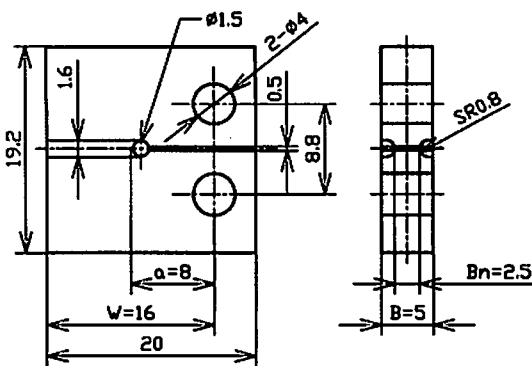


Fig. 1 Compact tension specimen and dimensions (in mm).

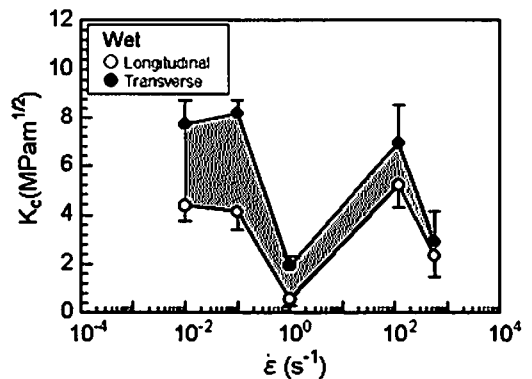


Fig. 2 Relation between fracture toughness and strain rate in wet specimen.

In this case, ΔK_c can be divided into range (a) showing increased ΔK_c values in the range of lower strain rate, range (b) with the degree of fiber reinforcement that decreases as the strain rate increases, and range (c) with a ΔK_c value that is nearly zero.

As shown in Fig. 4, it was speculated that Osteons underwent plastic deformation or ductile fractures after bridging in range (a), and after a gap between Osteons and the parent phase or pull-out of fiber occurred, fibers were broken

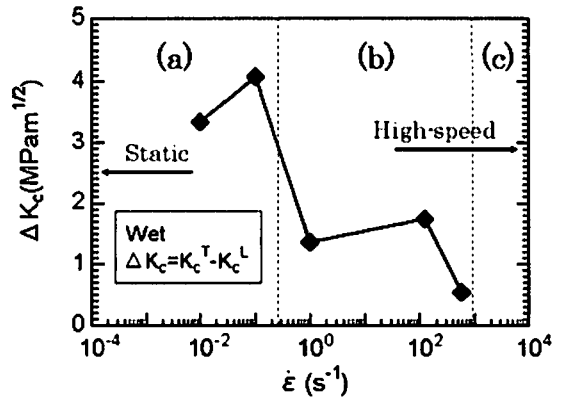


Fig. 3 Relation between ΔK_c and strain rate in wet specimen.

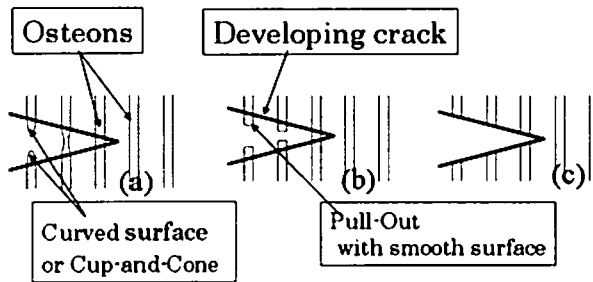


Fig. 4 Cutting mechanism of Osteon.

- (a) Osteons underwent plastic deformation or ductile fractures after bridging.
- (b) Osteons were broken due to brittle fractures after a gap between Osteons and the parent phase or pull-out of Osteon occurred.
- (c) Brittle fracture of Osteons appears.

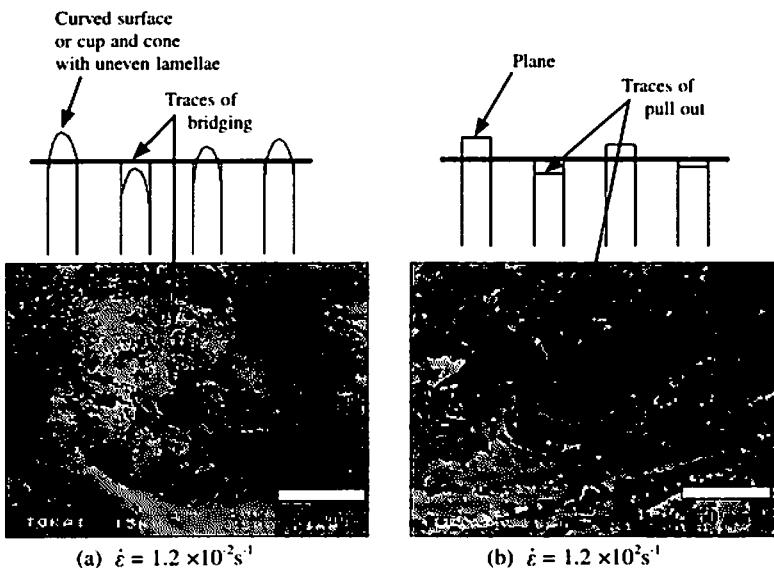


Fig. 5 SEM image of fracture surface for transverse wet specimen.

due to brittle fractures in range (b). Accordingly, brittle fracture of the fiber appears in range (c).

To determine whether the fracture surface was ductile or brittle, SEM observations of fracture surfaces of T-direction and wet specimens were performed. Fig. 5 shows the resulting SEM image. In the case of fracture in range (a), the Osteon stump showed a curved or cup-and-cone surface with uneven of lamellae, and SEM observation revealed a bridging mark. On the other hand, in the case of fracture in range (b), the fiber stump showed a flat surface, and SEM imaging showed a smooth fracture surface. As a result, the above-mentioned hypothesis based on the reinforcement mechanism of fiber-reinforced composite material

was demonstrated to be applicable to bones.

(b) Reinforcement mechanism in the rapid-loading range

Though it was not mentioned in the previous section, the cause of the increased K_c value in the rapid-loading range of $\dot{\epsilon} = 1.2 \times 10^2 \text{s}^{-1}$ (see Fig. 2) may be reinforcement of the parent phase or development of the microcrack toughening mechanism.

Figure 6 shows the relationship between K_c and $\dot{\epsilon}$ for dry specimens, and Fig. 7 represents the relationship between ΔK_c and strain rate, much like Fig. 3, when ΔK_c is calculated for dry specimens. As shown in Fig. 6, the K_c value

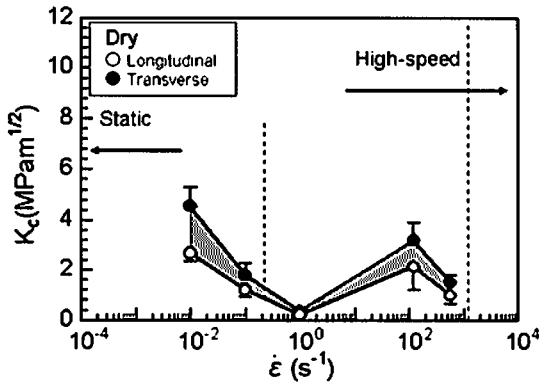


Fig. 6 Relation between fracture toughness and strain rate in dry specimen.

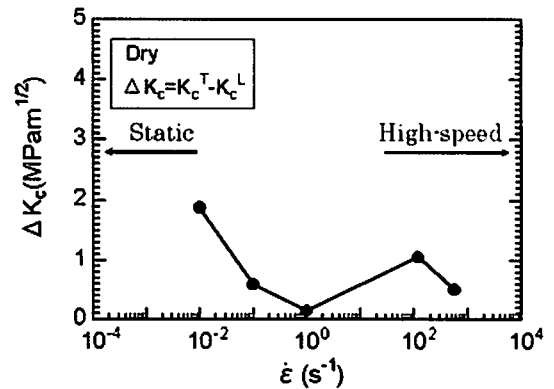


Fig. 7 Relation between ΔK_c and strain rate in dry specimen.

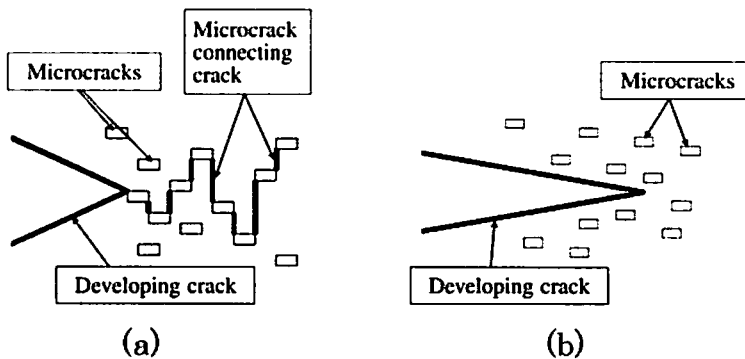


Fig. 8 Crack propagation model.
 (a) Fracture develops due to linkage of microcracks.
 (b) Fracture does not connect with microcracks.

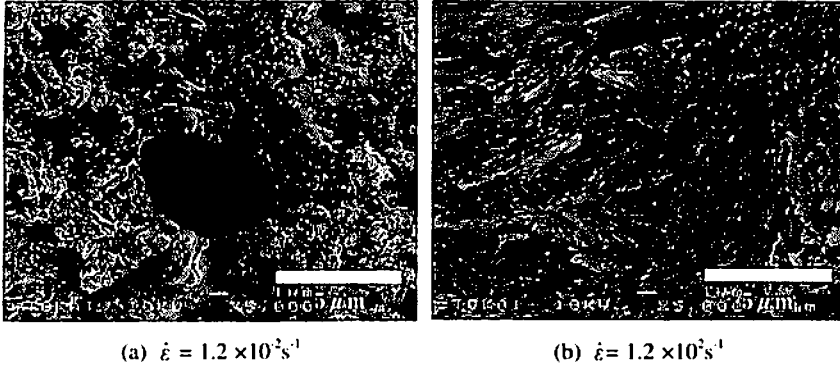


Fig. 9 SEM image of fracture surface for transverse wet specimen.

increased approximately to $\dot{\epsilon} = 10^2 \text{s}^{-1}$ similarly to wet specimens. Also, in Fig. 7, it was found that the effect of fiber reinforcement disappeared in dry specimens, whereas wet specimens had obvious fiber reinforcement. Accordingly, dry specimens may be specimens with reduced effects of collagen fiber due to dried fibers, but with enhanced characteristics of the parent phase.

As shown in Fig. 8(a), a fracture may develop in range (a) due to linkage of microcracks. On the other hand, as shown in Fig. 8 (b), microcracks may help reduce stress because of the insufficient time for crack linkage due to increased strain rate. As a result, the microcrack toughening mechanism occurs with an increased K_c value as shown in Fig. 6.

Micron-order roughness should be observed on the fracture surface of the microcrack linkage mechanism. On the other hand, the fracture surface of the microcrack toughening mechanism must be smooth without marks of microcrack linkage. To verify the above-mentioned hypothesis, SEM images of these wet bone specimens are shown in Fig. 9, which demonstrate the development of microcrack toughening that increases K_c value in the rapid-loading range as suggested by our hypothesis.

IV. Conclusions

Quasi-static and rapid-loading fracture toughness tests were performed using compact tension specimens made of bovine cortical bone to evaluate reinforcement mechanisms of bone.

Our suggestions are as follows:

- (1) Fiber reinforcement mechanisms of wet bone specimens can be divided into three stages, which are bridging, pull-out, and ineffective fiber reinforcement, according to strain rate.
- (2) The microcrack reinforcement mechanism works to the parent phase in the range of strain rate above $\dot{\epsilon} = 1.2 \times 10^2 \text{s}^{-1}$.

References

- [1] Kikugawa, H., Yasui, Y. and Tomatsu, T.: Effect of Strain Rate on the Fracture Toughness of Cortical Bone. *J. Soc. Mat. Sci., Japan*, Vol.49, No.3, 327-333, 2000.
- [2] Kikugawa, H., Asaka, T., Kasuya, H. and Nakamura, Y.: A Study on Effect of Strain Rate on the Fracture Toughness of Bovine Cortical Bone. *Tokai J. Sports Med. Sci.* No.16, 76-80, 2004.
- [3] Ogawa, K., Kimura, T. and Ishiyama, I.: Mechanical Properties of Human Tibia from Directional Viewpoint. *Journal of the Japan Society for Composite Materials*, Vol.3, No.1, 32-37, 1977.

不安とうつに対する運動療法の有効性

—スポーツ精神医学の応用—

保坂 隆 (医学部基礎診療学系・保健管理センター)

Effectiveness of sport therapy on anxiety and depression

Takashi HOSAKA

Abstract

Sport psychiatry is relatively a new field of psychiatry which has two perspectives as follows: (1) a clinical application of sport into clinical psychiatry, and (2) an application of clinical psychiatry into sport.

In this article, I demonstrate two cases with depressive disorder and anxiety disorder who were successfully treated with aerobic exercise, then discuss clinical applicability of sports/exercises into clinical psychiatry with literature review. Several clinical studies with RCT design have revealed that sports/exercises were effective for depressive disorders as well as pharmacotherapy and cognitive therapy. Similarly, literature review revealed that sports/exercises were effective also for anxiety, although by less well-designed studies.

