

東海大学

第27号 **スポーツ医科学雑誌** 2015

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



イラスト 東 恵子

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

それは生ける人々にとつてもなまきの現実である
この現実の上には人は喜び且つ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実を人生を肯定しよう
不屈の精神と逞しき体軀をつくろう
精神と肉体との調和に生命を開拓しよう
かくして希望と勝利の人生の街道を慕進しよう
されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

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

人々よ

身体髪膚これを父母に受け毀傷せざるは孝の始めなり
人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ
されどその前に創造の神秘がある
大自然を支配する思想がある
われら肅然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年 初春

松前重義

人は何処より来り何処に行かんとするか

それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで

それは生ける人々にとつてもなまきの現実である
この現実の上には人々は喜び且つ哀しむ

そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実を人生を肯定しよう
不屈の精神と逞しき体軀をつくろう
精神と肉体との調和に生命を開拓しよう
かくして希望と勝利の人生の街道を慕進しよう
されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

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

人々よ

身体髪膚これを父母にうけ取て毀傷せざるは孝の始めなり
人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ
されどその前に創造の神秘がある
大自然を支配する思想がある
われら肅然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年四月 初春

松前重義

柔道選手の体幹回旋動作パワー向上のためのトレーニング法とチェック法 有賀誠司・上水研一朗・藤井壮浩・小山孟志・緒方博紀・生方 謙	7
バスケットボール選手におけるサイドステップ動作の運動学的特徴 小山孟志・有賀誠司・陸川 章・長尾秀行・小河原慶太・山田 洋	21
日本女子トップレベルのバスケットボール選手における試合中の移動距離及び移動速度 山田 洋・小山孟志・國友亮祐・長尾秀行・三村 舞・小河原慶太・陸川 章	29
中学生におけるヘモグロビン推定値についての調査研究 小澤治夫・岡崎勝博・白川 敦・中西健一郎・加藤勇之助・小林博隆・寺尾 保	37
箱根駅伝選手に対する常圧低酸素環境下の睡眠が自律神経活動および コンディションに及ぼす影響 両角 速・西出仁明・山下泰裕・寺尾 保	43
低圧環境下での前額部 fNIRS 計測における皮膚血流と脳酸素化動態の評価 —独立成分分析によるパイロットスタディー— 栗田太作・寺尾 保・瀧澤俊也・沓澤智子・灰田宗孝・八木原 晋・両角 速	51
長距離選手に対する低圧低酸素環境下におけるスローランニングが 運動終了後の自律神経系に及ぼす影響 寺尾 保・両角 速・西出仁明・山下泰裕・栗田太作・ 小澤秀樹・内田晴久・内田裕久	63
ボクシングに対する心理的サポートに関する研究 高妻容一・小林玄樹	71
東海大学における過去5年間のスポーツサポート活動の報告と今後の展望について 花岡美智子・寺尾 保・中村 豊・宮崎誠司	81
荷重負荷を変化させた走運動後の等速性膝伸展・屈曲筋力の変化 宮崎誠司・小山孟志・上水研一朗・井上康生・位高駿夫・塚田真希・ 川又 睦・鈴木裕太・増田悠里	91

スポーツ医科学研究所所報	99
--------------	----

編集後記	105
------	-----



表紙(画) 東 恵子



柔道選手の体幹 回旋動作パワー向上のための トレーニング法とチェック法

有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 上水研一朗 (体育学部武道学科)
藤井壮浩 (体育学部競技スポーツ学科) 小山孟志 (スポーツ医科学研究所)
緒方博紀 (JT マーヴェラス) 生方 謙 (芝浦工業大学)

A Study on Training and Check Methods for Improving Power
of Trunk Rotation on Judo Athletes

Seiji ARUGA, Kenichiro AGEMIZU, Masahiro FUJII, Takeshi KOYAMA,
Hiroki OGATA and Ken UBUKATA



Abstract

The purpose of this study was to obtain the effective training and check methods for improving judo players' trunk rotation. The subjects of this study were 112 male collegiate judo players, and standing trunk twist (standing with a bar and rotating from one side to the other side) and medicine ball twist throw (kneeling down on both knees and throwing the 5kg medicine ball turning the side with ball towards the direction of the throw) were measured. The examination of the relationship between these results, characteristic features of measured values, muscle strength, and power index were discussed, and the following results were obtained.

1) The standing trunk twist was 24.22 ± 4.72 . The right-handed medicine ball twist throw was 6.07 ± 1.03 , and the left-handed medicine ball twist was 5.89 ± 0.96 . There was a significant positive correlation between medicine ball twist throw and body weight.

2) There was a significant positive correlation between standing trunk twist and medicine ball twist throw values.

3) As for the right-handed medicine ball twist throw, the measurement of elite level was significantly higher than that of the average level

4) The measurements of the group of right-handed KUMITE for medicine ball twist throw showed more significant values than those of the left-handed group.

5) There was a significant positive correlation between the measurements of standing trunk twist and medicine ball twist throw and neck circumference, left upper arm bending position, and forearm of the left arm circumferential length.

6) There was a significant positive correlation between the measurements of standing trunk twist and medicine ball twist throw and bench press, power clean 1RM, and grip strength.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 7-19, 2015)

I. 緒言

柔道競技では、相手と組んだ状態での攻防や組手争い、立ち技で相手を投げたり防御したりする局面において、静的または動的な体幹回旋動作が行われており、そのパワー出力については競技力との関連が示唆されている¹⁻³⁾。今泉ら⁴⁻⁵⁾は、女子柔道選手を対象に体幹部の筋断面積と体幹回旋動作の筋出力を測定し、一流女子柔道選手は一般女子柔道選手と比較して、側腹筋群の体積と体幹の回旋動作の等速性最大筋力が有意に高いことを報告している。

スポーツ動作のパワー向上を目的とした筋力トレーニングでは、実際の競技動作や加わる負荷及び動作スピード等を考慮し、関連のある動きや条件で実施することが有効であると考えられている⁶⁻⁷⁾。このような観点から、柔道選手の体幹回旋動作のパワー向上を目的として、2000年代初頭より、体幹の回旋動作を有するエクササイズが実践される機会が増える傾向がみられる⁸⁾。代表例としては、バーベルの片側を床に固定して直立させ、バーの先端周辺部を両手で保持して左右に回旋するスタンディングトランクツイスト⁶⁾や、メディシンボールを両手で保持し、上半身の回旋動作によって側方に投射するメディシンボールツイストスロー⁹⁾が挙げられる。

柔道選手の筋出力に関するこれまでの報告としては、握力計や背筋力計を使用した筋出力に関する報告¹⁰⁻¹¹⁾のほか、等尺性筋力¹²⁻¹³⁾や等速性筋出力に関する報告¹⁴⁻¹⁶⁾が多くみられる。いずれも実際の柔道の動きとは異なる動作において発揮された筋出力を測定したものであり、高価で運搬が困難な測定機器を使用したものも多くみられる。柔道選手の実際のトレーニング動作を用いて、そのパフォーマンスを調査した報告としては、片手にダンベルを保持して一気に頭上まで拳上するダンベルスナッチの1RMを計測したもの¹⁷⁾、鉄棒に掛けた柔道着を両手で保持した姿勢で懸垂腕屈伸を行い、反復回数を計測したもの¹⁸⁾などが挙

げられるが、柔道選手の体幹の回旋動作に関する報告は見当たらない。

これらの背景から、本研究では、柔道選手を対象として、体幹回旋動作を伴うスタンディングトランクツイストとメディシンボールツイストスローの2つのエクササイズのパフォーマンスの計測を試み、その特性について明らかにするとともに、身体組成、周径、筋力・パワー指標との関連について検討し、柔道選手の体幹回旋動作のパワー向上のためのトレーニング法と、その効果を把握するための簡便かつ有効なチェック法を探るための資料を得ることを目的とした。

II. 方法

1. 対象

本研究の対象は、大学柔道部に所属する男子選手112名であった。全対象は1年以上の定期的な筋力トレーニングの経験を有していた。対象となった選手の所属階級の内訳は、60kg級10名、66kg級12名、73kg級23名、81kg級19名、90kg級18名、100kg級16名、100kg超級14名であり、身体的特徴は表1の通りである。測定日において全日本柔道連盟より強化選手の指定を受けていた選手12名を優秀群、その他の選手100名を一般群とした。

2. 倫理的配慮

本研究は、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認（承認番号：14097）を得た上で実施されたものである。すべての対象には、測定の内容や危険性について説明し、測定参加への同意を得るとともに、データ発表についての了解を得た。

3. 身体組成と周径の測定

身体組成は、体成分分析装置（Biospace社製 InBody 430）を用いて、体重、体脂肪率、除脂肪体重を測定した。周径は、日本体育協会¹⁹⁾の方

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(%)
-60kg	10	163.4±2.8	64.0±2.3	10.5±0.7
-66kg	12	168.3±4.1	68.8±2.2	10.5±1.1
-73kg	23	170.8±3.5	75.9±2.5	12.6±1.6
-81kg	19	174.8±3.8	81.9±2.2	14.4±2.1
-90kg	18	177.2±4.6	87.3±3.9	15.7±2.1
-100kg	16	178.5±3.8	99.0±3.1	18.7±1.5
+100kg	14	181.2±4.5	122.3±9.4	23.7±4.3
全体	112	173.9±6.5	86.1±17.6	15.3±4.7

法に基づき、頸囲、上腕屈曲囲、前腕囲、胸囲、腹囲、臀囲、大腿囲、下腿囲を測定した。

4. 体幹回旋動作パワーの測定

体幹の回旋動作パワーの測定は、立位で行うスタンディングトランクツイストと両膝を床に着けた姿勢で行うメディシンボールツイストスローの2項目にて実施した(図1)。測定方法は以下の通りであった。