In conclusion, sport therapy is just complementary to traditional therapies such as pharmacotherapy and cognitive therapy for anxiety and/or depressive disorders.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 44-47, 2005)

I. はじめに

スポーツがこころの状態に影響を与えることは経験的にもよく知られている。このスポーツは健常者のQOLを高めるだけでなく、精神疾患の治療の補助手段としても応用が可能である。

永島によれば、スポーツ精神医学には

- ① スポーツの精神医学への応用
- ② 精神医学のスポーツへの応用

という双方向性の視点がある¹⁾。前者は、スポー

ツが持つ抗不安作用や抗うつ作用などを扱う視点であり²⁾、後者は、スポーツとの誤った取り組みや不適切な指導によって生じたスポーツに関連した精神障害や、競技スポーツ選手にみられる精神医学的問題を扱う視点である。そして、この新しい領域を専門的に扱う「日本スポーツ精神医学会」が2003年に設立された³⁾。

本稿では、臨床精神医学の立場から、通常の薬物療法に運動療法を追加した症例を呈示して述べ、スポーツが持つ抗不安作用や抗うつ作用について文献的なレビューをする。

【症例1】：45歳、男性

やや几帳面な性格で、妻と娘の家族3人暮らし。会社内での対人関係のトラブルから不眠がちになり、疲れやすくなり、何回か会社を休むようになった。その後はさらに抑うつ症状が続いたために精神科を受診した。精神科の診察では、抑うつ感(憂うつ、悲しい、孤独だ、など)、精神運動抑制(何もしたくない、おっくう、集中力がない、など)、に加えて不眠や食欲不振などの身体症状もみられた。その結果、中等度のうつ病と診断し、Milnacipran 45→75 mg/日の処方をしたところ、2カ月後にはほぼ症状は改善した。

しかし、仕事への復帰を考えると不安・不眠が始まり職場復帰が延長されていた。当時は肥満気味であったことも考え、軽い有酸素運動を勧めた。

当初は毎夕30分間程度の散歩から始めたが、気晴らし的な効果から、朝夕2回の散歩に増やし、軽いジョギングをするようになった。その後体重も減量でき復帰への自信も出てきた。

があることを報告している⁶⁾。

また、Freemont, J., Craighead, L. W. らは49人の抑うつテストであるBDI高得点者を、①有酸素運動群、②認知療法群、③ ①+②に無作為に割り付け治療を開始し、10週間後に①②③群ともBDIは低下していた。しかも各群間で差はなかったため、有酸素運動は認知療法と同等の効果を有していることを報告した⁷⁾。

さらにBlumenthal, J. A. らは、156名の50歳以上の大うつ病患者を、①有酸素運動(45分、walking/jogging)、②薬物療法(SSRI)、③ ①+②の3群に無作為に割り付けて、それぞれの治療を16週間行ったところ、抑うつ程度を示すHAM-D、BDIは3群とも有意に低下した⁸⁾。その対象を10カ月後に経過観察したところ、①群の60%、②群の66%、③群の69%は臨床的にも寛解したことがわかった⁹⁾。そのために著者らは、有酸素運動は高齢者うつ病にはSSRIと同等の効果を示すと結論づけている。

II. スポーツの抗うつ作用

まずSexton, H. らは、25人の大うつ病患者をランニング群(有酸素)とウォーキング群(有酸素)に分けて運動させたところ、両群とも抗うつ効果がみられ、有酸素運動には抗うつ効果があると述べている⁴⁾。

一方Doynes, E. J. らは、40人のRDCうつ病患者をランニング群(有酸素)と筋トレ群(無酸素)に分けて運動させたところ、両群とも抗うつ効果がみられたため、有酸素・無酸素運動にはともに抗うつ効果があることを報告している⁵⁾。同様にMartinsen, E. W. らは、99人の大うつ病・気分変動症・他のどこにも入らないうつ病患者を、有酸素運動(早足、ジョギング)と非有酸素運動(筋トレ、リラクゼーション、ストレッチ)に無作為に割り付け、週3回、1回1時間、8週間の運動をさせたところ両群とも抗うつ効果がみられたため、有酸素・無酸素運動にはともに抗うつ効果

【症例2】36歳、主婦

夫と中学生のひとり息子の3人暮らし。近所とのトラブルが元で外出するのがイヤになっていた。そんな折り実家の父親が病気になり、週末に実家との往復をしたのをきっかけに不安感が生じるようになった。最初は、買い物などで外出しようとする際に不安感が生じたが、そのうち家にいる間も、何となく胸のあたりの不快感を自覚するようになり、精神科を受診した。

診断的にはパニック障害と思われSSRIであるParoxetine 20 mg/日を開始した。約1カ月間の薬物療法後はパニック発作は生じなくなったが、軽度の予期不安が続いていた。

そのため、気分転換や気晴らし的な効果を期待してスポーツを勧めた。本人との相談の結果、内容的には膝への負担が少ない水中ウォーキングを始めた。その後も、患者は水中ウォーキングを週3回することが習慣になり、予期不安もほとんど消失していった。

Ⅲ. スポーツの抗不安作用

まず Broocks, A. らは、46人の中等度以上のパニック障害の患者を、①有酸素運動（ランニング）、② Clomipramine (112.5 mg/day)、③ プラセボに無作為に割り付け、10週間後には、不安の改善は有酸素運動は Clomipramine と同程度、効果の発現に関しては有酸素運動では Clomipramine よりも遅れて効果が発現したことを示した¹⁰⁾。

また、Martinsen, E. W. らは79人の不安障害の患者を有酸素運動（早足、ジョギング）と非有酸素運動（筋トレ、リラクゼーション、ストレッチ）に無作為に割り付け、週3回、1回1時間、8週間の運動をさせたところ、有意差は得られなかったが、両群とも不安得点は下がる傾向があった¹¹⁾。

Ⅳ. 考 察

文献的に言えば、うつ病に対してはスポーツや運動の効果を示す報告が多く、認知療法や薬物療法と同程度の効果があることを結論づける研究もある。それに対して、不安や不安障害患者に対する厳密な研究は比較すると少ないが、やはり運動には抗不安効果があることがほぼ示されていると言っても過言ではない。

しかし、うつ病や不安障害のような精神的な疾患を持つ患者に対して、抗うつ剤や抗不安薬などの定型的な薬物療法や、効果が認められている認知療法などに代わる治療法として考えるのは早計であろう。あくまでも補助的な治療法と考えるべきである。

本稿における症例1はうつ病、症例2は不安障害の患者に、定型的な治療を試みたところ、ほぼ症状は軽快したが、完璧に吹っ切れないような軽い残遺症状があったために運動療法を加えたところ、さらに良くなっていったケースで

ある。スポーツや運動療法を、実際のうつ病や不安障害の患者に応用する際には、ほぼ理想的な場合と思われる。

また、Courneya, K. S. らは、53人の乳がん患者を無作為に二分して週3回、15週間エアロバイクをしたところ対照群と比較して、運動群では最大酸素摂取量が有意に増加しQOLも有意に向上したことを報告している¹²⁾。このように、身体疾患患者に対して、定型的な身体治療に加えて、この運動療法を医学的に許容される範囲内で応用するならば、患者のQOL向上などが得られることは乳がん以外でも確かめられている。

運動療法の臨床医学への応用については、まだ実証的な研究は多いとは言えないが、身体機能を十分に考慮した運動処方ならば、精神疾患や身体疾患への直接的な治療にならなくとも、患者のQOL向上には間違いないと有効であろう。今後、さらなる研究が望まれる。

Ⅴ. 結 論

運動療法は、不安・抑うつなどに治療的な効果が、また不眠・痴呆などにも副次的な効果があることがわかってきた。さらに、たとえば身体疾患患者のQOL向上にも有効であることが実証されてきている。しかし、現時点では運動療法はあくまでも補助的に用いられるべきであり、従来からの治療に取って代わるべきものではない。

スポーツ精神医学の今後の課題としては、どのような疾患に、どのくらいの頻度で、どんな運動をするのが最も効果的であるのかを、その患者の身体症状・身体機能を考慮して決めるガイドラインを決めることである。

参考文献

- 1) 永島正紀：スポーツ精神医学概説。臨床精神医学, 31: 1305-1313, 2002.
- 2) 永島正紀：スポーツ精神医学。日大医学雑誌, 52: 183-186, 1993.

- 3) 永島正紀：スポーツ精神医学の現状と課題. スポーツ精神医学, 1: 2-5, 2004.
- 4) Sexton, H., Mere, M., Dahl, N. H.: Exercise intensity and reduction in neurotic symptoms. *Acta Psychiatr Scand* 80: 231-235, 1989.
- 5) Doyne, E. J., Ossip-Klein, D. J., Bowman, E. D., Osborn, K. M.: Running versus weight-lifting in the treatment of depression. *J Consult Clin Psychol* 55: 748-754, 1987.
- 6) Martinsen, E.W., Hoffart, A., Solberg, Y.: Comparing aerobic and nonaerobic forms of exercise in the treatment of clinical depression: a randomized trial. *Compr Psychiatry* 30: 324-331, 1989.
- 7) Freemont, J., Craighead, L. W.: Aerobic exercise and cognitive therapy in the treatment of dysphoric mood. *Cog Ther Res* 2: 241-251, 1987.
- 8) Blumenthal, J. A., Babyak, M. A., Kathleen, M. A., Craighead, E.: Effects of exercise training on older patients with major depression. *Arch Intern Med* 159: 2349-2356, 1999.
- 9) Baryak, M., Blumenthal, J. A., Herman, S., Khatri, P.: Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosom Med* 62: 633-638, 2000.
- 10) Broocks, A., Bandelow, B., Pekrun, G., George, A.: Comparison of aerobic exercise, clomipramine, and placebo in the treatment of panic disorder. *AM J Psychiatry* 155: 603-609, 1998.
- 11) Martinsen, E. W., Hoffart, A., Solberg, Y.: Aerobic and nonaerobic forms of exercise in the treatment of anxiety disorders. *Stress Medicine* 5: 115-120, 1989.
- 12) Courneya, K. S., Friedenreich, C. M., Sela, R. A., Quinney, A. H.: The group psychotherapy and home-based physical exercise (Group-Hope) trial in cancer survivors: physical fitness and quality of life outcomes. *Psycho-Oncology* 12: 357-374, 2003.

足趾力に関する研究

加門正行 (スポーツ医科学研究所研修員) 東福寺規義 (医学部附属病院リハビリテーション科)
中村 豊 (スポーツ医科学研究所)

Research regards to flexional force of foot

Masayuki KAMON, Noriyoshi TOUFUKUJI and Yutaka NAKAMURA

Abstract

The purpose of this research is to determine the practical implementation of the foot grasp power measuring the feasibility of the Eccentric and Concentric contraction force of the feet.

This experiment was conducted among athletes, 13 male athletes and 7 female athletes. The foot grasp power, the eccentric and concentric flexional force, of these athletes were measured the device created to measure the foot grasp power's Eccentric and Concentric contraction force was set at $R=0.93$ for actual implementation $R=0.86$ and indicated very high results. When measuring the foot grasp power, the results for each foot digit (No. 1-5) were positive and indicated the feasibility of this device.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 48-54, 2005)

本研究の目的は足趾力を測定する為の足趾力測定器を試作し、その測定値の再現性を確認し、各足趾において求心性筋力、遠心性筋力の測定が可能か検証することである。(男性13名、年齢 19.3 ± 1.0 歳、女性7名、年齢 20.0 ± 1.2 歳)のスポーツ選手を対象として、求心性と遠心性の足趾力を測定した。作成した足趾力測定器による求心性筋力、遠心性筋力の再現性は級内相関係数 $r=0.93$ 、級内相関係数 $r=0.86$ であり、高い再現性を示した。また求心性と遠心性の足趾力において、遠心性の方が有意に高い値が得られた。測定を行うにあたり、第1～第5趾まで数値を得ることができたが、測定器の形状に関しては今後の課題となる点も存在した。

キーワード：スポーツ選手、足趾力、求心性筋力、遠心性筋力

I. はじめに

ヒトが立位にて運動を行う際、足は唯一地面と接地している。これまでの研究から、足部のメカノレセプターの情報により姿勢制御に関与していると示唆する報告¹⁾や、足趾筋力が姿勢を安定させる一つの要因になりうるとする報告²⁾がある。

日常生活とスポーツ活動を比較すると、スポーツ場面では活動量が豊富となり、走る、跳ねるといった俊敏な動作を要求される。このことから、上述した足趾部の機能は日常生活の場面よりも、

スポーツ場面において、より活動的に機能している。しかし、スポーツの分野における足趾筋力の特徴を示した報告は少ない。そこで今回我々は、足趾筋力測定器を自家考案し、スポーツ選手における筋力測定を行った。そして、測定値の信頼性を検討し、得られた測定値より若干の知見を得たのでここで紹介する。

II. 対象と方法

1. 対象

被験者は東海大学メディカルクリニック来訪者で、下肢に機能障害が認められないスポーツ選手20名（男性13名、女性7名、年齢平均男性 19.3 ± 1.0 歳、女性 20.0 ± 1.2 歳）を対象とした。スポーツ選手とは東海大学体育会所属（ハンドボール5名、バスケットボール2名、テニス1名、陸上1名、硬式野球2名、柔道1名、剣道1名、スキー1名、バドミントン2名、その他3名）の部員である。なおこれら被験者には事前に研究の目的と方法を十分に説明し同意を得た上で測定を行った。

2. 測定器具

今回作成した測定機器は、市販の竹井機器工業のデジタル握力計（5 kg 以上、0.1 kg 単位で表

示）を用いて作成した。本体に握力計（a）をL字鋼でスライド板に固定した。巻き取り軸（b）の直径3 mmの鋼鉄製ワイヤーは、足固定台（c）に対し求心性、遠心性に移動できる構造である。握力計の力点にはジュラルミンをJ字状に加工した伝達棒（d）を取り付け、その先にワイヤーで足趾リング（e）を取り付け、足趾力が足趾リングから力点へ水平にかつ外力を受けずに力が伝達できるようにした。足固定台にのせた足は固定用ベルトにより固定され、各足趾を足趾リングに固定させ求心性、遠心性の測定を行った。足趾リングは足趾の大きさに合わせ4種類を作成した。以上本機器の特徴は求心性と遠心性の筋力測定が可能であること、及び各足趾の筋力が測定できることである。（図1）

3. 測定方法及び測定項目

測定は被験者を座位にし、まず求心性筋力を第1趾に対し3回測定した後、同様に第2～第5趾も3回測定した。次に遠心性筋力を求心性筋力と同様に、第1～第5趾と測定を行った。片方の足の求心性筋力、遠心性筋力を測定した後、他方の足を測定した。（図2）

求心性筋力はまず足趾リングの位置決めを行う。測定を行う足趾に足趾リングを挿入し遠心方向に一定の緊張がかかり、足趾リングが落下する限界

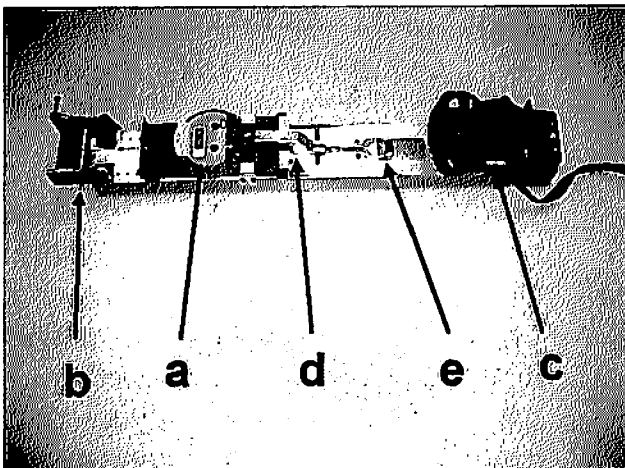


図1 足趾力測定装置

- a: 竹井機器工業デジタル握力計（5 kg 以上、0.1 kg で表示）
- b: 巻き取り軸（S45C 製）
- c: 足固定台（一般工業用鋼材製）
- d: 伝達棒（ジュラルミン製）
- e: 足趾リング（ジュラルミン製）

Fig. 1 Strength of foot flexor device

- a: Grip strength measuring device (It displays by 5 kg or more and 0.1 kg)
- b: Take up stick (S45C)
- c: Foot stabilizer (steel materials)
- d: Transfer stick (duralumin)
- e: Thumb ring (duralumin)



図2 足趾力測定装置
Fig. 2 Strength of foot flexor device

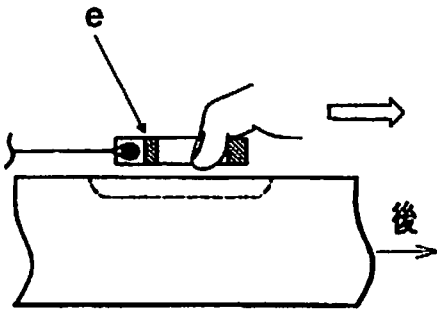


図3 求心性筋力
Fig. 3 Concentric contraction

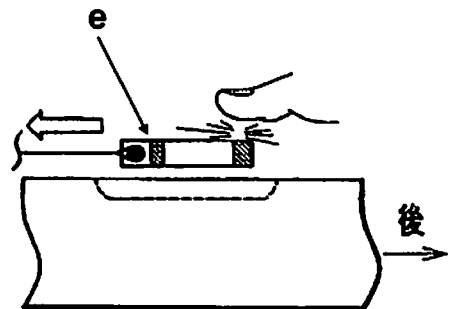


図4 遠心性筋力
Fig. 4 Eccentric contraction

点を測定開始点とした。位置を決めた後に、足趾リングを被検者の最大努力下で求心方向への屈曲したときの力を測定した。(図3)

遠心性筋力は足趾にリングを挿入し、最大屈曲位をとりワイヤーに一定の緊張をかけた位置を測定開始地点とした。巻き取り軸のワイヤーを遠心性に巻き取ることにより足趾リングを遠心性にスライドさせ、足趾が伸展され、被検者が痛みにより足趾リングを保持不可能となった時点、もしくはリングが外れた時点を終了とし測定を行った。求心性筋力、遠心性筋力ともに痛みが生じたときの値も測定値とした。(図4)

4. 統計処理

足趾筋力値の再現性については、級内相関係数

によって検討した。また、求心性、遠心性収縮時の筋力の左右差、左右における求心性と遠心性の筋力の差を対応のあるt検定により検討した。

Ⅲ. 結 果

1. 第1～第5趾足趾力測定及び再現性について

求心性筋力、遠心性筋力において左右の級内相関係数は $r = 0.85 \sim 0.96$ であり、良好な再現性が得られた。また、有意な左右差はなかったが、求心性筋力と遠心性筋力の測定値間は遠心性筋力のほうが有意に高い値を示していた($p < 0.05$)。

第1～第5趾足趾力の測定値からにおいて求心性筋力、遠心性筋力及びその左右の平均値と標準

偏差を求めた。左第1～第5趾の求心性筋力の平均値と標準偏差は12.0 kg ± 2.8, 7.6 kg ± 2.0, 7.3 kg ± 2.0, 7.5 kg ± 1.9, 6.8 kg ± 1.4となった。右足趾における足趾力の平均値と標準偏差はそれぞれ11.8 kg ± 3.6, 7.8 kg ± 2.3, 7.5 kg ± 1.9, 6.9 kg ± 2.0, 6.1 kg ± 0.9となった。左第1～第5趾の遠心性筋力の平均値と標準偏差は17.9 kg ± 7.3, 9.4 kg ± 2.8, 8.1 kg ± 1.8, 7.9 kg ± 1.5, 6.7 kg ± 1.3となった。右足趾における足趾力の平均値と標準偏差はそれぞれ18.9 kg ± 7.6, 10.1 kg ± 3.7, 8.6 kg ± 2.6, 8.0 kg ± 1.8, 6.3 kg ± 1.0とな

った。今回の測定においては装置の測定能力は、5 kg 未満の値が測定できなかった。第1趾のデータはすべての場合で5 kg 以上の値を示した。しかし、第2～第5趾の測定の場合、値が5 kg 未満のケースがあった。第2～第5趾において平均値が得られたデータは、全データ中77.5%であった。

2. 第1趾における足趾力の比較

1) 第1趾求心性筋力

男性についての値は7.9 kg から20.8 kg の範囲

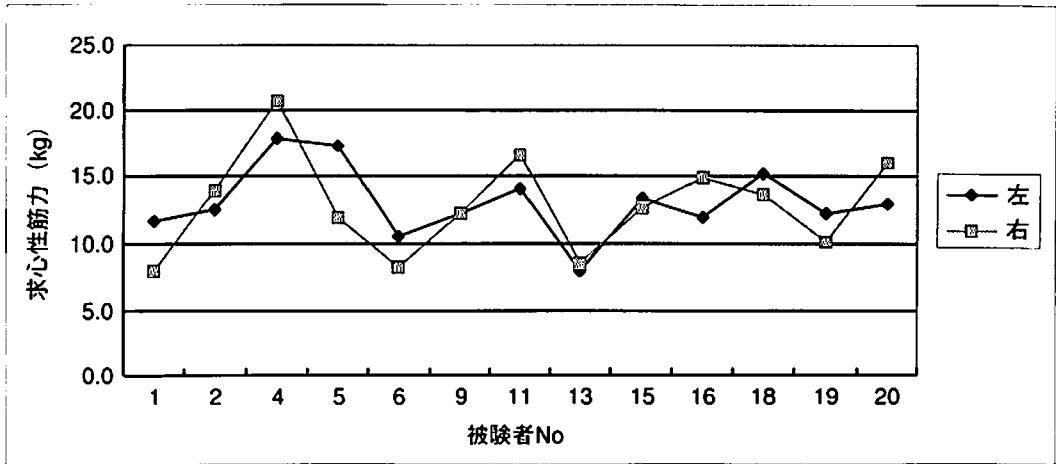


図5 第1趾求心性筋力 (男性)
Fig. 5 Concentric contraction of first digit flexors (male)

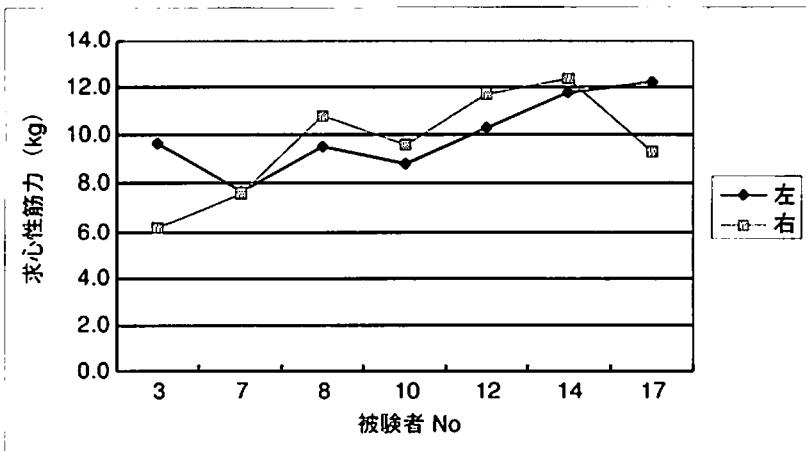


図6 第1趾求心性筋力 (女性)
Fig. 6 Concentric contraction of first digit flexors (female)

に得られ、平均値と標準偏差は左足13.1 kg ± 2.8、右足12.9 kg ± 3.7となった。また女性についての値は6.2 kg から12.4 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は左足10.0 kg ± 1.6、右足9.7 kg ± 2.2 となった。(図5, 6)

2) 第1趾遠心性筋力

男性についての値は11.8 kg から40.0 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は左足20.7 kg ± 7.5、右足21.6 kg ± 7.7となった。また女性についての値は8.3 kg から19.5 kg の範囲に得られ、平均値と標準偏差は左足12.8 kg ± 3.0、右足13.7 kg ±

3.6となった。(図7, 8)

3) 第1趾足趾力男女比較

図5～8に示すように男性及び女性の測定値の平均値による比較では求心性筋力、遠心性筋力共に男性が女性より高い値を示した。左足求心性筋力の値に対し、遠心性筋力の値は男性では約1.6倍であり、女性では約1.3倍であった。また右足求心性筋力の値に対し、遠心性筋力の値は男性では約1.7倍であり、女性では約1.4倍であった。(図9)

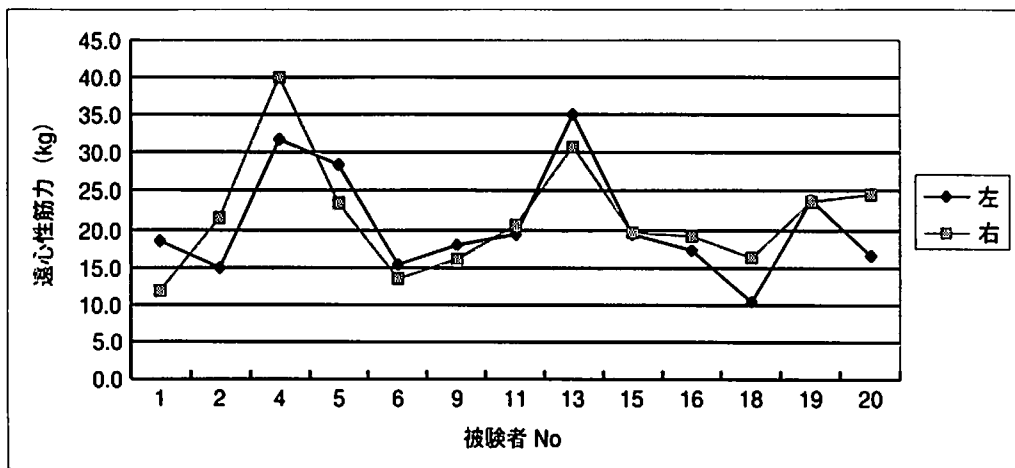


図7 第1趾遠心性筋力 (男性)
Fig. 7 Eccentric contraction of first digit flexors (male)

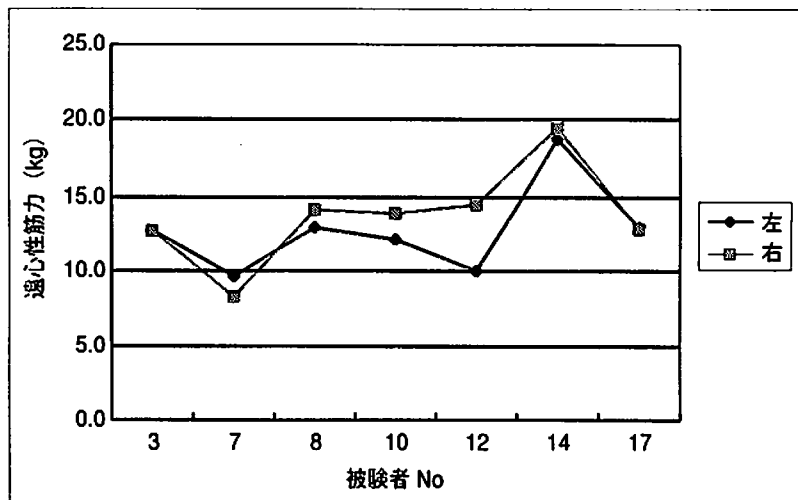


図8 第1趾遠心性筋力 (女性)
Fig. 8 Eccentric contraction of first digit flexors (female)

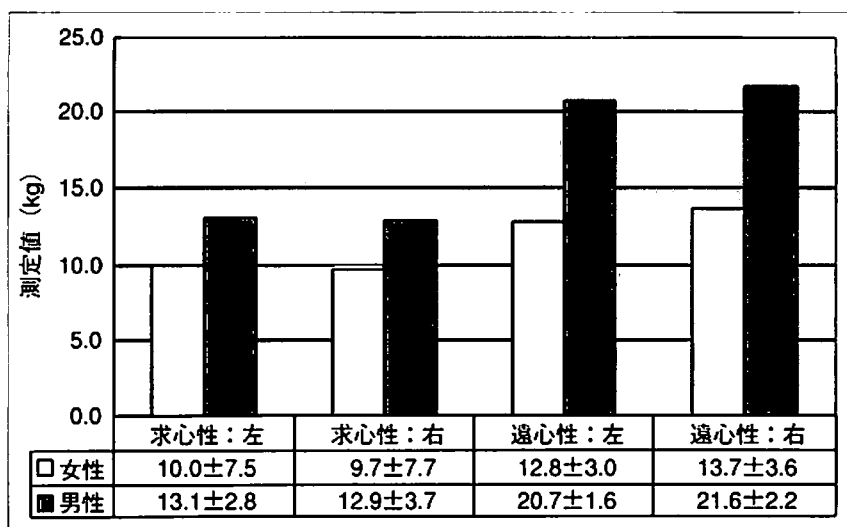


図9 第1趾足趾力平均値
Fig. 9 Ave. of flexional force out put

IV. 考 察

足に関わる文献の中で足趾に関連する足把持力など、さまざまな研究報告がされている。これら多くの場合は手の握力計と同様、5趾の測定を同時に行った報告である。足趾単体で測定した報告は少ないと考えられ、今回は自家考案の測定器を作成し、第1～第5趾の足趾単体で筋力を測定することが可能であった。また、求心性筋力、遠心性筋力の2つの筋力についてそれぞれの値を度測定することが可能であった。

今回測定した測定値の再現性に関して、級内相関係数は $r = 0.85 \sim 0.96$ であり、良好な再現性が得られている。測定を行う過程で、足趾リングの形状が原因で痛みを訴える例が測定開始後、数件あった。そこで足趾とリングの間に緩衝材を取り入れることにより、それ以降リングが原因による訴えはなくなった。つまり、今回は始めたばかりの初期の測定値は一部不正確であることも考えられる。それ以後は、測定中痛みを訴える場合は遠心性の測定がほとんどであった。これは筋疲労のため、もしくはリングの形状によるものと考えられる。測定を行う過程において、リングの形状の

改善が有効であったが、今後改善の余地はあると考える。また、第2～第5趾において全データ中22.5%は値が得られなかった。その大半は女性であり、主に第4、第5趾の測定においてであった。その理由として、装置の測定能力が5kg未満の値を測定できなかったということが挙げられる。今後、測定機器を改良し5kg未満の値が測定できるよう試みる必要があると考えられる。

村田ら²⁾の報告によると足把持力は男性平均12.7 kg、女性平均8.3 kgであった。個々の足趾を測定した本研究においては第1趾のみの値はあるが男性の求心性筋力における平均値と標準偏差は左13.1 kg ± 2.8、右12.9 kg ± 3.7、遠心性筋力左20.7 kg ± 1.6、右21.6 kg ± 2.2であった。女性は求心性筋力左10.0 kg ± 7.5、右9.7 kg ± 7.7、遠心性筋力左12.8 kg ± 3.0、右13.7 kg ± 3.6であった。村田らの報告による足把持力と本研究の双方の共通点は男性のほうが女性の値よりも高い数値を得ている。今回の測定結果より第1趾の値では男女の平均の差が求心性では約3 kg、遠心性では約8 kgの差があった。また、足把持力の測定は5本の足趾を同時に計測された値に対し、本研究における第1趾のみの値は若干高めである。これより足把持力は第1趾の力が最も関与してい

るのではないかと考えられる。第2～第5趾に比べ第1趾の筋力は強く力学的意義があると推察できるのではないと思われる。

Thomasら³⁾の文献によると、筋が最大の力を発揮できるのは遠心性筋力といわれている。我々の測定においては、求心性筋力と遠心性筋力では遠心性筋力のほうが有意に高い値が得られた。これはThomasらと同様の結果であり、最大筋力を測定するには遠心性筋力を測定することが好ましいと考えられる。

スポーツ選手には、バスケットボール、バレーボール等の靴を使用した競技から柔道、剣道などの裸足で行う競技種目がある。今回の測定ではスポーツ選手を対象としたが、裸足の場合と靴を使用した場合を比較できる有効な測定件数が得られなかった。次回以降、競技特性の違いに着目して測定を行いたいと思う。そして、各々のスポーツ特性に合わせて必要な筋力の基準値が得られるか検討することが今後の課題である。

V. まとめ

本研究は足趾力を測定する為の足趾力測定器を試作し、その測定値の再現性を確認し、各足趾において求心性筋力、遠心性筋力の測定が可能か検

証を行い、またスポーツ選手を対象とした。今回足趾に関する研究において一連の測定を終え、以下の結果を得た。

- 1) 足趾力測定器を作成し、スポーツ選手の足趾力を測定した。また、足趾の求心性筋力、および遠心性筋力の測定を実施した。
- 2) 作成した足趾力測定器による測定は高い再現性を示した。また、遠心性筋力の方が有意の値を示した。
- 3) 今後足趾力測定器の改良を加え、測定例を増やし、それぞれの数値について詳細を吟味していく必要があることがわかった。

謝辞

本測定器の製作に全面的にご協力を頂いた東海大学工学部機械工学科（機械系工場）の佐藤清技師補に深謝いたします。

参考文献

- 1) 井原秀俊：関節トレーニング改訂第2版 神経運動器協調訓練，共同医書，91-92，1996.
- 2) 村田 伸，忽那龍雄：足把持力測定を試み，理学療法の科学 17(4): 243-247, 2002.
- 3) Thomas R. Baechle, Roger W. Earle: ESSENTIALS OF STRENGTH TRAINING AND CONDITIONING: 26-57, 2002.