1) スタンディングトランクツイスト

スタンディングトランクツイストの測定には、ニシスポーツ社製トレーニング機器パワートルソーを使用した。本機には、全長220cm、重量20kgのバーベルシャフトを接続するとともに、バーベル基部の反対側に幅50cmの専用グリップを装着した。

対象には、測定機器のグリップを両手で保持させ、両足を左右に肩幅の広さに開いて立たせた。この時、膝と股関節を軽く曲げ、肩と両手がほぼ同じ高さになるように前後の立ち位置を調整した。次に、バーを保持した両腕の肘を伸ばし、腰を固定した状態で、上半身を回旋させて左方向と右方向にバーを移動させ、バーが左右の最も外側に到達した位置に目印として100cmの高さの可

動式の棒(以降マーカーと呼ぶ)を床と垂直に設置した。

対象には、測定者によるスタートの合図により、バーが左右のマーカーに触れるところまで、できるだけすばやく左右交互に移動させた。20秒間経過後に測定者のストップの合図があるまでに、バーが左右のマーカーに触れた回数をカウントした。

バーがマーカーに触れなかった場合はカウントしないものとし、2回連続でバーがマーカーに触れなかった場合にはやり直しとした。測定は2回実施し、高値を測定値として記録した。測定前には、十分なウォーミングアップを実施し、測定直前に実際と同一動作の試技を3往復行わせた。

2) メディシンボールツイストスロー

メディシンボールツイストスロー(以降MBツイストスローと呼ぶ)の測定には、5kgのメディシンボールを使用した。測定場所の床には、投射位置を示すラインを設置した。

対象には、両手にメディシンボールを保持させ、両膝を床につけて上半身を垂直に立たせた姿勢で、投射方向に対して横向きの姿勢をとらせた。投射方向側の膝は床のラインの内側に位置するよ

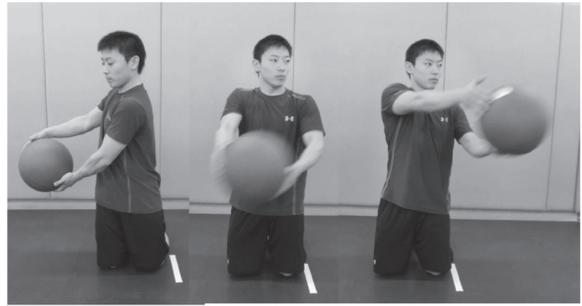
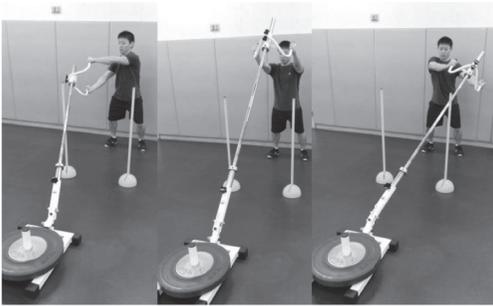


図1 スタンディングトランクツイスト（左）とメディシンボールツイストスロー（右）の動作
Fig 1 Motion of standing trunk twist (left) and medicine-ball twist throw (right)

うした。ボールの保持方法は、投射方向側の手を下側に、投射方向と反対側の手は上側に位置するようにさせた。

上半身を投射方向と反対方向にひねり、両手に保持したメディシンボールを後方に移動させた後、上半身を投射方向にひねる動作を用いて全力でメディシンボールを投射させた。測定者は、対象の投射方向のボールの落下地点からラインの内側までの距離をメジャーで測定した。

投射方向に左肩を向けて投射する方法を右投げ、投射方向に右肩を向けて投射する方法を左投げと規定し、それぞれについて2回ずつ実施し、高値を測定値として記録した。測定前には、十分なウォーミングアップを実施し、測定直前に実際と同一動作の試技を左右について1回ずつ行わせた。

5. 筋力及びパワー指標の測定

筋力及びパワーの指標として、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの最大挙上重量（以下1RM）と握力及び背筋力の測定を実施した。1RMの測定方法は以下の通りである。なお、全対象は、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの各種目について3か月以上のトレーニング経験を有していた。

ベンチプレスの動作は次の通りであった。ベンチプレス用ラック付きベンチに仰向けになり、肩幅より広い幅でバーベルを両手で保持して、ラックから外した後、バーベルを肩の真上に保持して肘を伸ばした姿勢から、胸に触れるまで下ろし、

肘が完全に伸展するまで拳上して静止することができた場合に成功とした。バーベルを上記の姿勢まで拳上できなかった場合には失敗とした。

スクワットの動作は次の通りであった。バーベルを肩にかつぎ、両足を肩幅に左右に開いて直立した姿勢から、大腿部の上端が床面と平行になるところまでしゃがみ、直立姿勢まで立ち上がって静止することができた場合に成功とした。直立姿勢まで立ち上がることができなかった場合には失敗とした。

パワークリーンの動作は次の通りであった。両足を腰幅に左右に開いてバーベルの真下に拇指球が位置する場所に立ち、膝と股関節を曲げて上半身を前傾させて、バーベルを肩幅の広さで握って静止した開始姿勢をとらせた。次に、床を蹴って上半身を起こしながらバーベルを拳上し、手首を返して肩の高さでバーベルを保持した後、膝と股関節を完全に伸展させて直立し、静止できた場合に成功とした。バーベルが拳上中に落下した場合は、直立姿勢で静止することができなかった場合には失敗とした。

1RMの測定にあたっては、重量を漸増させながら2セットのウォームアップを行った後、1RMと推測される重量の拳上を試みた。これに成功した場合には、さらに重量を増加して試技を実施し、拳上できた最大の重量を1RMの測定値として記録した。なお、同一種目のセット間には3分以上の休息時間を設けた。また、種目間には十分な休息をとり、前の測定の疲労が後の測定に影響を与えないように配慮した。

表2 スタンディングトランクツイストとメディシンボールツイストスローの測定結果
Table 2 Result of standing trunk twist and medicine ball twist throw

項目	スタンディングトランクツイスト (回)	メディシンボールツイストスロー 右投げ(m)	メディシンボールツイストスロー 左投げ(m)
最低値	10	3.3	2.7
最高値	36	9.2	8.9
平均値	24.22±4.72	6.07±1.03	5.89±0.96

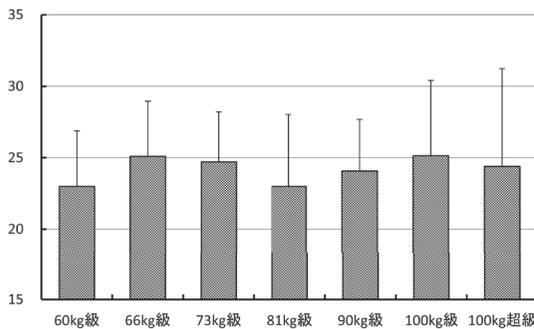


図2 スタンディングトランクツイストの階級別平均値
Fig 2 Results of the average value of standing trunk twist

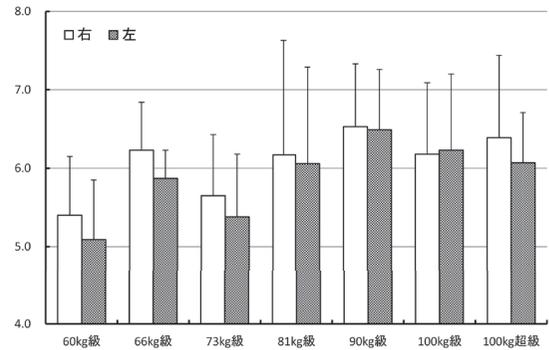


図3 メディシンボールツイストスローの階級別平均値
Fig 3 Results of the average value of medicine-ball twist throw

6. 統計処理

本研究で得られた測定値は平均±標準偏差で示した。測定値相互の関係は、ピアソンの相関係数を用いた。また、2群間の平均値の差の検定にはt検定を用いた。統計処理の有意水準は5%未満とした。

た。スタンディングトランクツイストと体重との間には有意な相関関係は認められなかった。一方、MBツイストスローについては、体重との間に有意な正の相関関係が認められた(右投げ: $p<0.01$ 、左投げ: $p<0.05$)。

Ⅲ. 結果

1. 体幹回旋動作パワーの測定値

スタンディングトランクツイストとMBツイストスローの全対象の測定値を表2に示した。各項目の測定値はスタンディングトランクツイストが 24.22 ± 4.72 回、MBツイストスロー右投げが 6.07 ± 1.03 m、左投げが 5.89 ± 0.96 mであった。MBツイストスローの右投げによる測定値は左投げよりも有意に高い値を示した ($p<0.01$)。

スタンディングトランクツイストとMBツイストスローの階級別測定値を図2及び図3に示し

2. 体幹回旋動作パワーの測定項目間関係

スタンディングトランクツイストとMBツイストスローとの関係について図4に示した。スタンディングトランクツイストとMBツイストスローの右投げ及び左投げの測定値との間には有意な正の相関が認められた ($p<0.01$)。

3. 競技力及び組手との関係

スタンディングトランクツイストの優秀群と一般群の測定値を図5に示した。優秀群は 25.67 ± 3.8 回、一般群は 24.08 ± 4.8 回であり、優秀群が高い値を示す傾向が見られたが、有意差は認められなかった。