人工炭酸泉水の血流増加効果

中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 堀江 繁 (スポーツ医科学研究所)

西村典子 (スポーツ教育センター) 野口康雄 (体育学部体育学科)

The effect of artificial CO₂ water immersion on subcutaneous microcirculation in the limbs

Yutaka NAKAMURA, Shigeru HORIE, Noriko NISHIMURA and Yasuo NOGUCHI



Abstract

Summary: Although carbon dioxide had an increase action of a skin blood flow, a blood-pressure fall action, etc. to the human body, in order to utilize these actions for conditioning of Athlete, experiment using carbon dioxide-rich water produced artificially was performed. The upper limbs of both sides were immersed in artificial carbon dioxide-rich water and fresh water which were set up lower than the temperature of a human body and comparison examination of the recovery process of the skin temperature of since it is immediately after taking out from water was carried out by fresh water and artificial carbon dioxide-rich water. In five healthy adults who do not have trouble in the blood circulation of a finger, subjects are two men and three ladies. A temperature set up three temperature belts, 15 degrees, 20 degrees and 35 degrees, and immersion time was performed in 5 minutes, 10 minutes, and 20 minutes, and observed the recovery process of skin temperature in thermometer. Three fixed points were established in observation of skin temperature and three points, a middle finger tip, mid-palm, and distal portion of forearm, were made into the viewpoint.

Result: The early recovery tendency of skin temperature after immersion was seen to carbon dioxide-rich water between fresh water and carbon dioxide-rich water. Further the skin temperature of the portion immersed in carbon dioxide-rich water from immediately after immersion showed the tendency higher than the skin temperature of portion immersed in fresh water and which becomes large as it went to the tip, and the temperature of the portion dipped in carbon dioxide-rich water from immediately after immersion was the largest at the middle finger, and showed the small tendency by distal portion of forearm. Moreover, the difference may not be seen in recovery time of skin temperature, by evaluation with thermometer. When both upper limbs were immersed to the water set as 35-degree, recovery of skin temperature happened for a short time and the difference of recovery of skin temperature showed the few tendency in the comparison between fresh water.

Consideration: The increase effect in a skin blood flow which carbon dioxide has also in artificial carbon dioxide-rich water was observed, and it was thought that it was utilizable for maintenance of condition of Athlete or rehabilitation. However, there is also a case from which the increase effect of a skin blood-flow was not acquired, and it was thought that examination was required further.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 55-62, 2005)

I. はじめに

二酸化炭素ガスは我々の日常生活の中で随所になじみのある気体として登場している。しかしながら人体との関わりという点では必ずしもなじみ深いものではなく、呼吸時のガス交換で肺から排出される気体であるという程度の認識が一般的ではないと思われる。またドライアイスに代表される保冷剤、炭酸飲料としての捉え方や植物の光合成における基礎成分としての存在を時として思い知らされる気体でもある。このように存在自体は知られている二酸化炭素ガスであってもその具体的な作用については認識が薄いのではないと思われる。むしろ頻度は少ないものの二酸化炭素ガスの貯留による中毒や呼吸器疾患などで起こる高炭酸ガス血症などを耳にすることが多く、生体に対する作用の認識は必ずしも好ましいものではないように思われる。一方で二酸化炭素は自然界ではガスの形で存在するか水に溶けた形で存在するかのどちらかであるが、火山爆発後のマグマ産物として高濃度の炭酸ガスを含む炭酸泉が欧州では多く存在し、循環障害、血管障害や自律機構調節障害に有効な治療として用いられるようになり、欧州諸国では古くから温泉療法の一環として炭酸泉が心臓疾患などへの治療に用いられてきた経緯がある¹⁻³⁾。このように炭酸ガスが水を介して皮膚に吸収される場合に生体に対してある生理的機能をもつことも再認識しておく必要があると考えられる。

これらの経緯を踏まえて我々はこの高濃度の炭酸ガスを含む炭酸水を人工的に作製可能な機器の提供を受け、人工炭酸泉のもつさまざまな効果を利用してスポーツにおけるコンディション維持改善やリハビリテーションへの効果的応用について一つの検証を行ったので報告する。

II. 炭酸泉の作用

炭酸泉とは水温が20℃以上で1,000 ppm以上の遊離炭酸ガスを含む温泉をこう呼ぶことになっている⁴⁾。またこの炭酸泉は主に沈静化した地質学的に古い火山地帯に多く存在するといわれており、欧州などのように比較的古い地層の火山活動の沈静化した地域には炭酸ガスを高濃度に含む泉水が多く存在し、その研究も古くから行われている。

この炭酸泉のもつ全身的な効果としては①皮膚血流の増加、②循環調節機能が挙げられる。皮膚血流の増加は700 ppm以上でみられると報告されており⁴⁾、また抹消血管拡張の治療的に用いられている⁵⁾。循環調節機能の最も顕著な応答として高血圧患者での血圧低下と除脈が報告されている⁵⁾。局所的な炭酸線の作用としては浸漬部の皮膚に炭酸ガスの小泡が付着することが挙げられている。同時に浸漬部皮膚の紅潮があり、境界線として非浸漬部との区別が明瞭に識別できるほどに皮膚の紅潮が見られる。さらに冷受容の抑制現象があり健丈人では冷たいと認識される34~35℃であっても、炭酸水では暖かく認識される現象が挙げられる。しかしながら炭酸泉水の温度受容器への作用機序は正確には判明しておらず、今後の研究に委ねられている。

III. 目的

温泉療法の一つである炭酸泉にみられる循環促進効果が人工炭酸泉においても同様に見られることを検証し、スポーツ選手のコンディション維持や障害からの競技復帰に際してどのように有効に応用できるかを探るとともにその具体的な運用方法を確立する。

IV. 対 象

今回の調査対象は5名で手指に障害がなく、血行に関しての特別な疾患や既往をもたない健丈者とした。年齢は20代3名、30代1名、50代1名でいずれも無作為に選出された者とした。性別は男性2名、女性3名で今現在は特別なスポーツ活動を行っていないものを対象とした。

V. 方 法

人工炭酸泉水のもつ皮膚血流増加作用をサーモグラフィーによる温度差で確認した(図1)。皮膚温度より低く設定した真水と人工炭酸泉水を作

製し、両側の前腕から指先まで同一時間浸水させ、皮膚温度の回復時間に差を生じるかをサーモグラフィーにて検証した。炭酸濃度1,000~1,300 ppmの人工的炭酸泉水を三菱レーヨンエンジニアリング社製 CARBOTHERAminiを用いて作製し、皮膚温度より低くするには水を使用して温度調節を行った(図2)。測定条件は室温 22℃で両側前腕部まで同時に浸水させ、浸水終了後よりサーモグラフィーにて温度回復経過を観察した。右側に炭酸泉、左側に真水を浸水させ、測定時間内は手指の運動を含め、身体活動は行わずに測定した(図3)。

温度設定は15℃、20℃、35℃の三つの温度帯を設定し、浸水時間はそれぞれ5分10分20分に設定して行った。温度測定には一定点を定め時間の経過に応じて回復経過を検討した。定点の決定は前



図1 人工炭酸泉水作製装置
Fig.1 Artificial carbon dioxide-rich water creation equipment



図2 サーモグラフィー
Fig.2 Thermometric equipment



浸水時
(At the time of immersion)



撮影時
(At the time of photography)

図3 皮膚温度の測定方法
Fig.3 The measuring method of skin temperature

腕部遠位、手掌中央と中指先端の3点とした。

VI. 結 果

被験者の浸水中および浸水後の前腕は炭酸泉のもつ局所作用である小泡の付着がすべてのものにみられ、炭酸泉水との境界部の皮膚には紅潮が起り、真水との炭酸泉水との温度比較では主観的に明らかに炭酸泉水に冷受容の抑制が起り温度感覚の上昇が体験された(図4)。

サーモグラフィーによる画像解析と定点温度測定から得られたデータから温度設定された真水に浸水させた後のリウォーミング経過をみると、血行回復のパターンは全例に一致して前腕遠位部分か

ら温度の回復が得られ、時間経過とともに手掌部分へ血流回復が移行し、最後に指先へ温度の回復が進行した。しかしそれぞれの部位での温度回復は母指側と小指で差がみられた。手掌部における回復は中心部分から起り母指球部あるいは小指球部へと進行した(図5)。指先の回復には一定したものはなく母指から回復したもの1名、環指が1名、環指・小指2名、示指・中指2名であった。皮膚温度の回復時間は当然のことながら設定温度により異なり、15℃で約70分、20℃で約50分、35℃では10分前後であったが、一定のものではなくしかも性差があり、女性では長引く傾向がみられた。また年齢でも50代は20代に比べて回復が長引く傾向がみられた。

真水と炭酸泉水との間で浸水後の皮膚温度の回



図4 浸水直後の皮膚状況
炭酸泉水に浸けた皮膚に紅潮が強くみられる

Fig. 4 Skin condition after immersion
A flush is strongly seen by the skin immersed in artificial carbon dioxide-rich water

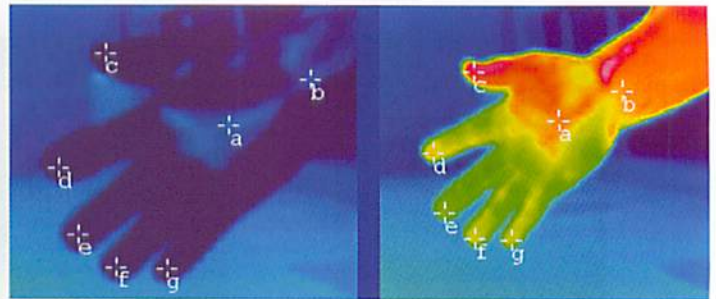


図5 真水浸水後のリウォーミング経過(水温15℃、5分経過)

Fig. 5 Recovery progress of the skin temperature after immersion of fresh water (water temperature of 15°C, 5 minutes immersion)

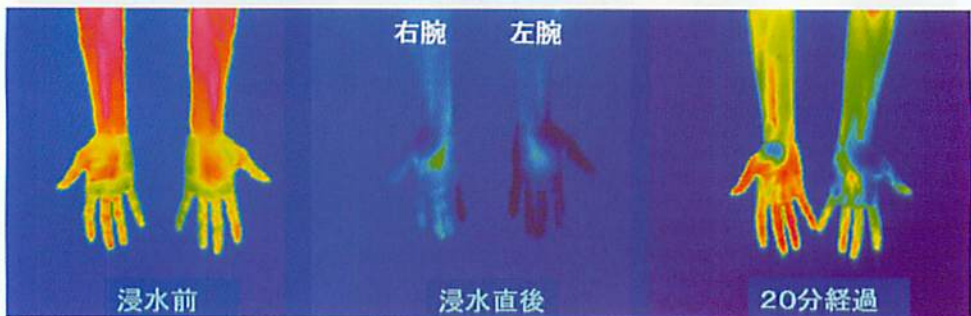


図6 浸水後のリウォーミング経過(水温20℃、浸水時間10分)

右:炭酸泉水、左:真水

Fig. 6 Re-warming progress after immersion (water temperature of 20°C, immersion time 10 minutes)
Right: artificial carbon dioxide-rich water, Left: fresh water

復に関しては炭酸泉水に回復が早く起こる傾向がみられた (図6)。しかしながら、炭酸泉水に浸水した側と真水に浸水した側との差が生じない者もみられた (図7)。浸水直後より炭酸泉水側の

皮膚温度は1~4℃前後で真水側より高い傾向がみられた。さらに温度差の大きさは抹消に行くにしたがって大きくなる傾向があり、中指で最も大きく前腕遠位部で小さい傾向を示した (図8)。

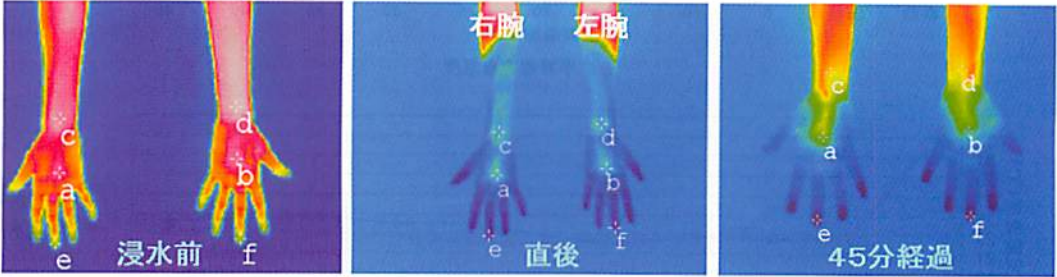


図7 浸水後のリウォーミング経過 (水温 20℃、浸水時間 10分)
右：炭酸泉水、左：真水

Fig. 7 Re-warming progress after immersion (water temperature of 20℃, immersion time 10 minutes)
Right: artificial carbon dioxide-rich water, Left: fresh water

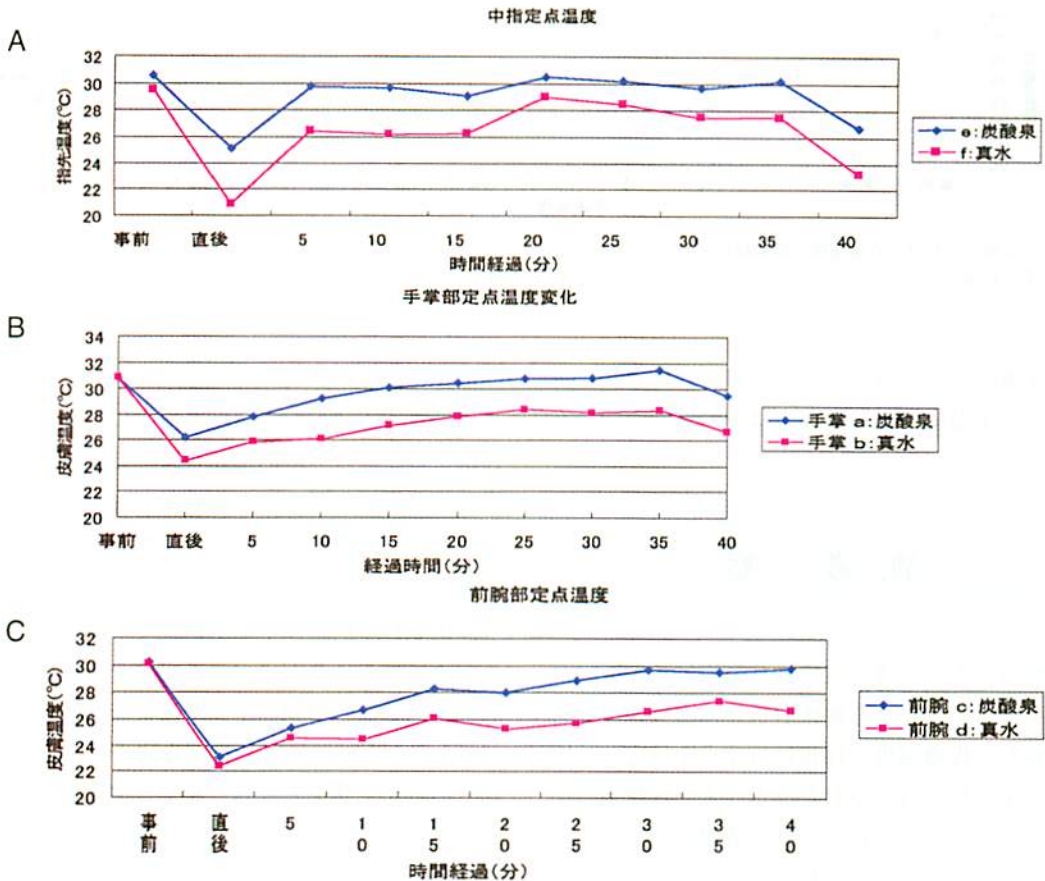


図8 定点測定における皮膚温度の変遷経過

A~Cの全てにおいて炭酸泉水の浸水後からの温度変化が真水より高くなっている。

Fig. 8 The progress of skin temperature in measurement of fixed point of upper limbs

In diagram from A to C, temperature of artificial carbon dioxide-rich water is higher than that's of fresh water immediately after immersion

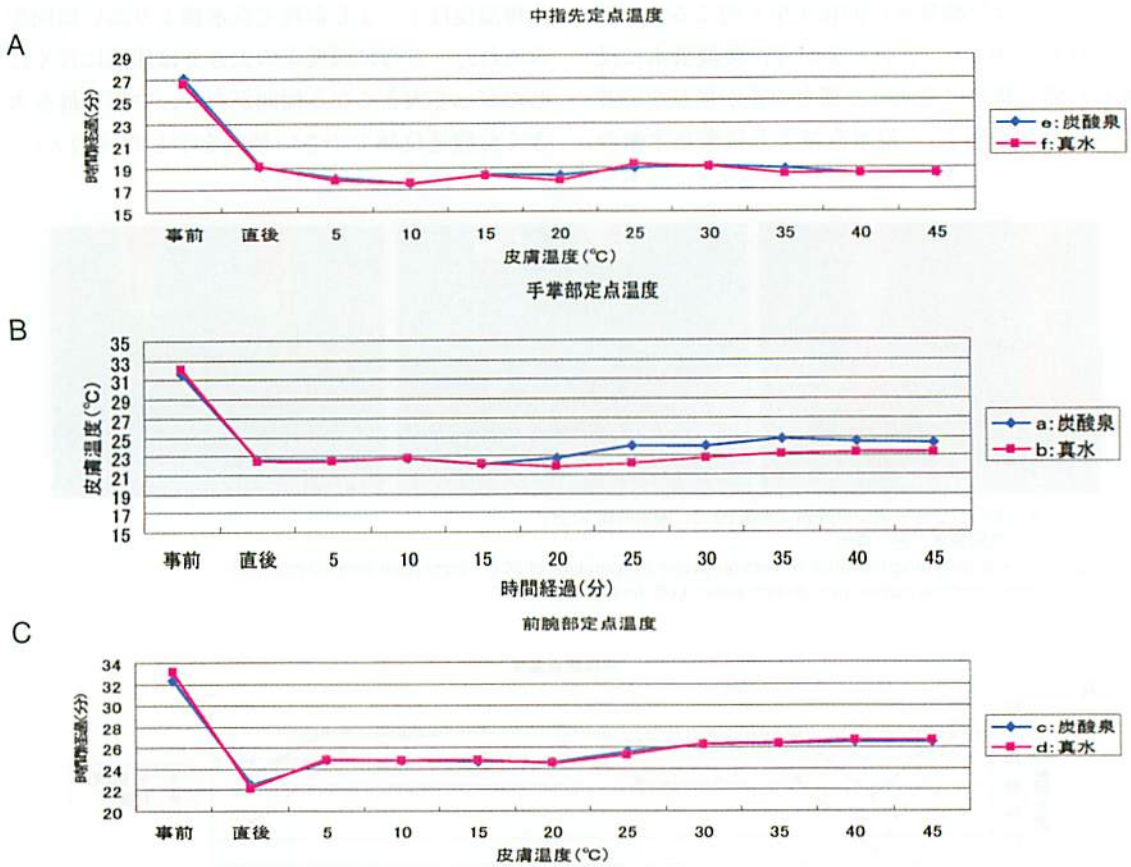


図9 定点測定における皮膚温度の変遷経過
Fig. 9 The progress of skin temperature in measurement of fixed point of upper limbs

また皮膚温度の回復に差のみられない場合が2例あり、設定温度が35℃の場合はその傾向が強くみられた(図9)。

VII. 考 察

炭酸泉のもつ皮膚血流の増加作用について、サーモグラフィによる画像解析から血行回復経過を観察し、皮膚温度の回復には定点を設定し、皮膚温度より低く設定された真水と人工炭酸泉に手を浸水させ、浸水直後からの皮膚温度の回復を比較することでその作用の検証を行った。このことから天然に存在する炭酸泉の効用と同様に人工炭酸泉水でも皮膚血流の増加傾向が得られた。また定点における温度測定からの回復経過は抹消に

るにしたがい顕著にみられた。

炭酸ガスには古くから皮膚障害に対して有効に作用することは経験的に知られており、最初の組織学的な医学的研究はLalouette 1977年によって行われ、その反復適応により皮膚疾患が治癒することが明らかにされた。また呼吸活動により肺から排出される炭酸ガスは水溶性でかつ脂溶性であるために酸素より20倍の速さで膜を自由に透過し、肺胞と毛細血管の間の圧勾配により動きが決定される^{6,7)}。生理学的に3%は皮膚を介して排出されているが、体を取り巻く相対炭酸ガス濃度を飽和状態まで上昇させるとガス状態であっても炭酸を含む水であっても逆に皮膚を介して炭酸ガス吸収が起こる¹⁾。今回の実験では人工的に炭酸ガスを水に溶解させ、高濃度の炭酸泉を作り出すことができる機械により、高濃度の炭酸泉水が作製

され、皮膚から炭酸ガスの吸収が起こり血流増加作用が発現したと考えられる。設定温度からみると血流増加効果は温度が高いほど強く起こるといわれている^{5, 6)}が、図8に示されているように20℃10分の結果からは浸水直後から45分経過時でもほぼ均等に血流増加傾向がみられており、温度以外の要因である炭酸ガスの濃度などの関与も重要であると考えられた。

サーモグラフィーによる定点温度の回復経過をみると中指における血流増加効果が顕著にみられ、ついで手掌部・前腕遠位部の順位となり抹消に行くにしたがい血流増加傾向が強く現れる傾向がみられた。これには指先という細い円筒状の構造は解剖学的要因の関与があると考えられる。すなわち指先は循環経路の終末的部位であり、大きな動脈もなく生体の血流分布で考えればもともと血流が乏しい部位と考えられる^{8, 9)}。また指の円筒状の構造は体表面積の割合が大きくなり、周辺環境の影響を受けやすく、冷水に浸ければ皮膚温度は急速に低下する部位と考えられる。したがってこのような構造であるために炭酸ガスの皮膚からの吸収効率が高い可能性も考えられ、抹消に行くにしたがい血流増加傾向が強く現れる傾向がみられたのではないかと考えられる。しかしながら定点の設定についてはわずかにずれれば数値に誤差を生じる部位ともなり評価の混乱につながる可能性があると思われる。また手掌部分の定点設定に関しても血行分布に特徴があり評価に影響したと考えられる。手掌部分には浅・深手掌動脈弓が走行しており、循環経路の終末的部位でありながら比較的太い動脈が走行しており、この影響で回復経過では比較的早期から皮膚温度の上昇が観察されたと思われる(図5)。

また図9に示されているように炭酸ガスへの反応がみられないケースもあり炭酸ガスの作用機序に関しては今後研究続ける必要があると考えられる。報告では炭酸ガスの作用機序には抹消性に作用する以外にも中枢性にも作用するといわれており^{1, 10)}、今回のように同時に左右の前腕を浸水させた場合は両側の上肢に中枢性に炭酸泉の影響

が出たことも否定できないと思われる。

今回の対象は例数が少なく、また年齢的にも幅をもっており血行を評価するには不適切な面があり、また性別も血行に関しては検討を要する大きな要因であると考えられ今後症例を重ねる必要があると思われる。


Ⅳ. 結 語

- 1) 体温より低く設定された真水と炭酸泉水に前腕を浸し、皮膚血流の低下状態からの回復過程をサーモグラフィーにて評価した。
- 2) 炭酸泉水のもつ皮膚血流増加作用は、人工炭酸泉水においても同様であると考えられた。
- 3) 人工炭酸泉の皮膚血流増加作用はサーモグラフィーで測定すると抹消部位ほど著明に起こる傾向がみられた。
- 4) 人工炭酸泉水の血流増加作用の発現には個人差がみられ、今後の検討課題であると考えられる。

参考文献

- 1) Hartmann, B., Pittler, M., Drew B.: CO₂ Balneotherapy for Arterial Occlusion Diseases, Physiology and Clinical Practice. 人工炭酸泉 1 (1), 010-016, 1998.
- 2) Hartmann, B. R., Basenge, E., Pittler M.: Effect of carbon dioxide-enriched water and fresh water on cutaneous microcirculation and oxygen tension in the skin of foot, Angiology 48, 337-343, 1997.
- 3) 八田 秋: 心疾患への炭酸ガス浴の効果, 温妍紀要, 32(3), 171-182, 1980.
- 4) 入来正躬: 環境と自律神経—炭酸泉の作用—, 自律神経, 41巻, 1号, 15-22, 2004.
- 5) 下中 晋, 辻 隆之, 遠藤宏和, 森反俊幸, 榎原巨規, 大坪弘明, 松尾 汎, 中野寿彦, 藤元登四郎: 足背部皮膚血流量計測による人工炭酸泉足浴時の至適炭酸濃度および湯温の検討, 炭酸泉誌, 2(1), 4-9, 1999.
- 6) Hartmann, B., Pittler, M., Drew B.: 小動脈閉塞性

- 疾患のCO₂温泉療法, 生理と臨床, 人工炭酸泉 I (1), 10-16, 1998.
- 7) 榎原巨規, 深谷幹子: 多層複合中空糸膜を使用した医療用人工炭酸泉装置の開発, 膜 (MEMBRANE), 29(5), 319-321, 2004.
- 8) Nishimura, N., Sugeno, J., Matumoto, T., Kato, M., Sakakibara, H., Nishiyama, T., Inukai, Y., Okagawa, T. Ogata, A.: Effects of repeated carbon dioxide-rich water bathing on core temperature, cutaneous blood flow and thermal sensation. *Eur J Appl Physiol* 87, 337-342, 2002.
- 9) 熊田佳孝, 中島晴伸, 花井健裕, 園田信宏, 林 久恵, 松原徹夫, 鳥山高伸, 川原弘久: 救肢目的にて人工炭酸泉治療を施行した重症虚血肢 (Fontaine IV度) 34例の治療成績, 人工炭酸泉研究会雑誌, 4, 15, 2003.
- 10) 田中信行, 日吉俊紀, 川平和美, 竹迫賢一: 人工炭酸泉浴 (花王バブ浴) による本態性高血圧症の血圧, 循環機能の変化, 日温気物医誌, 50(2), 87-93, 1987.



大学野球投手の上肢知覚障害に対する 人工炭酸泉水の効果

西村典子 (スポーツ教育センター) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 宮崎誠司 (医学部整形外科)
堀江 繁 (スポーツ医科学研究所) 伊藤栄治 (体育学部スポーツ・レジャーマネジメント学科)

The effect of artificial carbon dioxide-rich water
to the university baseball pitcher with sensory disorder of upper limb

Noriko NISHIMURA, Yutaka NAKAMURA, Seiji MIYAZAKI, Shigeru HORIE and Eiji ITOH



Abstract

The purpose of this study is to report the mechanism and the symptoms of thoracic outlet syndrome causing by the repetition of over-head throwing and to investigate the effect of artificial carbon dioxide-rich water for the university baseball pitchers with sensory disorder of upper limb. The repetition of over-head throwing like baseball seems to make many players feel numbness or sharp pain at the throwing limb.

Carbon dioxide (CO₂) is possible for absorption of intervening in the skin. Bathing in artificial carbon dioxide-rich water make blood flow increase and vascular dilatation from increasing CO₂ intentionally which is originally the metabolic last product all over an organization. The trial of bathing in artificial carbon dioxide-rich water for the university baseball players having sensory disorder like numbness or sharp pain during pitching brought a certain effect.