MBツイストスローの優秀群と一般群の測定値

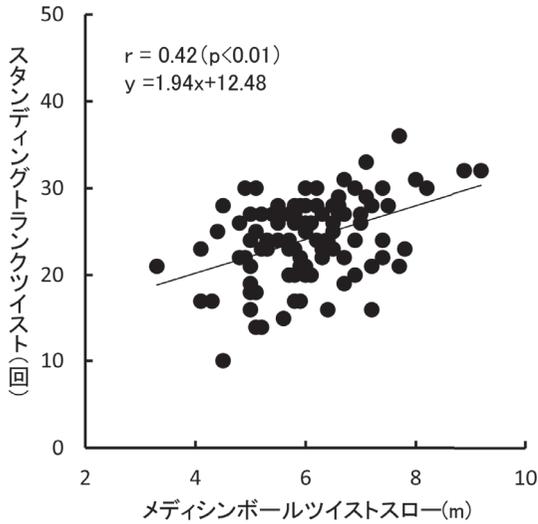


図4 スタンディングトランクツイストとメディシンボールツイストスロー (5kg・右方向) の関係
Fig 4 Relationship between the results of standing trunk twist and medicine ball twist throw (5kg・right side)

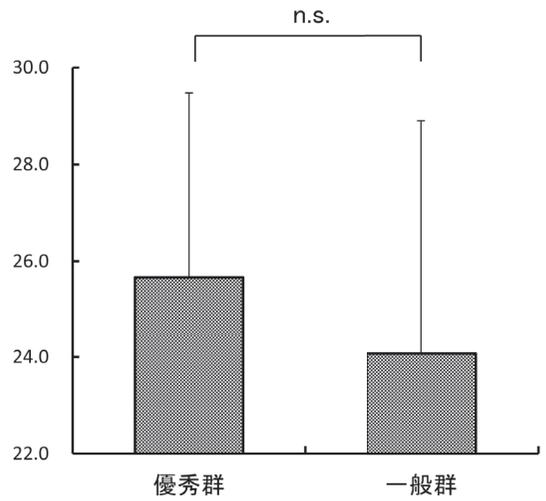


図5 スタンディングトランクツイストの優秀群と一般群の測定値
Fig 5 Results of the average value of standing trunk twist (left: elite level, right: average level)

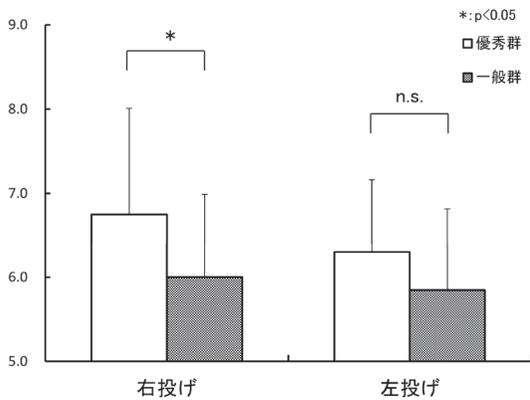


図6 スタンディングトランクツイストとメディシンボールツイストスロー (5kg・右方向) の関係
Fig 6 Results of the average value of medicine-ball twist throw (white: elite level, grey: average level)

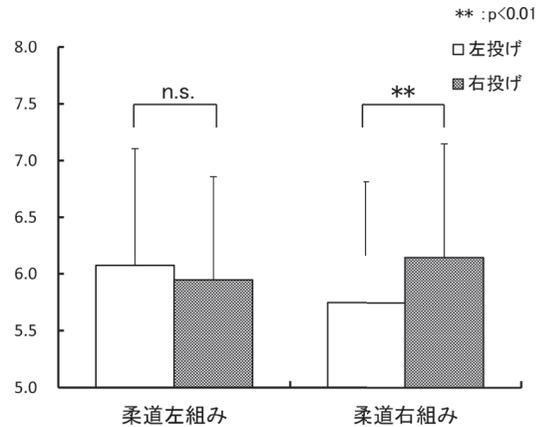


図7 メディシンボールツイストスローと柔道の組手との関係
Fig 7 Relationship between the results of medicine ball twist throw and judo kumite

表3 体幹の回旋動作パワーの測定値と周径との相関関係

Table 3 Correlationship between the results of power of trunk rotation and circumference

項目	頸囲	胸囲	腹囲	上腕囲 (屈曲右)	上腕囲 (屈曲左)	前腕囲 (右)	前腕囲 (左)	臀囲	大腿囲 (右)	大腿囲 (左)	下腿囲 (右)	下腿囲 (左)
スタンディングトランクツイスト (回)	0.21 *	0.13	0.10	0.21 *	0.20 *	0.19	0.19 *	0.11	0.19	0.11	0.15	0.13
メディシンボールツイストスロー 右投げ(m)	0.28 **	0.22 *	0.21 *	0.23 *	0.27 **	0.35 **	0.34 **	0.07	0.25 **	0.17	0.30 **	0.19
メディシンボールツイストスロー 左投げ(m)	0.29 **	0.17	0.20 *	0.22 *	0.30 **	0.28 **	0.30 **	0.06	0.17	0.12	0.24 *	0.20 *

** : p < 0.01 * : p < 0.05

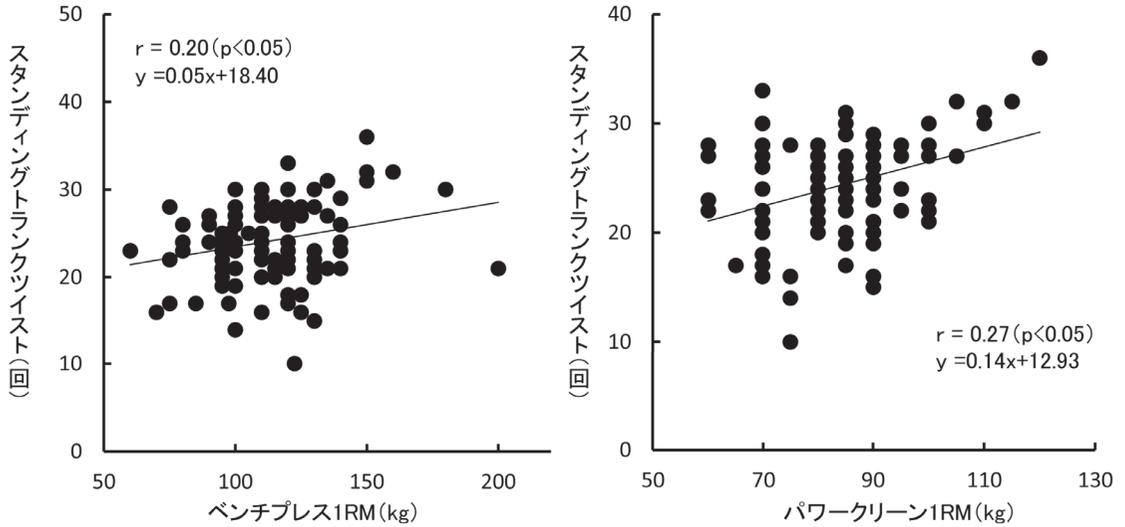


図8 スタンディングトランクツイストとベンチプレス1RM (左) 及びパワークリーン1RM (右) の関係
 Fig. 8 Relationship between the results of standing trunk twist and bench press 1RM (Left)
 Relationship between the results of standing trunk twist and power clean 1RM (Right)

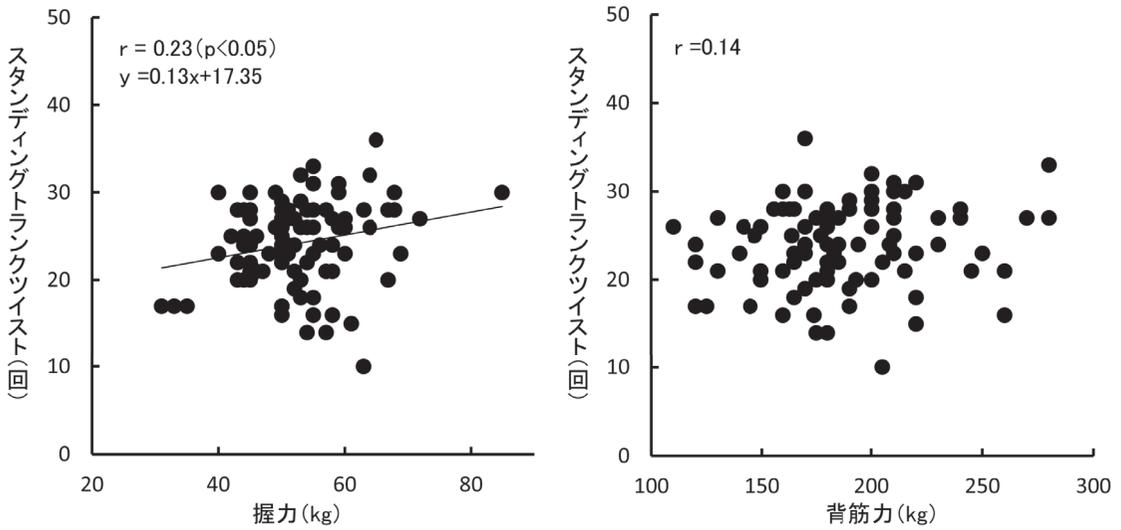


図9 スタンディングトランクツイストと握力 (左) 及び背筋力 (右) の関係
 Fig. 9 Relationship between the results of standing trunk twist and grip strength (Left)
 Relationship between the results of standing trunk twist and back strength (Right)

を図6に示した。MB ツイストスローの右投げについては、優秀群が $6.75 \pm 1.26\text{m}$ 、一般群が $6.00 \pm 0.99\text{m}$ であり、優秀群の測定値は一般群よりも有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。なお、左投げについては両者の間には有意な差は認められなかった。

MB ツイストスローの測定値と柔道の組手との関係について図7に示した。柔道で右組の対象のMB ツイストスローの測定値については、右投げの測定値が左投げの測定値よりも有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。左組みの対象については、右投げと左投げの測定値には有意な差は認められなかった。

4. 身体組成及び周径との関係

スタンディングトランクツイストの測定値と体重、体脂肪率及び除脂肪体重との間には有意な相関は認められなかった。MB ツイストスローの測定値と体脂肪率との間には有意な相関は認められなかったが、体重及び除脂肪体重との間には有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$ または $p < 0.05$)。

スタンディングトランクツイストとMB ツイストスローの測定値と周径との相関関係を表3に示した。スタンディングトランクツイストの測定値と頸囲、上腕屈曲囲(右と左)、前腕囲(左)との間には有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$) が、臀囲、大腿囲、下腿囲との間には有意な相関は認められなかった。一方、MB ツイストスローの測定値と頸囲、胸囲、腹囲、上腕屈曲位、前腕囲、大腿囲(右)、下腿囲との間には有意な正の相関が認められたが ($p < 0.05$ または $p < 0.01$)、臀囲及び大腿囲(左)との間には有意な相関は認められなかった。

5. バーベルの最大拳上重量との関係

スタンディングトランクツイストとベンチプレス及びパワークリーンの1RMとの間には有意な正の相関 ($p < 0.05$) が認められたが(図8)、スタンディングトランクツイストとスクワット1RMとの間には有意な相関は認められなかつ

た。一方、MB ツイストスローとベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RMとの間にはいずれも有意な正の相関 ($p < 0.01$) が認められた。

なお、スタンディングトランクツイストとMB ツイストスローの測定値と、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RM 体重比との間にはいずれも有意な相関は認められなかった。

6. 握力及び背筋力との関係

スタンディングトランクツイストと握力及び背筋力との関係を図9に示した。スタンディングトランクツイストと左手の握力との間には有意な正の相関 ($p < 0.05$) が認められたが、右手の握力及び背筋力との間には有意な相関は認められなかった。一方、MB ツイストスローと握力及び背筋力との間には、いずれも有意な正の相関 ($p < 0.01$ または $p < 0.05$) が認められた。

IV. 考察

1. 体幹回旋動作の筋出力測定について

柔道選手を対象とした体幹部の筋出力に関する先行研究には、等速性最大筋力と等尺性最大筋力を測定したものがみられる。今泉らは^{4-5, 20)}、女子柔道選手を対象として体幹回旋動作の等速性筋出力の測定を行い、一流女子柔道選手群は一般成人女子群よりも高値を示したことを報告している。また、中村ら²¹⁾は、大学男子柔道選手を対象に、座位にて正面を向いた姿勢と、上体を左及び右に60度回旋させた姿勢で、左右方向に上半身を回旋させた時の等尺性最大筋力を測定し、柔道選手の測定値は野球選手及び一般大学生よりも有意に大きかったことを報告している。

これまでの柔道選手を対象とした体幹部の筋出力測定に関する報告における動作は、屈曲・伸展、側屈、回旋の3種類であった。春日井²²⁾は、大学男子柔道選手を対象に体幹の屈曲・伸展動作の等速性筋出力を測定し、大学男子柔道選手の測定値は一般大学生よりも有意に高い値を示したこ

とを報告している。今泉ら²³⁻²⁴⁾は、女子柔道選手を対象に体幹の屈曲・伸展動作の等速性筋出力を測定したところ、30 deg/secの条件下において、一流女子柔道選手の測定値は一般女子よりも有意に高い値であったことを報告している。また、越田ら²⁵⁾は、男女柔道選手を対象として、体幹側屈方向への等尺性筋力を測定し、腰痛の発生との関係について報告している。

本研究は、上述した先行研究をふまえ、柔道選手を対象に、現場において簡便に実施でき、体幹回旋動作のトレーニングとして日常的に実施している代表的エクササイズのパフォーマンスの計測を試みたものであった。また、柔道選手の体幹回旋動作のパワーの把握やトレーニングの実施に伴う変化の指標としての可能性を探ることも目的の一つであった。

スタンディングトランクツイストは、柔道競技における相手と組んだ状態での攻防や、立ち技で相手を投げたり防御したりする局面において、上半身を捻って体幹を回旋させる動作を再現することを企図したエクササイズであった。また、立位であること、相手と組んだ時の姿勢や手の位置が実際と類似していること、上半身の回旋軸を保持したまま上半身を捻る動作が必要とされる点などについて、競技動作との関連を有するものであった。

スタンディングトランクツイストの測定には、スポーツ現場で最も普及している全長220cm、重量20kgの筋力トレーニング用標準型バーベルシャフト（バー）を使用した。直立した時に肩と両手を同じ高さに設定したことから、身長の高い選手よりも低い選手の場合には、床面に対するバーやグリップの角度が小さくなり、動作を遂行しにくくなる場面もみられた。このような問題点に対処するためには、身長の高さによるバーやグリップの角度変化に対応する方法や、両手にプレートなどの重量物を保持し、直立姿勢で左右にすばやく回旋させる方法についても検討する必要性が示唆された。

本研究におけるスタンディングトランクツイス

トの最小値は10回、最大値は36回、平均値及び標準偏差は 24.22 ± 4.72 回であり、制限時間が20秒であったことから、最小値のケースでは、片側から反対側にバーを移動させる1回の所要時間は2秒、最大値のケースでは約0.56秒であった。測定動作を観察したところ、胸郭を左右に回旋させている対象と、胸郭をほとんど回旋させず、固定した状態で腕のみを動かす対象の2つのタイプがみられた。前者の場合には、体幹回旋筋群の動的な筋力発揮が、後者の場合は体幹回旋筋群の静的な筋力発揮が行われたと推測される。今後、測定値の評価にあたっては、このような動作の相違を考慮することが必要であろう。

スタンディングトランクツイストの測定時の可動域については、スタート直後についてはバーがマーカーに触れるまで動作が行われていたものの、終盤になるとバーがマーカーに届かないケースが頻発する傾向がみられた。本研究では、20秒の制限時間内の反復回数を調べたが、今後は、時間を短縮した条件下での測定や、特定回数 of 所要時間を測定する方法も試行すべきであると考えられた。

メディシンボールを用いたMBツイストスローは、体幹回旋動作の爆発的パワー向上のためのトレーニング手段としてスポーツ現場で広く実践されてきたエクササイズである。MBツイストスローは、ボールを投射方向とは逆の方向にいったんひねり、素早く切り返す動きが特徴的であり、主働筋のStretch-Shortening Cycleを伴うプライオメトリックトレーニングの手段として位置づけられている。MBツイストスローは、柔道以外の競技では、野球のバッティング、ゴルフのスイング、テニスのストロークなどの動作パワー向上を目的としたトレーニングの手段として実践されており⁶⁾、一般的には2～3kgのメディシンボールが使用されるケースが多くみられる。柔道競技における立位での相手との攻防や相手を投げる動作では、上述した他のスポーツの動作よりも高負荷の条件で比較的低速度のパワー発揮になることが想定されることから、本研究では5kgのメディ

シンボルを採用した。今回の測定結果では、最小値右3.3m、左2.7m、最大値右9.2m、左8.9m、平均値及び標準偏差については右 6.07 ± 1.33 m、左 5.89 ± 0.96 mであった。柔道の試合場の広さは9.1m四方であることから、5kgのメディシンボールを使用した場合には、一般的な柔道の練習場所でも測定できる可能性が示唆された。

2. 体幹回旋動作パワーの測定値と他の要因との関連について

本研究では、スタンディングトランクツイストとMBツイストスロー（右投げ及び左投げ）の測定値間には有意な相関 ($p < 0.01$) が認められた。スタンディングトランクツイストとMBツイストスローは、両者とも体幹の回旋動作を伴うことについては共通しているが、いくつかの相違点が存在する。一つ目の相違点は、スタンディングトランクツイストは立位姿勢であるのに対し、MBツイストスローは両膝を床に固定した姿勢をとることである。立位の場合には、動作中に骨盤の回旋が生じやすいのに対し、両膝を床に固定した場合には、動作中に骨盤を固定しやすい。このため、MBツイストスローと比較して、スタンディングトランクツイストの方が体幹の回旋動作以外の要因が関与する可能性が高いと考えられる。二つ目の相違点は、スタンディングトランクツイストが左右への回旋動作を連続的に反復しているのに対し、MBツイストスローは、バックシングから切り返して投射する動作が単発的に行われている点である。上述した2つの測定項目の特性や相違点を考慮すると、スタンディングトランクツイストについては、相手と立位で組んだ攻防において、相手の発揮した力に対して上半身の姿勢を一定に制御する局面との関連性が、MBツイストスローについては、単発的に立ち技をかける際に爆発的に力を発揮する局面との関連性が推察される。今後、2つの測定項目の特性や相違についてさらに明らかにするためには、両測定項目について、立位と膝固定の2種類の姿勢による測定値の比較等の検討を行うことが必要であろう。

競技成績との関係については、スタンディングトランクツイストとMBトランクツイストのいずれも優秀群が一般群と比べて高い値を示す傾向がみられた。また、MBツイストスローの右投げについては、2群間に有意差が認められ、競技成績との関連が示唆された。今後は、トレーニングの実施に伴う測定値や競技力の推移について調査し、柔道選手の競技力向上に対するトレーニングの有効性を検討することが必要であると考えられる。

MBツイストスローの右左の値を比較すると、右投げによる測定値は左投げによる測定値よりも有意に高い値を示した。本研究では、この要因を探るため、利き手や組み手との関連について検討を行った。利き手については、本研究の全対象112名中、右利きの選手は98名、左利きの選手は14名（全体の12.5%）であったことから、測定値と関連があることが推測されたが、統計学的には有意差を見出すことはできなかった。一方、組み手については、右組みの選手（68名、全体の60.7%）では右投げの測定値が有意に高く、左組みの選手（44名、全体の39.2%）では左投げの測定値が高い傾向がみられ、柔道の組手との関連が示唆された。この要因としては、背負い投げ、内股、大外刈りのような技においては、上半身を組み手側の方向に捻る（右組みの選手の場合は右方向に捻る）動きを有することが影響している可能性が推察された。野瀬ら²⁶⁾は柔道選手を対象に組み手と筋力の左右差について検討を行い、右組みの腕屈曲動作の等速性最大筋力は、左より右が大きい値を示したが、左組みでは左右差は認められなかったことを報告している。今後、MBツイストスローの右左の値と組み手との関係の要因についてさらに明らかにするためには、上半身の筋力との関係についても検討を加える必要があると思われる。