The effect of artificial carbon dioxide-rich water is expected to decrease blood pressure and the numerical value of lactic acid as a fatigue substance in blood, and to increase blood flow of skin causing by vascular dilatation. It also seems desired that this therapy will be developed as a conditioning in sports activity for the players having sensory disorder like numbness or sharp pain.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 63-71, 2005)

I. はじめに

投球における上肢の知覚障害にはさまざまなものがみられ、特にオーバーヘッド動作を伴う競技選手にしばしばみられる代表的なものとして、胸郭出口症候群 (thoracic outlet syndrome: 以下TOS) があるが、必ずしも適合しないものもある。

神経や血管の牽引が上肢の知覚障害の一因と考えられる一方で、上肢の酷使による胸郭出口部の圧迫によると考えられる症例も報告されている。反復的なオーバーヘッド動作を含んでいるスポーツ活動は、肩周辺部に著しいストレスを生じ、野球の投球動作における減速期には体重の90%の牽引力が肩甲上腕関節に発生するといわれている¹⁾。スポーツ選手における慢性的な上肢のしびれ感、

疼痛などの知覚障害に対する治療法としては、安静および日常生活での姿勢指導、薬物療法といった保存療法がその主流をしめるが、治療期間が長期におよぶ場合も多い²⁾。その一方で、病院などで行われる理学療法の一つとして二酸化炭素を含有させた水に入浴し、血行促進が改善される症例が散見されている。

今回は投球時もしくは投球後に上肢にしびれ感や疼痛などの知覚障害を訴える野球の投手に対し、上肢の末梢循環を改善させる目的で人工炭酸泉水による入浴を試みた後投球練習を行い、投球動作中に起こるしびれ感を投球数で示し、その有用性について検討を加える。

Ⅱ. 胸郭出口部の構造と発生要因

1. 解剖学的要因

投球動作に伴うものの原因として胸郭出口部の問題が多くあり、解剖学的構造を示す。TOSの発生要因となりうる解剖学的部位は主に3部位であるが、構造上の問題も多い。

1) 斜角筋三角部 (Scalene triangle) (図1 a)³⁾

この部位での狭窄は斜角筋症候群と呼ばれる。この筋の筋膜はオーバーヘッド動作を行う競技選手における神経血管構造の最初の圧迫部分となる。

2) 肋鎖間隙 (Costoclavicular space) (図1 b)

この部位での狭窄は肋鎖症候群と呼ばれる。肩甲骨や肩鎖関節の位置によって、その大きさは機

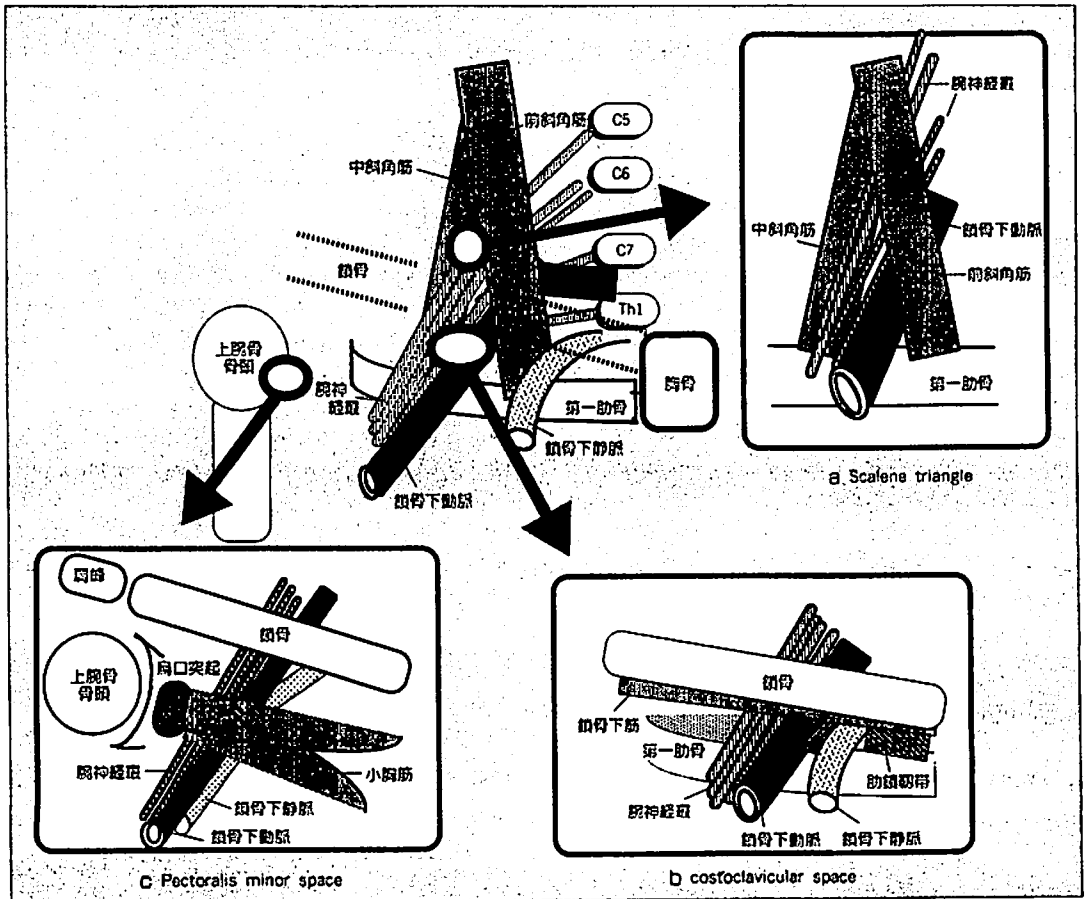


図1 胸郭出口部の解剖
Fig. 1 Anatomy of thoracic outlet

能的に変化し、立位や座位時には肩甲帯が上肢により懸垂を受けて肋鎖間隙は狭くなり、逆に臥位では広がる。

3) 烏口突起および小胸筋間隙 (Pectoralis minor space) (図1c)

この部位での狭窄は小胸筋症候群と呼ばれる。烏口突起と小胸筋下において、上肢の過外転時に腕神経叢と鎖骨下動・静脈の角形成 (angulation) が生じ圧迫を受ける。

また、オーバーヘッド動作による肩関節外転を

繰り返す、上肢を過度に外転させたときに、上腕骨頭の付近で起こりうる事が知られている¹⁾。これは投球動作におけるコッキング期で起こる(図2)¹⁾。

2. 症状

TOSの発生要因となりうるもの、または促進する因子を表1に示す。TOSの症状は、腕神経叢や鎖骨下動・静脈が圧迫あるいは牽引による機械的な外力を受けて上肢のしびれ感や疼痛を発現

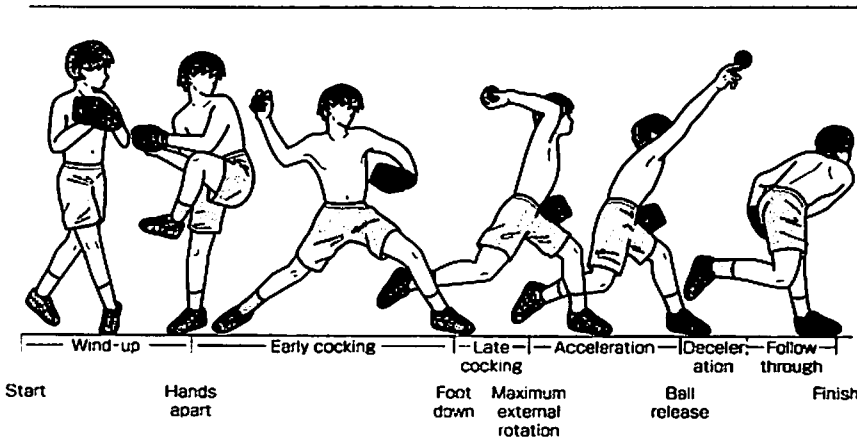


図2 投球動作の分析
Fig. 2 Analysis of pitching motion

表1 胸郭出口症候群の発症要因 (文献7より引用)
Table 1 Factors of thoracic outlet syndrome (It quotes from reference 7)

◆解剖学的異常 第1肋骨・鎖骨の骨性異常 頸肋 斜角筋異常 線維性索状物 鎖骨下動脈の異常	◆外傷 斜角筋損傷 腕神経叢の牽引損傷 鎖骨・肋骨骨折 鞭打ち損傷 上肢または脊椎への外傷 スポーツ外傷
◆筋のアンバランス 前斜角筋症候群 小胸筋症候群 鎖骨下筋緊張 中斜角筋症候群	◆その他 腫瘍・炎症 (ウイルス、放射線など) 胸郭または上肢手術 IVHによる血栓 動揺肩・下垂肩
◆姿勢または生活環境因子 不良姿勢 上肢頭上挙上労働姿勢 重量物挙上 肋鎖症候群	



図3 ライトテスト
Fig. 3 Wright test



図4 アレンテスト
Fig. 4 Allen test



図5 アドソンテスト
Fig. 5 Adson test



図6 モーレイテスト
Fig. 6 Morley test



図7 ルーツテスト
Fig. 7 Roos test

することが多い。いずれの部位においても、これらは頭上運動に伴う潜在的圧迫部位であるといえる。野球の投球動作では、常に上肢を挙上した状態から振り下ろす動きが繰り返されるため、腕神経叢や鎖骨下動・静脈がこれらの部位において圧迫を受け、TOS様の症状を呈することは容易に考えられる。特にスポーツ選手においては筋肉の発達を考慮する必要がある、オーバーヘッド時に胸郭出口部を容易に狭小しやすい局面も考えられるためである。

3. 徒手誘発テスト

TOSの代表的な徒手誘発テストとしては

Wright⁵⁾、Allen⁶⁾、Adson⁷⁾らの脈管テストとMorley⁸⁾、Roos⁹⁾らの神経刺激テストなどがあげられる。これらを診断の基準とするにあたっては、各テスト法のメカニズムを理解し、再現性の有無を確認することが不可欠となる。

1) Wright test (図3)

肩関節を外転、外旋、伸展させ、橈骨動脈の拍動が減弱もしくは消失した場合を陽性とする。肋鎖間隙が狭小化されることで鎖骨下動脈が圧迫され、橈骨動脈の拍動が減弱もしくは消失するが健康者でも高い陽性率を示すとされている¹⁰⁾。

2) Allen test (図4)

肩関節を外転、外旋、伸展させ、さらに頭部を

健側に回旋させる。橈骨動脈の拍動が減弱もしくは消失した場合を陽性とする。Wright test と同様に出現率が高い。

3) Adson test (図5)

頭部を患側に回旋させ深呼吸をして橈骨動脈の拍動を確認する。さらに健側に改選させて拍動を確認し、減弱もしくは消失した場合を陽性とする。

4) Morley test (図6)

斜角筋間隙(前斜角筋、中斜角筋、第一肋骨でつくられる間隙)を圧迫し、しびれや疼痛の出現で陽性とする。正常であっても圧痛が強ければ陽性となる場合があるので、症状の再現性を有する放散痛を確認する必要がある。

5) Roos test (図7)

肘90°屈曲、肩を外転、外旋させ、指をすばやく開閉させる。3分以内のしびれや疼痛の出現で陽性とする。胸郭出口部を狭くした状態で指の循環動態に負荷が加わっている検査法であるため、信頼性が高い。その一方で肩甲背筋痛や肩痛といった別の要因により、その姿勢が保持できない場合がある。

4. 診断基準

TOSの診断基準は以下のとおりである。

- ① 頸部、肘、腕に神経や血管の圧迫症状が存在し、愁訴が比較的長時間持続または反復する。
- ② Wright、Allen、Adsonらの各テストのいずれかが陽性で、テスト時に愁訴の再現または増悪すること。
- ③ 頸椎疾患、末梢神経疾患を除外できること。
- ④ Roosテストが陽性であること。

これら①～④のすべてがあてはまるものをTOSとして診断する。

Ⅲ. 炭酸泉水について

ドイツを主としてヨーロッパ各地では高濃度の炭酸ガス(CO₂)を含む温泉が噴出しているこ

とが知られている。炭酸泉は水温20℃以上で1000ppm以上の遊離CO₂を含む温泉のことをさす¹¹⁾。

炭酸ガス(CO₂)は呼吸の他に皮膚を介在した吸収が可能なガスであり、入浴をすることによって、本来代謝の最終産物であるCO₂を組織中で作為的に増大させ、chemical receptorを刺激して、血管の拡張と血流量を増大させることが可能となる。吸収されたCO₂は皮膚や筋に酸素の約20倍の早さで生体内に拡散され、炭酸水に浸水すると皮膚のみでなく筋のCO₂分圧も増加することが確かめられている¹²⁾。炭酸泉浴によって付加的に加えられたCO₂は肺を通してガス交換されるため、呼吸気中のCO₂濃度は変化するが、血中CO₂濃度の変化はみられない。

炭酸泉の局所的な作用としては、小泡の付着、潮紅、冷受容の抑制がある。全身的な作用としては浸水部より離れた部位においても循環系を介して作用することで皮膚の血流が増大し、体温調節系を介して作用することで、冷受容の抑制による入浴効果が期待される¹¹⁾。

CO₂は皮膚の温受容器を刺激し、冷受容器を抑制するため、CO₂を含む水は真水より約2℃温かく感じられることがわかっている¹³⁾。健常な人では34～35℃以下の水温において、冷たいと感じるが、炭酸泉水では水温34～35℃では冷たいと感じられず、温かいと感じられる¹⁴⁾。不感温度とされる35℃に温度設定することで、長時間にわたって経皮的にCO₂を体内に取り込むことができ、その影響が長く持続することが期待できる。温度設定を高くした状態での入浴においては、高温による不快を感じ、長時間に入浴することは非常に難しい。

Ⅳ. 対象および方法

1. 対象

大学硬式野球部に所属する投手4名を対象とした。平均身長181 cm、平均体重78 kg、平均年齢21歳、平均ピッチング歴は12年である。投球時も

表2 投球肢のしびれ感および疼痛の有無
Table 2 Numbness and pain on upper limb of pitching

	主な部位	投球中	投球後
T	上腕前部	+	++
F	上腕前部、前腕屈筋群	+	++
M	肩前方、上腕前部	+	+
I	三角筋前部、上腕前部	+	+

表3 投球肢に対する徒手誘発テストの結果とTOS診断
Table 3 Results of physical examination at upper limb of pitching and diagnosis of TOS

	Morley	Adson	Allen	Wright	Roos	TOS
T	-	+	+	+	+	+
F	±	+	+	+	±	-
M	+	±	-	-	±	-
I	+	-	+	+	+	+

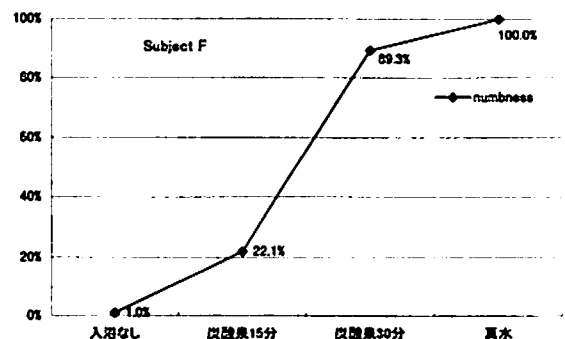
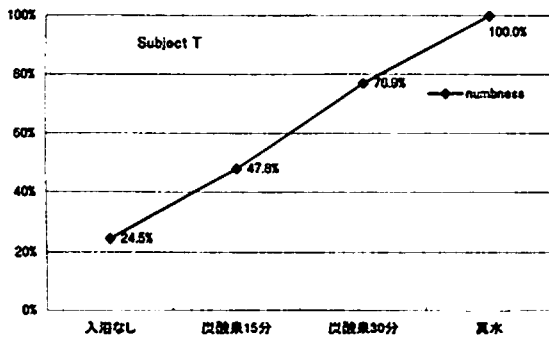
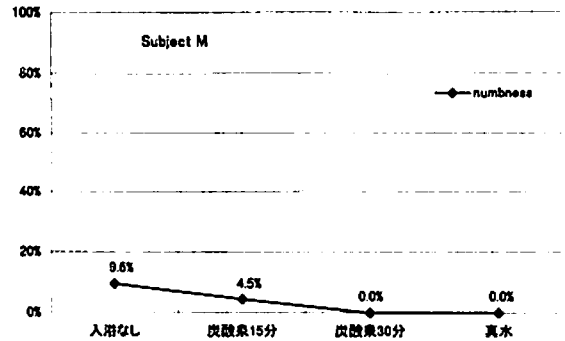
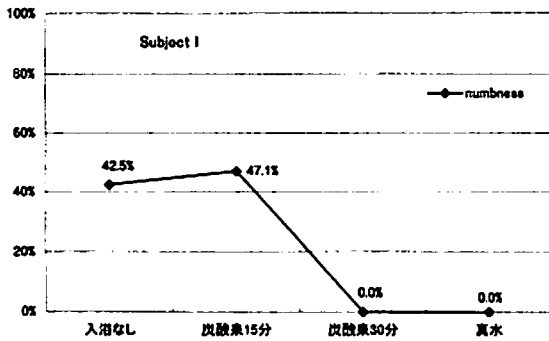


図8 サイクル別の投球総数に対するしびれ感や疼痛を含む投球数の割合
Fig. 8 A percentage of pitching including numbness or pain in each terms

しくは投球後に上肢のしびれ感や疼痛を訴えるが、画像診断等による頸椎疾患を否定される(表2)。

2. 診断

整形外科医師によりTOSに対する徒手誘発テストを行った(表3)。自覚症状や他の理学検査より判断し、TOSの診断基準により確定されたものが2名、陰性2名であった。

3. 方法

投球肢にしびれ感および疼痛を訴える投手4名に対し、投球時に上肢のしびれ感や疼痛を覚えた投球をカウントし、総投球数としびれ感や疼痛を含んだ投球数を記録した(ただし期間中に体調不良や発熱などにより投球や入浴を見合わせた日を除く)。以下4つの条件を比較した。

- ① 入浴なし
- ② 35℃炭酸泉水に15分入浴
- ③ 35℃炭酸泉水に30分入浴
- ④ 35℃真水に30分入浴

4. 使用機材

人工炭酸泉製造装置スパークリンカーボ(三菱レイヨン・エンジニアリング(株)製)を使用した。ガス透過膜法を採用することによって、高濃度の炭酸泉水を製造し、約200ℓの水(湯)を約20分間で高濃度人工炭酸水にすることが可能である。

V. 結果

上記4名に対する結果を図8に示す。炭酸泉水に入浴後に投球を行い、上肢のしびれ感や疼痛の軽減や消失を認めた例が2例、炭酸泉水浴に関わらずしびれ感や疼痛が出現した例が2例であった。入浴後の投球で上肢のしびれ感や疼痛の軽減や消失を認めた例は、TOS診断基準において陽性1名、陰性1名であった。これらは30分の炭酸泉水浴および30分真水浴後の投球においてしびれ感や

疼痛は出現しなかった。

一方、入浴後の投球で上肢のしびれ感や疼痛が出現した例は、TOS診断基準では1名が陽性、1名が陰性であった。投球を開始するとしびれ感や疼痛は入浴をせずに投球を行ったときと同様かそれ以上に出現した。

VI. 考察

野球の投手4名は日頃から投球動作において上肢のしびれ感や疼痛などの知覚障害を感じることであり、時にはそのことが原因となって投球に支障をきたすことがあった。肩周辺部や上腕部のしびれ感や疼痛はTOSの発生要因でもある腕神経叢や鎖骨下動・静脈の圧迫によるものではないかと考えられ、さらに気温の低い日やウォームアップ不足など、動作筋中の血流が不十分であると考えられる状況下で症状は憎悪する傾向にあった。4名は体格上の問題点はなく、画像診断等においても頸椎疾患が認められるものはいなかった。

炭酸泉水浴は末梢血流障害をもつ患者への応用例があげられており、人工的にCO₂を含有させた35℃の炭酸泉水浴を、作為的にCO₂を体内に取り入れることで、長時間にわたりCO₂の影響を受けることが可能となる。このことから血流増加の効果による虚血性疼痛の軽減や血圧の減少、疲労物質としての乳酸値の減少などが、しびれ感や疼痛を有するスポーツ選手の症状を軽減させる効果が期待される。

投球時に伴うしびれ感や疼痛を評価する方法として、毎日の総投球数に対するしびれ感や疼痛を含む投球数の割合を算出することで、その程度について把握することとした。

しびれ感や疼痛の症状が軽減、消失した2名の選手について、TOS診断基準において1名が陽性、1名が陰性であったが、投球中における主観的なしびれ感や疼痛は投球後に増悪するものではなく、入浴後の投球においてしびれ感や疼痛の症状が軽減しなかった2名より比較的症状が軽いも

のであったと考えられる。練習時のウォームアップにおいて、通常よりも短時間で発汗、温熱効果を感じ、その後投球を行う間も上肢の温感継続し、胸郭出口部における神経および血管の圧迫要素によって出現していたと思われるしびれ感や疼痛が軽減している、もしくは遅延していると感じられた。また15分間の人工炭酸泉水浴と30分間の人工炭酸泉水浴では後者のほうがより温熱感が強かった。温熱療法としての入浴と比較するために、人工炭酸泉水浴と真水浴を行ったが、30分間の真水浴と比較しても温熱感は人工炭酸泉水のほうがより高く感じられた。

逆に、入浴後の投球中にしびれ感や疼痛が変化なく出現した2名の選手については、TOS診断基準において1名が陽性、1名が陰性であったが、投球中に感じられる主観的なしびれ感や疼痛は投球後に増悪する傾向が強くと感じられ、入浴後の投球中にしびれ感や疼痛が軽減した2名より症状が重いものであると考えられた。ウォームアップ中の温熱効果や発汗などはしびれ感や疼痛が軽減した選手2名と同様に感じられたが、炭酸泉水15分入浴、炭酸泉水30分入浴、真水30分入浴においてもその割合は増悪する傾向にあった。温熱感は30分間の人工炭酸泉水浴、15分間の人工炭酸泉水浴、30分の真水浴の順で感じられた。炭酸泉水入浴時には真水入浴時と比較して、肘関節周辺部の温感を強く感じていたが、それがしびれ感や疼痛軽減とは無関係であった。このことからこの2名の投球中に出現するしびれ感や疼痛は、神経血管圧迫要素以外に神経の不可逆的変性による損傷の可能性が考えられる。また関節弛緩性によって神経の走行が変化し、神経が牽引されてしびれ感や疼痛などを引き起こす可能性もあり、短期間による人工炭酸泉水浴においてその症状は改善されなかった。

このことから、TOS様の症状を呈する投手に対する人工炭酸泉水浴はある一定の効果がみられる場合があるが、しびれ感や疼痛の原因となるものが、徒手誘発テストによってTOS診断基準で陽性となった場合においても、その症状が改善され

ないことがある。今後人工炭酸泉水がおよぼす影響について温度設定や入浴時間を長期間の運用も含めて検討していくことが必要であると考えられ、特にオーバーヘッド動作を含む競技選手に対する治療の選択肢として、活用するためのさらなる研究が期待される。


Ⅶ. まとめ

- ① 反復的なオーバーヘッド動作を含む野球競技において、胸郭出口部に繰り返される狭小化ストレスによりしびれ感や疼痛などの知覚障害を訴える選手が多いと考えられた。
- ② 投球中および投球後にしびれ感や疼痛の症状を訴える大学野球投手に対し、人工炭酸泉水を用いた温熱療法を利用して投球を行うことで、しびれ感や疼痛についてある一定の改善効果がみられると思われる。
- ③ 人工炭酸泉水による温熱効果には血管拡張による血圧降下、皮膚血流増加、疲労物質としての乳酸値の減少などが期待され、スポーツ活動のコンディショニングに対して適応拡大が望まれると考えられた。

参考文献

- 1) Jobe, Frank W.: スポーツ傷害の手術テクニック。医道の日本社, 414-421, 1999.
- 2) 山鹿眞紀夫, 高木克公, 井手淳二, 北村歳男, 田上 学, 片岡 文: 胸郭出口症候群の保存的治療. 整形・災害外科37号9巻, 1135-1142, 1994.
- 3) 北村歳男, 高木克公: 胸郭出口症候群とは. Journal of clinical rehabilitation vol 6 no 3, 227-234, 1997.
- 4) 丸山仁司, 黒澤和生, 齋藤昭彦, 竹井 仁, 中山 孝: 評価から治療手技の選択, 文光堂, 226, 2004.
- 5) Wright, I. S.: The neurovascular syndrome produced by hyperabduction of the arms. Am Heart J 29: 1, 1945.
- 6) Allen, E. V.: Thromboangitis obliterans. AM J

- Med Sci 178: 237, 1929.
- 7) Adson, A. W.: Surgical treatment for symptoms produced by servical ribs and the scalenus anticus muscle. Surg Gynecol Obstet 85: 687, 1947.
- 8) Morley, J.: Brachial pressure neuritis due to a normal first thoracic rib: its diagnosis and treatment by excision of rib. Clin J XL II: 461, 1913.
- 9) Roos, D. B.: Congenital anomalies associated with thoracic outlet syndrome. AM J Surg 132: 771, 1976.
- 10) 竹下 満: 胸郭出口症候群の診断. Journal of clinical rehabilitation vol 6 no 3: 235-241, 1997.
- 11) 入來正躬: 環境と自律神経—炭酸泉の作用—. 自律神経41巻1号, 2004.
- 12) Tiedt, N.: Physiologie und Pathophysiologie des CO₂. Z Phys Med Baln Med Klim 19: 17-32, 1990.
- 13) Jordan, H.: CO₂-Badertherapie Auswertung eines Symposiums mit internationaler Beteiligung. Z. Physiother. 37: 75-98, 1985.
- 14) Nishimura, N., Sugeno, J., Matsumoto, T., Kato, M., Sakakibara, H., Nishiyama, T., Inukai, Y., Okagawa, T., Ogata, A.: Effects of repeated carbon dioxide-rich water bathing on core temperature, cutaneous blood flow and thermal sensation. Eur J Appl Physiol 87: 337-342, 2002.



幼児期の運動機能向上のための 「運動遊びプログラム」の提案

山田 洋 (体育学部体育学科) 長堂益文 (株式会社クリアサイト) 鎌田雄二 (株式会社クリアサイト)
陸川 章 (体育学部競技スポーツ学科) 塩崎知美 (筑波スポーツ科学研究所)
木塚朝博 (筑波大学体育科学系) 加藤達郎 (体育学部体育学科)

Exercise program including playing elements to develop for motor ability in infants

Hiroshi YAMADA, Masutomo Nagado, Yuji KAMATA, Akira RIKUKAWA, Tomomi SHIOZAKI,
Tomohiro KIZUKA and Tatsuro KATO



Abstract

The purpose of this study is to examine the effects of exercise program including playing elements on development of motor ability in infants. Subjects were 32 healthy infants. (Elderly group, n = 14; Middle group, n = 5; Younger group, n = 13). The time of 25m sprint in infants was faster in exercise group than in control group. Values for measurements to which we developed (static balance, dynamic balance, and dash & catch) were better in elderly infants than in middle and younger infants. These results suggest the utility of exercise program and new measurements for assessment of the exercise program.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No.17, 72-77, 2005)

1. はじめに

スキヤモンの発育発達曲線にみられるように、神経系の発達には幼児期にとりわけ著しい¹⁾。そして、この神経系の発達と関係が深いのが、運動の「巧みさ」と考えられる。したがって、この神経系は幼児期を越えてはあまり発達せず、この時期に「適切に」「多様な」運動を行うことが、運動を「巧み」に行えることの礎となり、神経系の発達にもつながると考えられる。

それにも関わらず、これまで幼児期における

「運動・遊び」や幼稚園や保育園で行う「体育・運動」は、それほど重要視されてこなかった。その主因は、これまで幼児期における運動、特に継続的に行われる体育が身体の形態や運動能力に及ぼす影響について十分に調べられていなかったことが考えられる。さらに、その背景として、幼児期の運動プログラムが十分に体系化されていないこと、およびその効果を評価するための指標がないことがあげられる²⁾。

そこで我々は、幼児の神経系の機能を向上させることを目的とした「運動遊び」プログラムの作成、およびそのプログラムの効果を検証するため

の指標づくりを目指して研究を始めた。本研究ではその第一段階として、空手を中心として構成された、遊び要素を含んだ運動プログラム（運動遊びプログラム）を一定期間実施した幼稚園児を対象として、我々で新たに考案した体力テストを行ったのでその結果を報告する。

が運動指導を行っている神奈川県横浜市内の2つの幼稚園の園児32名（年少児14名、年中児5名、年長児13名）を対象に調査・測定を行った。園および園児の保護者にはあらかじめ調査の趣旨について十分に説明を行い、同意を得た。

II. 方法

1. 調査概要

株式会社クリアサイト（幼児運動指導研究会）

2. 運動プログラム

平成14年の4月から平成16年まで、幼稚園の正課の時間以外に、空手を中心として構成された、遊び要素を含んだ運動プログラム（以後運動遊びプログラムとする）を週1回1時間、年に45回行った。実際の運動プログラムの流れを図1に示す。



図1 運動プログラムの実施例（1回1時間の例）

Fig. 1 Examples of exercise program

表1 一回の運動教室で行う「運動遊び」プログラムの詳細
Table 1 The details of exercise program performed in the class

準備体操 (ストレッチング、 補強運動)	足の先から背伸び、反対背伸び、膝の屈伸、開脚、体側伸ばし、 上げ下げ、足回し(強く・脱力、呼吸法に気をつけて)
	指先遊び(グー、チョキ、パー)
	いろいろなジャンプ(ジャンプ中に足を触る、開脚とび)
	手押し車、バービー、ブリッジ、足上げ腹筋
空手 (基本の型)	黙想、礼
	突き、受け、蹴り、肘当て、裏券打ち
	膝当て、前蹴り、横蹴り上げ、裏蹴り
運動遊び (2~3種類を 選択)	鬼ごっこ(ラウンド走り):二人組みになり、一人がアンパンマン、もう一人がバイキンマンになって追いかっこをする。
	熊さんごっこ(高遣い):高遣いでラウンド走を行う。
	ビーチフラッグス:寝そべった状態から、マット上のナイロンベルトを取り合う。
	飛び越しくぐり(走り高跳び):35cmに設定したゴムひもを跳ぶ。潜るものもあり。
	でんぐりがえし(前転):体幹の捻りをイメージさせる。
	郵便屋さんごっこ(往復走):ナイロンベルトをおいてきたり、とってきたりする。
	立ち幅跳び:マットを使う。
	マット怪獣:丸めたマットを相手に、怪獣ごっこ。
空手 (応用の型)	左右、前後、向きを変えて実施。
	複合型
	礼

また、プログラムの詳細内容の一例を表1に示した。

3. 運動プログラムの効果の評価方法

運動プログラムの効果の検証を行うために、幼児の走能力および基本的な運動能力の指標として全国的に用いられている25 m走を用いた。さらに、本研究で新たに考案した静的バランス、不整地走行、ダッシュ&キャッチの能力についても検討した。各種目の測定方法について、図2と図3に示した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 25m 走の結果と「運動遊び」プログラムの効果

表2は、本研究で「運動遊び」プログラムを実施した幼児(以下運動群とする)の25m 走のタイムを先行研究³⁾で示された全国平均の値と比

較している。運動群の値は、全国平均の値と比較して、年中幼児でおよそ0.3秒、年長幼児でおよそ0.5秒程度速いことがわかる。年少幼児に関する報告がないために直接データを比較することはできないが、年少幼児に関しても同様の結果が得られることが期待される。これらの結果に関して、幼児における記録の再現性、測定条件の違い、さらには被験者数の違い等を考慮すると統計的な検定はできない。しかしながら、本研究で行った「運動遊び」プログラムが、25m 走のタイムの向上、すなわち幼児の走能力にプラスの影響を与えた可能性を示唆している。

2. 静的バランス、不整地走行、ダッシュ&キャッチの結果について

静的バランス、不整地走行、ダッシュ&キャッチは、我々で新たに考案したオリジナルの測定項目であるために先行研究と比較することはできない。そこで、運動群内で各項目について年齢毎