本研究では、スタンディングトランクツイストの測定値と体重、体脂肪率、除脂肪体重との間に有意な相関は認められなかったが、MBツイストスローの測定値と体重及び除脂肪体重との間には

有意な正の相関が認められた。これらのことから、MB ツイストスローについては、筋量が多く体重の重い者が高値を示す傾向が示唆された。この要因としては、MB ツイストスローは、膝を床につけた姿勢で実施しており、動作中に体重が負荷として作用しにくく、体脂肪が多くてもこれが測定値に対してマイナス要因となりにくかったことが関与している可能性が推察された。現場において従来多く行われてきた体幹回旋動作のエクササイズとして、床に仰向けになり、上半身を捻りながら起こす動作を行うツイスティングシットアップがあるが、この方法では上半身の体重が負荷として作用するため、重量級の選手の場合、軽量の選手と比べて反復回数が少なく、動作スピードが遅くなる傾向がみられた。これに対し、MB ツイストスローの場合には、体重が重い選手でも高値を記録することができることから、重量級の選手を対象とした体幹の回旋動作のエクササイズとして有力な選択肢の一つとなり得る可能性が示唆された。

服部ら²⁷⁾は、女子柔道選手を対象にMRIを使用して脊柱起立筋及び広背筋の体積を計測し、柔道選手では広背筋の肥大はみられるが、脊柱起立筋の肥大はみられないことを報告している。また、今泉ら²⁸⁾は、女子柔道選手を対象に超音波診断装置を用いて各部位の筋厚の計測を行い、女子柔道選手は一般成人女子と比較して上腕部と腹部の筋厚において高値を示すことを報告している。本研究では、各部位の筋量の目安として周径を計測し、スタンディングトランクツイスト及びMB ツイストスローの測定値との関係について検討を行った。その結果、スタンディングトランクツイストとMB ツイストスローの両方について、頸囲、上腕屈曲囲、前腕囲との正の相関が認められ、臀囲及び大腿囲（左）との相関は認められなかった。体幹回旋動作パワーの指標として実施した2つの測定項目については、下半身よりも上半身の筋量との関連が示唆された。また、MB ツイストスローの測定値と腹囲との間には有意な正の相関が認められ、腹部の筋量及び脂肪量との関連

が示唆された。

スタンディングトランクツイストの測定値とベンチプレス及びパワークリーンの1RMとの間には有意な相関が認められたが、スクワットの1RM及び3つの測定項目の1RM体重比との間には有意な相関は認められなかった。また、MB トランクツイストと、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RM及び1RM体重比との間には有意な相関は認められなかった。これらのことから、スタンディングトランクツイストの測定値には特に上半身の筋力及びパワーの絶対値との関連が示唆された。一方、また、MB ツイストスローの測定値と握力及び背筋力との間には有意な正の相関が認められた。MB ツイストスローの測定値には、腕部と体幹の静的な筋出力が関連している可能性が推察された。

V. 要約

本研究は、柔道選手の体幹回旋動作を改善するための有効なトレーニング方法及びチェック法を探るための資料を得ることを目的とした。大学男子柔道選手112名を対象として、立位姿勢でバーを保持して左右にすばやく移動させるスタンディングトランクツイストと、両膝を床につけた姿勢で5kgのメディシンボールを両手に保持して上半身の回旋動作によって側方に投射するメディシンボールツイストスローの2項目の測定を実施した。得られた測定値の特性や形態及び筋力・パワー指標との関連について検討を行い、次のような結果を得た。

- 1) 各項目の測定値は、スタンディングトランクツイストが 24.22 ± 4.72 回、MB ツイストスロー右投げが 6.07 ± 1.03 m、左投げが 5.89 ± 0.96 mであった。メディシンボールツイストスローについては、体重との間に有意な正の相関が認められた。
- 2) スタンディングトランクツイストとMB ツイストスローの測定値との間には有意な正の相関が認められた。

3) MB ツイストスローの右投げについては、優秀群の測定値は一般群よりも有意に高い値を示した。

4) 柔道の組み手が右組の対象のMB ツイストスローについては、右投げの測定値が、左投げの測定値よりも有意に高い値を示した。

5) スタンディングトランクツイストとメディシンボールツイストスローの測定値と頸圍、左上腕屈曲位、左前腕圍との間に有意な正の相関関係が認められた。

6) スタンディングトランクツイストとメディシンボールツイストスローの測定値とベンチプレス及びパワークリーン1RM、握力との間には有意な正の相関が認められた。

謝辞

本稿を終えるにあたり、測定者として協力していただいた東海大学スポーツサポート研究会の跡邊亮太君、船戸淳矢君、古賀賢一郎君、小林寛和君、ベラルディネッリ碧君に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡田隆, 中嶋寛之: 柔道選手に対する体幹回旋筋力強化エクササイズ-競技力向上と腰痛対策- Strength & Conditioning, 14-1, 54-59, 2007.
- 2) 岡田弘隆: 柔道選手の体幹捻転筋力, 体育の科学, 51(6), 449-451, 2001.
- 3) 中村勇, 小俣幸嗣, 佐藤伸一郎, 岡田弘隆, 射手矢岬, 木村昌彦: 競技レベル別にみた柔道競技者の体幹捻転力特性, 柔道科学研究, 4, 39-45, 1996.
- 4) 今泉哲雄, 西嶋洋子, 江橋博, 大畠襄, 佐藤美弥子: 女子柔道選手の側腹筋群が競技力へ及ぼす影響- MRI および TR 装置からみて, 体力科学, 42(6): 594, 1993.
- 5) Imaizumi, T., Nose, S., Aruga, S. and Asami, T.: Study of isokinetic strength of the trunk rotator muscles in elite female judoists. The 2nd international judo symposium, Medical and scientific aspects, Kodokan judo institute, Tokyo, 24, 1996.
- 6) 有賀誠司: 競技スポーツ別ウエイトトレーニング

マニュアル, 体育とスポーツ出版社, 2007.

- 7) 有賀誠司: 筋力トレーニングのスポーツ選手への適用, バイオメカニクス研究, 6(3), 227-239, 2002年.
- 8) 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.
- 9) Rey Takahashi: Power training for judo, Plyometric training with medicine balls, National Strength & Conditioning Association Journal, 14(2), 1992.
- 10) 横田三四郎, 青柳領, 高野裕光, 広崎寿伸, 清野哲也: 大学柔道選手の体格及び体力と競技内容との関連, 武道学研究, 25(1), 57-65, 1992.
- 11) 藤本涼子, 春日井淳夫, 山口香, 小沢裕二, 佐藤伸一郎, 射手矢岬, 吉鷹幸春, 向井幹博, 渡辺直勇, 岡田弘隆, 小俣幸嗣, 松村成司, 中村良三, 竹内善徳: 運動機能項目からみた全日本女子柔道強化選手の体力の現状, 柔道科学研究, 1, 7-10, 1993.
- 12) 金久博昭: 武道系選手の体力特性, Japanese journal of sports science, 4, 690-696, 1990.
- 13) 山本利春: 傷害予防の観点からみた柔道選手の階級別脚筋力と身体組成の評価, 臨床スポーツ医学, 13(4), 262-266, 1996.
- 14) 有賀誠司, 金山浩康, 斎藤仁, 松井勲, 山下泰裕, 村松成司, 木村昌彦: 全日本柔道強化選手の脚筋力の発揮特性, 柔道科学研究, 2, 15-20, 1994.
- 15) 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.
- 16) 北田晃三, 古谷嘉邦, 佐藤宣践, 小河原慶太, 有賀誠司: 男子柔道選手の等速性筋力に関する研究, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第8号, 41-46, 1995.
- 17) 有賀誠司, 寺尾保, 恩田哲也, 中村豊, 山下泰裕, 中西英敏, 生方謙: 柔道選手におけるダンベルを用いたクイックリフト・エクササイズについて, 東海大学スポーツ医科学雑誌 14:23-33, 2002.
- 18) 有賀誠司, 中西英敏, 山下泰裕, 恩田哲也, 生方謙: 柔道選手の組み手改善のためのトレーニングに関する研究-柔道着懸垂について-, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 18, 44-53, 2006.
- 19) 日本体育協会編: 公認スポーツ指導者養成テキスト 共通科目Ⅲ, 形態および身体組成の測定と評価について, 122-132, 2013.
- 20) 今泉哲雄, 西嶋洋子, 大畠襄, 佐藤美弥子, 浅見高明: 女子柔道選手の側腹筋厚からみた体幹転力の推

- 定, 体力科学, 43(6), 509, 1994.
- 21) 中村勇, 重岡孝文, 岡田弘隆, 山崎悦宏: 柔道選手と野球選手における体幹捻転力の比較, 武道学研究, 32,16, 1999-2000.
 - 22) 春日井淳夫: 柔道選手の体幹筋パワーに関する基礎研究, 明治大学人文科学研究所紀要, 第50冊, 65-82, 2002.
 - 23) 今泉哲雄, 江橋博, 西嶋洋子, 鈴木直樹, 服部正明, 木村昌彦: MRI および TEF 装置による一流女子柔道選手の背筋群の特性, 体力科学, 41(6), 729, 1992.
 - 24) 今泉哲雄, 野瀬清喜, 木村昌彦, 村松常司, 高橋邦郎, 浅見高明: 女子柔道選手の競技レベルと腹筋との関係, 武道学研究, Vol. 27 No. Supplement, 24, 1994-1995.
 - 25) 越田専太郎, 浦辺幸夫, 出口達也, 中野裕子, 宮川恵輔: 柔道選手における体幹側屈筋力と腰痛経験の関係, 第41回日本理学療法学会大会抄録, 2007.
 - 26) 野瀬清喜, 今泉哲雄: 柔道選手の組み方と一側優位性について, 埼玉大学紀要教育学部, 第35巻増刊号, 93-106, 1985.
 - 27) 服部正明, 今泉哲雄, 鈴木直樹: 一流女子柔道選手の体幹背部筋群の形態的特徴, 体力科学, 42(5), 485-494, 1993.