(1) 25m 走
試技：2回

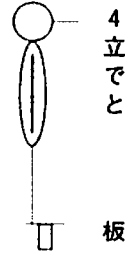
基本的走力を測定

スタートラインから合図とともに、ゴールラインまでの25mの直線を全力で走る。原則として1人では走らせない。スタート姿勢はスタンディングスタートとする。1人2回計測する。(1/10秒単位で計測)



(2) 静的バランス
試技：3回

姿勢維持力および静的バランス能力を測定

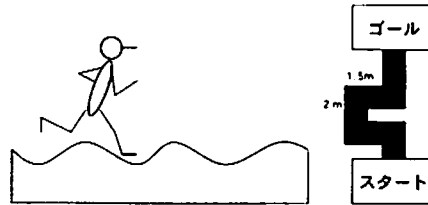


4 cm の幅の板の上で立位姿勢を何秒維持できるか。最大30秒とする。

図2 測定項目 (25m 走と静的バランス)

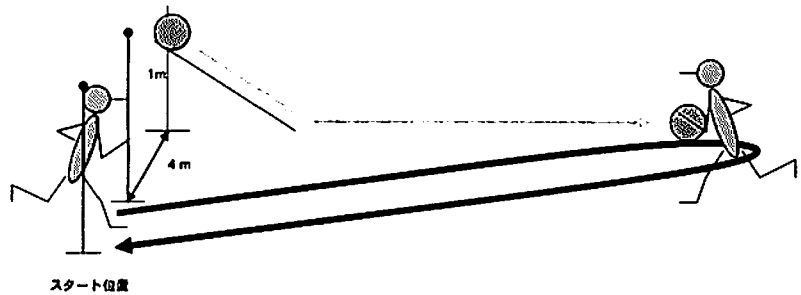
Fig. 2 Measurement methods (25m run and static balance)

(3) 不整地走行
動的バランス能力や対応力、巧緻性を測定
試技：2回



エアーマットをつなげて作った不整地の上をゴールまで駆け抜けるタイムを測定。転んでしまったり、コースから飛び出してしまったらやり直し。

(4) ダッシュ&キャッチ
瞬発力、巧緻性、俊敏性などの測定
試技：2回



4m離れた1mの高さの桶(とい)からボールが転がりはじめたらスタートし、素早くキャッチしてスタート位置のボールの間を通過するまでに何秒かかるかを測定。蹴飛ばしてしまったり、転んでしまったらやり直し。

図3 測定項目 (不整地走行とダッシュ&キャッチ)

Fig. 3 Measurement methods (dynamic balance and dash & catch)

表2 運動群と先行研究における全国平均の25m走のタイム
Table 2 Comparison of the time for 25m run between exercise group and control group cited from previous study

	運動群	全国平均
年少幼児	7.91±0.96	—
年中平均	7.08±0.29	7.33±0.89
年長平均	5.84±0.54	6.52±0.64

値は平均±標準偏差、単位は秒。

表3 静的バランス、不整地走行、ダッシュ&キャッチ
Table 3 The values of static balance, dynamic balance and dash & catch

	静的バランス (秒)	不整地走行 (秒)	ダッシュ&キャッチ (秒)
年少幼児	5.56±4.09	4.49±0.80	9.71±1.63
年中幼児	5.32±1.43	3.79±0.08	9.27±0.88
年長幼児	8.32±7.17	3.54±0.17	6.66±1.13

に比較し、発育発達に伴ってどのように値が変化するかについて横断的に検討した。

各項目の年齢毎の値を表3に示す。静的バランスは年少でおよそ5.6秒、年中で5.3秒、年長で8.3秒であり、年齢があがるにつれてタイムは長くなった。不整地走行のタイムも、年齢があがるにつれて短くなり、年少、年中、年長の順で値がよくなった。この不整地走行は、不安定な床の上を走り抜けることから動的なバランス能力を評価できると考えられる。したがって以上の結果から、身体の発育発達に伴って静的バランス能力、動的バランス能力ともに向上していくことが示唆された。

次に、ダッシュ&キャッチのタイムは、上記の静的バランスや不整地走行と同様に、年少、年中、年長の順で値がよくなった。このダッシュ&キャッチは、ボールの転がりはじめを認知して素早くダッシュ、タイミング良くキャッチして、素早く走って戻るといった課題である。そのため、認知力、瞬発力、巧緻性、敏捷性といった、いわゆる神経系の機能を総合的に評価できる。従って、年齢につれてこのタイムが向上することから、身体の発育発達に伴って神経系の機能が向上したことが推察される。

先にも述べたように、この3項目に関しては本研究で新たに考案したものであり、先行研究との

比較はできない。今後は、これまで幼稚園児を対象として行われてきた体力測定との関係を調べることにより、測定項目としての妥当性を確立する必要がある。さらに反応時間や重心動揺等の生理学的パラメータ等との関連を重ねて調べることも必要であると考えられる。

IV. まとめ

本研究では、幼児の神経系の機能を向上させることを目的とした「運動遊び」プログラムの作成、およびそのプログラムの効果を評価するための指標づくりを目指し、その第一段階として、空手を中心として構成された、遊び要素を含んだ運動プログラム（運動遊びプログラム）を一定期間実施した幼稚園児32名を対象として、新しく考案した体力テストを行った。得られた結果は以下の通りである。

- 1) 平成14年の4月から平成16年まで、週に1回（年間45回）の運動プログラムを実施している神奈川県横浜市内の2つの幼稚園で調査・測定を行った。
- 2) 測定項目として、幼児の走能力および総合的な運動能力の指標として全国的に用いられて

いる25m走を用いた。さらに、本研究で新たに考案した静的バランス、不整地走行、ダッシュ&キャッチの能力についても検討した。

- 3) 運動プログラムの実施した幼児の25m走のタイムは、年中幼児、年長幼児ともに先行研究で示された全国平均と比較して速かった。
- 4) 新たに考案した測定項目に関して、年少幼児、年中幼児、年長幼児の順で記録が良くなった。これらの結果から、新たに考案した測定項目が幼児の運動能力の発達を反映している可能性が推察された。

これらのことから、今回用いた「運動遊び」プログラム、およびこのプログラムの評価のために新たに考案した測定項目がある程度有用であるこ

とが示唆された。

謝辞

本研究は、東海大学総合研究機構研究奨励補助金を受けて行ったものである。

引用・参考文献

- 1) 高石昌弘：発育発達と子どものからだ，子どもと発育発達，1: 9-12, 2003.
- 2) 山田 洋，長堂益丈，塩崎知美，横井孝志：表面筋電図による幼児の運動機能の評価，東海大学体育学部紀要，33: 21-28, 2003.
- 3) 杉原 隆，森 司郎，吉田伊津美，近藤充夫：研究報告「2002年の全国調査からみた幼児の運動能力」，体育の科学，54: 161-170, 2004.

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

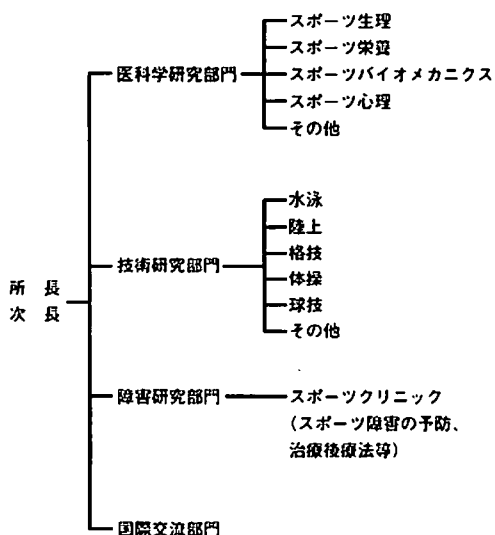
昭和62年10月1日

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

(2005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)医学研究部門

(2)技術研究部門

(3)障害研究部門

(4)国際交流部門

第6条 本研究所は、本学湘南校舎に置く。

第2章 組織

第1節 所長・次長

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

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

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

第2節 職員

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

その定員は別に定める。

第3節 研究所員

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

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

第4節 研究員

第12条 本研究所に研究員若干名を置き、付託された研究事項に従事する。

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

第5節 嘱託

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

第6節 研究生

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

第7節 委託研究および派遣員

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

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

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

第3章 運営

第17条 本研究所の運営は研究所員会議の議を経て行う。

第18条 研究所員会議は以下の者をもって構成する。

(1)研究所長

(2)研究所次長

(3)研究所専任および兼任の教授・助教授・講師

(4)必要に応じて他の者を出席させることができる。

第19条 研究所員会議はつぎの事項を審議する。

(1)事業計画に関すること。

(2)運営に関すること。

(3)予算及び決算に関すること。



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

第4章 経理

第20条 本研究所の経理は研究機関会計として処理する。

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

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

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

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

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

第5章 特許および著作権

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

第6章 付則

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

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

付則 この規程は、昭和62年10月1日よりこれを施行する。

「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規定

2004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、和欧両文で記入）をつけ、1枚ずつ台紙か原稿用紙に貼り、本文とは別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。著者連名の場合は、省略しないで氏名を全部掲げて下さい。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 神奈川県平塚市北金目1117
「東海大学スポーツ医科学研究所」編集委員会

II. 欧文規定

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

右端は約2.5センチの余白を置き、ほぼ27行にわたって書く。ページ番号は下端余白中央に書く。

- c) 欧文による題目の下に著者名（ローマ字）、更に著者名の下に所属する機関名を正式英語名称に従って書く。
 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2004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 (2003. 4. 1)

- 1 委員長 堀江 繁
- 2 委員 山村 雅一
- 3 委員 寺尾 保
- 4 委員 小澤 秀樹
- 5 委員 吉川 政夫

2004年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

1. 所長 堀江 繁 体育学部（生涯スポーツ学科）
2. 次長 山村 雅一 医学部（医学科基礎医学系）
3. 専任 寺尾 保 スポーツ医科学研究所
4. 専任 中村 豊 スポーツ医科学研究所
5. 専任 有賀 誠司 スポーツ医科学研究所
6. 特任 田中 誠一 スポーツ医科学研究所
7. 特任 齋藤 勝 スポーツ医科学研究所



- | | | | |
|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|
| 8. 研究員 吉川 政夫 | 体育学部 (生涯スポーツ学科) | 27. 研究員 根本 佐一 | 電子情報学部 (経営システム学科) |
| 9. 研究員 三田 信孝 | 体育学部 (生涯スポーツ学科) | 28. 研究員 関村 裕彦 | 工学部 (応用化学科) |
| 10. 研究員 内山 秀一 | 体育学部 (体育学科) | 29. 研究員 保坂 隆 | 医学部 (医学科内科学系) |
| 11. 研究員 曲谷 一成 | 電子情報学部 (電気電子工学科) | 30. 研究員 松木 秀明 | 健康科学部 (看護学科) |
| 12. 研究員 桑平 一郎 | 医学部 (医学科内科学系) | 31. 研究員 植田 基史 | 体育学部 (競技スポーツ学科) |
| 13. 研究員 小澤 秀樹 | 医学部 (医学科内科学系) | 32. 研究員 荒場 隆人 | 保健管理センター |
| 14. 研究員 加藤 達郎 | 体育学部 (体育学科) | 33. 研究員 伊藤 栄治 | 体育学部 (スポーツ・レジャーマネジメント学科) |
| 15. 研究員 高妻 容一 | 体育学部 (競技スポーツ学科) | 34. 研究員 諏訪 正典 | 学外 |
| 16. 研究員 志水 哲雄 | 教養学部 (芸術学科) | 35. 研究員 柿原奈央子 | 学外 |
| 17. 研究員 八木原 晋 | 理学部 (物理学科) | | |
| 18. 研究員 大崎 栄 | 体育学部 (競技スポーツ学科) | | |
| 19. 研究員 宮崎 誠司 | 医学部 (医学科外科学系) | | |
| 20. 研究員 森久保俊満 | 健康科学部 (社会福祉学科) | | |
| 21. 研究員 東福寺規義 | 医学部 (リハビリテーション科) | | |
| 22. 研究員 岩垣 承恒 | 体育学部 (生涯スポーツ学科) | | |
| 23. 研究員 恩田 哲也 | 体育学部 (スポーツ・レジャーマネジメント学科) | | |
| 24. 研究員 千年 篤 | 政治経済学部 (経済学科) | | |
| 25. 研究員 二宮 豊志 | 政治経済学部 (経営学科) | | |
| 26. 研究員 石田 清彦 | 法学部 (法律学科) | | |

2004年度スポーツ医科学研究所 コアプロジェクト研究課題

健康・体力と競技力向上のための総合的研究

- 肥満者の減量および体力向上に対する高地トレーニング処方の研究
- 足趾力の足関節機能に及ぼす影響
- スポーツ選手の競技力向上のための筋力トレーニング法に関する研究
- 運動競技選手及び一般人の体組織に関する研究
その2
- 大学スポーツ選手におけるスポーツ傷害とその対策に関する研究

編集後記

アテネで開催された第28回オリンピック競技大会は、日本選手団のメダルラッシュで過去最高の37個、国別の金メダル獲得数も第5位に入りました。東海大学生や東海大学卒業生もこの数の中に入っている事は、東海大学の一教員として非常に嬉しく思います。

さて、東海大学スポーツ医科学雑誌は、今回で第17号の刊行となりました。本号の論文を見てみますと体育方法、トレーニング、心理、生理、リハビリなど広範な分野にわたっています。2003年度に打ち出した三本柱、一つは東海大学スポーツ医科学研究所独自のスポーツサポートシステムの充実、二つ目はアスリートから得られたデータを基にして、運動・栄養・休養に関するプログラムの開発や予防対策などの研究を行い、その成果を地域の人達に還元する、三つ目は全学的規模での取り組みを行い、多角的な視点から研究開発を行うことを挙げておりますが、スポーツ医科学は、いろいろな領域を横断的に総合的な視点が必要とされる分野であると思います。論文著者、査読者、編集委員会が三位一体となってスポーツ医科学雑誌が刊行されていますが、編集委員会の任務は論文審査だけでなく、スポーツ医科学雑誌の質の向上に向けて、様々な取り組みを模索する事も含まれています。また、国内・外ともに高く評価される学術雑誌になるように努力することも、我々編集委員会に課せられた仕事であると思っています。具体的には、時代の変化に即して投稿規定のあり方や論文の種別による原稿枚数の制限、特集テーマや依頼論文の拡充など取り組まなければならない事が多いです。東海大学スポーツ医科学雑誌の発展の原動力は、皆様方からの多くのご投稿が大きな力となりますので、宜しくお願い致します。

最後になりましたが、第17号刊行にあたってご寄稿を頂きました皆様方に厚くお礼申し上げます。

2005年2月

編集委員長 堀江 繁

「東海大学スポーツ医科学雑誌」

編集委員

委員長 堀江 繁

委員 山村 雅一

◇ 寺尾 保

◇ 小澤 秀樹

◇ 吉川 政夫

東海大学スポーツ医科学雑誌 第17号 2005

発行日 2005年3月31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 堀江 繁
〒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・製本 港北出版印刷株式会社

組版・装丁 株式会社テイクアイ