バスケットボール選手における サイドステップ動作の運動学的特徴

小山孟志 (スポーツ医科学研究所) 有賀誠司 (スポーツ医科学研究所)

陸川 章 (体育学部競技スポーツ学科) 長尾秀行 (東海大学大学院総合理工学研究所)

小河原慶太 (体育学部体育学科) 山田 洋 (体育学部体育学科)

The Characteristics of Kinematics about Side Step Motion in Basketball Player

Takeshi KOYAMA, Seiji ARUGA, Akira RIKUKAWA, Hideyuki NAGAO,
Keita OGAWARA and Hiroshi YAMADA



Abstract

The purpose of this study was to investigate that the relatively of defensive capability and kinematics data on basketball player to obtain knowledge for training. Subjects were 16 basketball players and eight non-basketball players. Basketball player subjects were divided into to groups, six skilled players and less-skilled players. They were repeated five times the side step of 3.6 meters. We measured trajectories of joints by using a motion capture system, and calculated COM and COM of upper body. The following results were obtained.

- 1) There was no significant different about side step speed.
- 2) Skilled group COM was maintained lower position and small up-and-down motion.
- 3) There was a little change of posture in skilled group.

Therefore, it was shown that the effectively training for improve the side step motion is to focusing on the COM height and upper body posture.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 21-27, 2015)

I. 緒言

球技スポーツにおいて、アジリティが重要である。アジリティとは、状況判断をともなう方向転換動作¹⁾を指し、そのパフォーマンスを決定する要因は、「認知判断能力」と「方向転換スピード」の二つに分けられる²⁾。

バスケットボールのディフェンス局面では、オ

フェンスの方向転換動作に対して素早く反応するためには主にサイドステップ動作が用いられる³⁾。サイドステップ動作は、一歩で大きく方向転換するには有効なステップであることから、狭い範囲内で相手の動きを阻止することを目的とするディフェンス時には頻出する重要なステップであると言える。ゆえに、サイドステップ動作の改善は、ディフェンス時のパフォーマンス向上に不可欠であると考えられる。しかし、トレーニング現場に

においては、指導者によって理想とするサイドステップの姿勢や動作が異なり、指導観点についても多岐にわたっているのが現状である。日本バスケットボール協会の指導教本²⁾によると、サイドステップ動作時に「膝を曲げて低く構え、移動のときに上下に飛び跳ねたりしてはならない」ことや、「上半身は基本姿勢を保ったまま行えるようにしたい」と記されており、重心の上下幅を小さくすることや、上半身の姿勢制御の重要性が唱えられている。しかし、これらとディフェンス能力の関係性が不明確であり、合理的な姿勢や動作についての統一的な見解が得られていない。

これまで、バスケットボール選手を対象としたサイドステップ動作に関する研究は、下肢の傷害のリスクとの関係性を検証した研究^{4, 5, 6, 7)}が多く、パフォーマンスに関する研究は数少ない。Shimokochi ら⁸⁾は、サイドステップ動作の方向転換時における重心高や下肢の関節角速度を検証している。その結果、方向転換動作を向上させるには重心高を低くし、股関節伸展動作をより速く行うことが重要であると結論づけた。しかし、重心高については身体合成重心を直接算出したものではなく、骨盤重心高を身体合成重心の指標としているため結果の解釈には一考の余地が残る。さらに上半身の姿勢については考慮されていない。

そこで本研究では、バスケットボール選手を対象に、サイドステップ動作時における身体合成重心および上半身部分重心に着目して、ディフェンス能力と運動学的データの関係性を検証し、トレーニング方法に有用な知見を得ることとした。

プ動作の特徴を明らかにするために、被験者を上位群、下位群、未経験群に群分けした。

なお、バスケットボール部に所属する被験者の上位群および下位群への群分けには、大学バスケットボール部のコーチ10名に各被験者におけるディフェンス時の方向転換をとまなうサイドステップ動作の優劣に関する5段階評価のアンケートを実施し、その結果が平均値以上の者を上位群、平均値未満の者を下位群とした。全被験者および各群の身体的特徴を表1に示す。

選手およびコーチには予め実験の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。なお、本研究は、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た上で実施されたものである。

表1 被験者の身体的特徴
Table 1 Physical characteristics of each subject

	全被験者 n=24	上位群 n=8	下位群 n=8	未経験群 n=8
年齢 [歳]	21.0 (2.4)	20.3 (1.0)	20.3 (0.9)	22.4 (3.6)
身長 [cm]	179.5 (10.4)	178.8 (6.8)	188.4 (11.0)	171.5 (4.8)
体重 [kg]	76.6 (10.6)	77.8 (4.2)	85.3 (10.3)	66.8 (6.9)

平均値 (標準偏差)

2. 試技

試技は、方向転換をとまなうサイドステップ動作とした。サイドステップをする距離は3.6mとし、その区間を5往復するものとした。動作の統制は、普段通りのサイドステップ動作を全力で行うように指示するにとどめ、姿勢などに関する統制は行わなかった。図1に試技の概略図を示す。

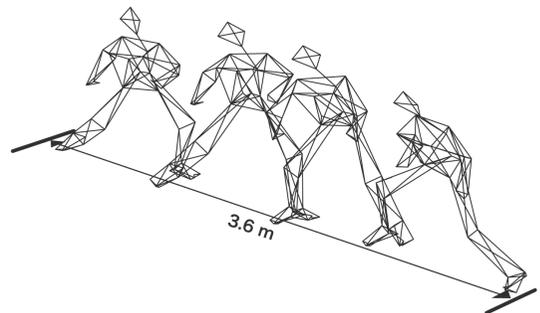


図1 試技の概略図
Fig 1 Measurement schematic representation

II. 方法

1. 被験者と群分け

被験者は大学男子バスケットボール部に所属する者16名および競技スポーツとしてのバスケットボールの経験がない体育学部生8名の計24名とした。ディフェンス能力の違いによるサイドステッ

バスケットボール選手におけるサイドステップ動作の運動学的特徴

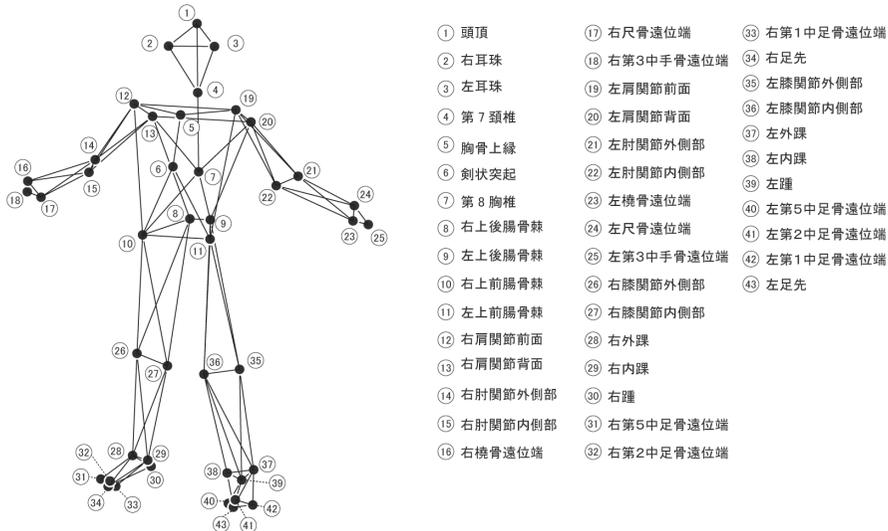


図2 計測用反射マーカ貼付位置
Fig 2 Illustration of measurement points distribution

3. 測定および解析

動作の測定の際は、被験者に動作測定用の着衣を着用させ、その上から解剖学的骨棘状点および身体末端部などの計測点に反射マーカ（15mm）を貼付した。反射マーカの貼付位置を図2に示す。

サイドステップ動作時の反射マーカの位置を光学式モーショキャプチャシステム（Mac 3 D System, Motion Analysis 社製）を用いて、記録周波数250Hz、シャッタースピード1/500secで行った。解析には動作解析プログラム（Frame DIAS-V, DKH 社製）を用い、モーショキャプチャシステムで記録した計測点の位置座標から以下の所要時間および運動学的データ（図3）を算出した。

- ・方向転換時の切り返し脚のつま先が接地した時点点をスタートとし、1往復した後、再びスタート地点を接地するまでの所要時間の平均値（sec）（以下、所要時間）
- ・身長で規格化した前額面における身体合成重心高の最大値（m/height）（以下、最大重心高）
- ・身長で規格化した前額面における身体合成重心高の最小値（m/height）（以下、最小重心高）
- ・身長で規格化した前額面における身体合成重心

高の上下幅（m/height）（以下、重心上下幅）

- ・前額面における身体合成重心と上半身部分重心の相対位置の最大値（m）（以下、重心相対位置X）
- ・矢状面における身体合成重心と上半身部分重心の相対位置の最大値（m）（以下、重心相対位置Y）

なお、サイドステップ動作の分析は、5往復中の左脚による方向転換を含む2,3,4往復目を対象に行い、その平均値を各被験者の記録とした。また、身体合成重心および上半身部分重心（以下、上半身重心）は阿江ら⁹⁾の身体部分慣性係数を用いて算出した。

4. 統計解析

群間における各分析項目の平均値の比較には、1元配置分散分析を行った。なお、多重比較検定には tukey 法を用いた。統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結果

図4に各群における所要時間の平均値および標

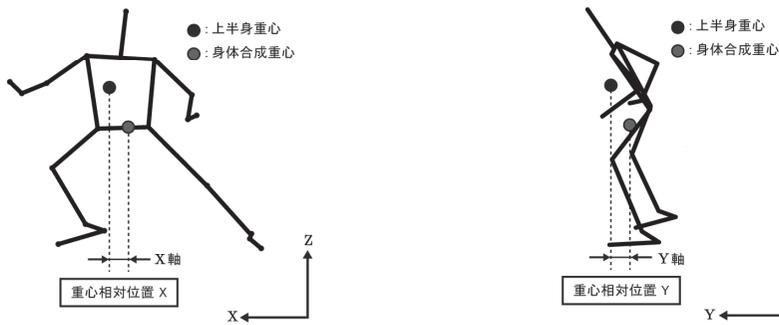
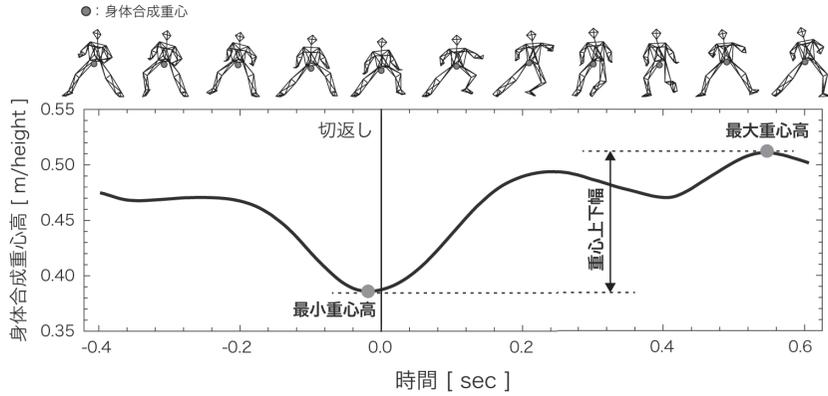


図3 運動学的データおよびその定義
Fig 3 Definition of Kinematic data.

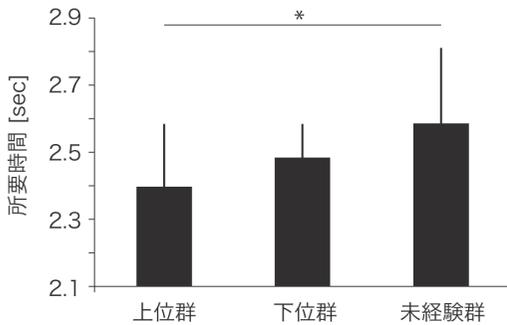


図4 所要時間の平均値
Fig 4 Average value of the time required in each group.

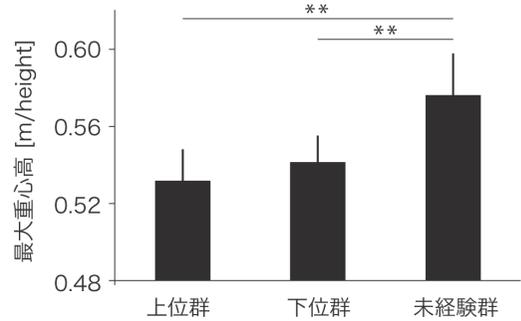


図5 最大重心高の平均値
Fig 5 Maximum height of the center of mass of the average value in each group.

標準偏差を示した。上位群は $2.40 \pm 0.19\text{sec}$ 、下位群は $2.48 \pm 0.1\text{sec}$ 、未経験群は $2.59 \pm 0.22\text{sec}$ であり、上位群が未経験群よりも有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。

図5に各群における最大重心高の平均値および標準偏差を示した。上位群は $0.53 \pm 0.02\text{m/}$

height、下位群は $0.54 \pm 0.01\text{ m/height}$ 、未経験群は $0.58 \pm 0.02\text{ m/height}$ であり、上位群および下位群が未経験群よりも有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。

図6に各群における最小重心高の平均値および標準偏差を示した。上位群は $0.41 \pm 0.02\text{ m/}$

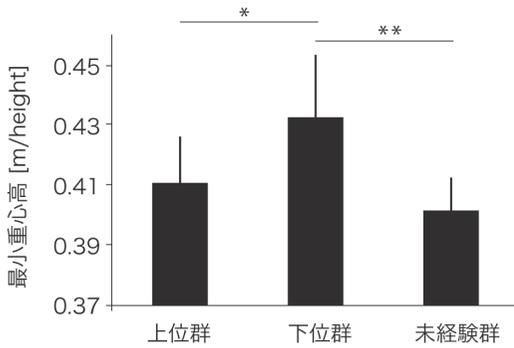


図6 最小重心高の平均値
Fig 6 Minimum height of the center of mass of the average value in each group.

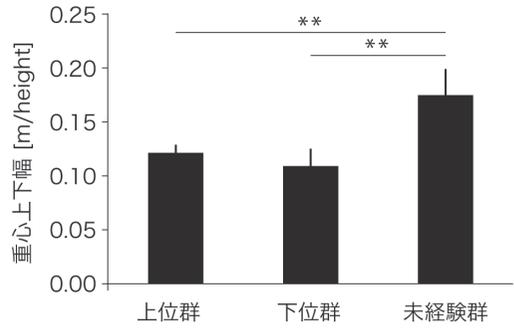


図7 重心上下幅の平均値
Fig 7 Average value of the center of mass vertical width in each group.

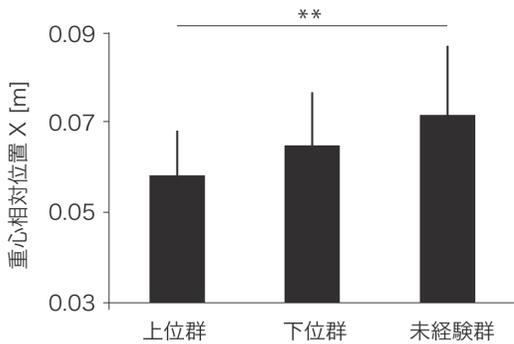


図8 重心相対位置Xの平均値
Fig 8 Average value of the center of mass relative position X in each group.

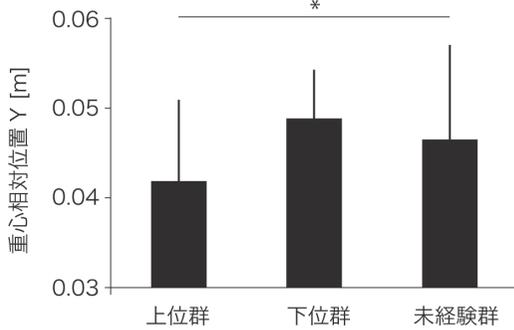


図9 重心相対位置Yの平均値
Fig 9 Average value of the center of mass relative position Y in each group.

height、下位群は 0.43 ± 0.02 m/height、未経験群は 0.40 ± 0.01 m/heightであり、上位群が下位群 ($p < 0.05$)、未経験群が下位群 ($p < 0.01$) よりも有意に低い値を示した。

図7に各群における重心上下幅の平均値および標準偏差を示した。上位群は 0.12 ± 0.01 m/height、下位群は 0.11 ± 0.02 m/height、未経験群は 0.17 ± 0.02 m/heightであり、上位群および下位群が未経験群よりも有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。

図8に各群における重心相対位置Xの平均値および標準偏差を示した。上位群は 0.058 ± 0.010 m、下位群は 0.065 ± 0.012 m、未経験群は 0.072 ± 0.015 mであり、上位群が未経験群よりも有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。

図9に各群における重心相対位置Yの平均値

および標準偏差を示した。上位群は 0.042 ± 0.009 m、下位群は 0.049 ± 0.005 m、未経験群は 0.046 ± 0.011 mであり、上位群が未経験群よりも有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。

IV. 考察

本研究では、バスケットボール選手を対象に、サイドステップ動作時における身体合成重心および上半身部分重心に着目して、ディフェンス能力と運動学的データの関係性を検証し、トレーニング方法に有用な知見を得ることとした。

ディフェンス時に頻出するサイドステップ動作は、アジリティ¹⁾と呼ばれ、そのパフォーマンスを決定する要因は、「認知判断能力」と「方向転

換スピード」の二つに分けられる²⁾。本研究で用いた試技は、試合中のディフェンス局面と異なり、状況判断をとまなわない単純な方向転換動作であることから、「方向転換スピード」を評価する項目に該当していると考えられる。本研究結果から、上位群と下位群の所要時間に差は認められず、上位群と未経験群に差が認められた(図4)。このことから、バスケットボール経験者においては、所要時間のみではディフェンス能力の優劣を十分に評価することは困難であると考えられる。

各群における最大重心高は、上位群および下位群が未経験群よりも有意に低い値を示した(図5)。最小重心高は、上位群および未経験群が下位群よりも有意に低い値を示し(図6)、先行研究^{1, 8)}と同様の結果となった。また、重心上下幅については、上位群および下位群が未経験群よりも有意に低い値を示した(図7)。未経験群の重心上下幅が大きくなった要因は、最大重心高が高く、最小重心高が低かったためであると考えられる。このことから、未経験者は、上下に飛び跳ねるような動きによって移動していたと推察され、その結果、移動スピードが遅くなり、所要時間が長くなった(図4)と考えられる。一方、上位群の特徴は、重心高が低く、且つ上下動が小さいことがわかった。このような特徴は、バスケットボールのディフェンス時に、視線の上下動を減少させ、相手を注視することに対し優位に働いていると考えられる。

本研究では、上半身の姿勢制御の優劣を評価する指標として、動作中の身体合成重心と上半身部分重心の相対位置の最大値を評価した(図3)。つまり、この指標が大きい程、上半身の姿勢が崩れ、素早い方向転換には不利な姿勢であると評価することとした。その結果、前顔面および矢状面ともに、上位群が未経験群よりも有意に低い値を示し(図8、9)、上位群は未経験群より上半身の姿勢を保っていたと考えられる。すなわち、ディフェンス局面では、相手の動きや周囲の状況に応じて素早く反応し、方向転換をすることが重要であることから、上位群のように上半身が崩れて

いない姿勢は高いディフェンス能力に影響していると考えられる。このことは、指導教本³⁾の記述を支持する結果であった。

Perry¹⁰⁾らは、歩行中の身体を機能的にパッセンジャー(頭部、頸部、体幹、両上肢)とロコモーター(両下肢と骨盤)の2つのユニットに分けている。パッセンジャーの機能は、歩行に直接貢献するというよりはロコモーターに運ばれている部分であるため、基本的に完全な姿勢を保持しているだけで良い¹⁰⁾とされている。本研究結果から、前方への歩行動作のみならず、サイドステップ動作においても上半身の姿勢を崩さずに保持することが重要であり、ディフェンスのパフォーマンスに貢献している可能性が示唆された。

しかし、本研究の指標からは、最小重心高を除く全ての項目において上位群と下位群の間に差が認められなかった。つまり、バスケットボール経験者においては、本研究の評価方法ではディフェンス能力の優劣がつけられなかったと言える。アジリティのパフォーマンスを決定する要因の一つである「方向転換のスピード」は、テクニック、直線のスプリントスピード、脚筋群の特性、身体計測値から構成され³⁾、これらはトレーニングによって改善する余地が大きいと考えられる。このことから、本研究において着目した身体合成重心および上半身部分重心だけではなく、他の運動学的データについても着目し、ディフェンス能力との関係性について更に検討する必要があると考えられる。

V. まとめ

本研究の目的は、バスケットボール選手を対象に、ディフェンス能力と運動学的データの関係性を検討し、ディフェンス能力向上のための知見を得ることを目的とした。特に、サイドステップ動作時における身体合成重心および上半身重心に着目した。被験者は男子バスケットボール選手16名およびバスケットボール未経験者8名とした。な

おバスケットボール選手はディフェンス能力の優劣に基づいて上位群と下位群に群分けを行った。試技は3.6m 区間をサイドステップで5往復するものとし、モーションキャプチャシステムを用いて動作を記録した。分析の結果以下のことが明らかになった。

1) 上位群と下位群はサイドステップの速さに有意差は認められなかった。

2) 上位群は重心が低く、且つ上下動が少ない。

3) 上位群は、上半身の姿勢の変化が少ない。

これらのことから、サイドステップ動作改善のためには、重心高や上半身の姿勢に着目してトレーニングをすることが有効であることが示唆された。

7) McLean, S.G. Walker, K.B. van den Bogert, A.J : Effect of gender on lower extremity kinematics during rapid direction changes: an integrated analysis of three sports movements. *J Sci Med Sport*, 8 (4): 411-422, 2005

8) Shimokochi, Y, Ide, D, Kokubu, M, and Nakaoji, T : Relationships among performance of lateral cutting maneuver from lateral sliding and hip extension and abduction motions, ground reaction force, and body center of mass height. *J Strength Cond Res* 27(7): 1851-1860, 2013

9) 阿江通良 : 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *J.J. Sports Sci* 15(3): 155-162.1996

10) Jacquelin Perry. Judith M. Burnfield : ベリー 歩行分析—正常歩行と異常歩行. 医歯薬出版, 原著第2版、p9, 2012

参考文献

- 1) J. M. Sheppard & W. B. Young : Agility literature review: Classifications, training and testing. *J. Sports Sci*, 24(9)919-932, 2006
- 2) W.B.Young, R.James and I.Montgomery : Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness*,42:282-288, 2002
- 3) 日本バスケットボール協会 : バスケットボール指導教本, 大修館書店, p48, 2002
- 4) Xie, Di Urabe, Yukio Ochiai, Jyo Kobayashi, Eri Maeda, Noriaki : Sidestep cutting maneuvers in female basketball players: stop phase poses greater risk for anterior cruciate ligament injury. *The Knee*. 20, 85-89, 2013
- 5) Golden GM, Pavol MJ, Hoffman MA : Knee Joint Kinematics and Kinetics During a Lateral False-Step Maneuver. *Journal of Athletic Training*. 44(5):503-510, 2009
- 6) Cloak R, Galloway S, Wyon M : The effect of ankle bracing on peak mediolateral ground reaction force during cutting maneuvers in collegiate male basketball players. *J Strength Cond Res*. 24(9):2429-33, 2010



日本女子トップレベルの バスケットボール選手における 試合中の移動距離及び移動速度

山田 洋 (体育学部体育学科) 小山孟志 (スポーツ医科学研究所)
國友亮祐 (日本バスケットボール協会) 長尾秀行 (大学院総合理工学研究科)
三村 舞 (日本リハビリテーション専門学校) 小河原慶太 (体育学部体育学科)
陸川 章 (体育学部競技スポーツ学科)

The Movement Distance and Moving Velocity during a Game in the Japanese Top-level Girls Basketball Player

Hiroshi YAMADA, Takeshi KOYAMA, Ryouyusuke KUNITOMO, Hideyuki NAGAO, Mai MIMURA,
Keita OGAWARA and Akira RIKUKAWA



Abstract

The purpose of this study was to examine movement properties by calculating movement distance and velocity during a basketball game involving Japanese top-level female players. The mean movement distance was 1339.5 ± 66.5 m for players in the Guard position, 1329.1 ± 49.4 m for Forward players, and 1231.1 ± 6.3 m for Center players. No significant differences were seen between each position. Therefore, it was suggested that the players moved extensively regardless of their position. The mean velocity was 2.15 ± 0.08 m/s for players in the Guard position, 2.14 ± 0.08 m/s for Forward players, and 1.91 ± 0.04 m/s for Center players. These results suggested that Japanese top-level female basketball players maintained a high speed and moved extensively regardless of their playing position.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 29-36, 2015)

I. 緒言

バスケットボールのような混戦型球技では「ゲーム分析」が行われ、近年重要視されている。ゲーム分析の目的は、競技の中で起こる様々な事柄

を数値化し、実際の指導現場にフィードバックされることによって、トレーニングや技術練習、戦術構築に役立ることとされている。そこでは大きく分けて二つの研究方法が用いられている。ひとつは、専門家や指導者などの視認的方法によって、技術、戦術、技能、チーム力などが質的に評

価、記述する手法であり、もうひとつは得点数、失点数、シュート数などの計数データを用いて統計処理を行う手法である。

近年、二次元DLT法を用いたゲーム分析が行われており、バスケットボールにおいてもこの方法が普及しつつある。小山¹⁾は大学男子では1試合に約6 km移動しており、移動速度の分類では約10%の激しい動き(4 m/sec以上)と約30%の緩やかな走り(1.5~4 m/sec)、約60%の走りのない動き(1.5m/sec以下)に分類されたことを報告している。また、國友²⁾は高校トップレベル男子ではゲーム中のピリオド別の最高移動速度ではいずれも第4ピリオドで記録されていたことを報告している。

しかしながらこれらの研究はいずれも男子選手を対象としており、女子選手を対象とした研究は少ない。7年後の2020年に東京でオリンピックが開催されることが決定し、日本女子はそれに出場できる可能性が高い。日本女子バスケットボールは“世界最速”を目標に掲げ、スピードやクイックネスといった日本のプレースタイルを表している。しかしこれらに関しては、ゲーム分析による定量的評価が行われておらず、ポジションによってプレースタイルやプレーする位置はもちろん、移動距離や移動速度等が違う可能性が考えられる。したがって、これらの移動特性についてポジション間で比較検討を行うことには、重要な意義があると考えられる。

そこで本研究は、両チーム共に日本代表入りした経験のある選手が多い日本女子トップレベルの試合を対象として映像データを採取し、二次元DLT法を用いて試合中の移動距離や移動速度を算出することによって移動特性を明らかにし、体力的特徴の検討、トレーニングへの示唆、戦術構築の一助となる知見を得ることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

2011年1月8日に行われた第86回天皇杯・第77

回皇后杯全日本総合バスケットボール選手権大会女子準決勝Jチーム対Dチームを分析対象とした。実質プレータイムの40分(ファウル、アウトオブバウンズ、フリースローを除いたタイマーが動いている時間)の分析を行った。

また、ポジションについては、PG(ポイントガード)とSG(シューティングガード)はG(ガード)、SF(スモールフォワード)とPF(パワーフォワード)はF(フォワード)、C(センター)はC(センター)としてPG、SG、SF、PF、Cの5つのポジションをG、F、Cの3つに分類した。

映像撮影に関しては、公益財団法人日本バスケットボール協会に対して、撮影の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。撮影の際には、日本バスケットボール協会医科学研究委員会科学サポート委員会の協力を得て行われた。後日の分析に際しては、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た上で実施された。

2. 撮影方法

バスケットボールの試合を観客席最上段から、2台の定点カメラで撮影した。センターラインを境にコートを二分して撮影を行った(図1)。試合開始から終了まで、タイムアウト及びハーフタイムの時間を除いた全ての時間を録画した。

3. 解析

各カメラで録画された映像は、分析用に同期させパーソナルコンピュータに取り込んだ。分析には、映像解析ソフト(Frame DIAS V, DKH社製)で、DLT法を用いた二次元映像解析を行った。そして、映像動作解析システムにより、コートの四隅をコントロールポイントとして、映像を二次元座標に変換しカメラスピード30fps、周波数は20Hzでデジタイズを行い選手の移動距離及び移動速度を算出した。移動速度の分類にはJohn Taylorの方法³⁾を用いた。

試合データについては、以下を算出した。

A) オフェンス回数

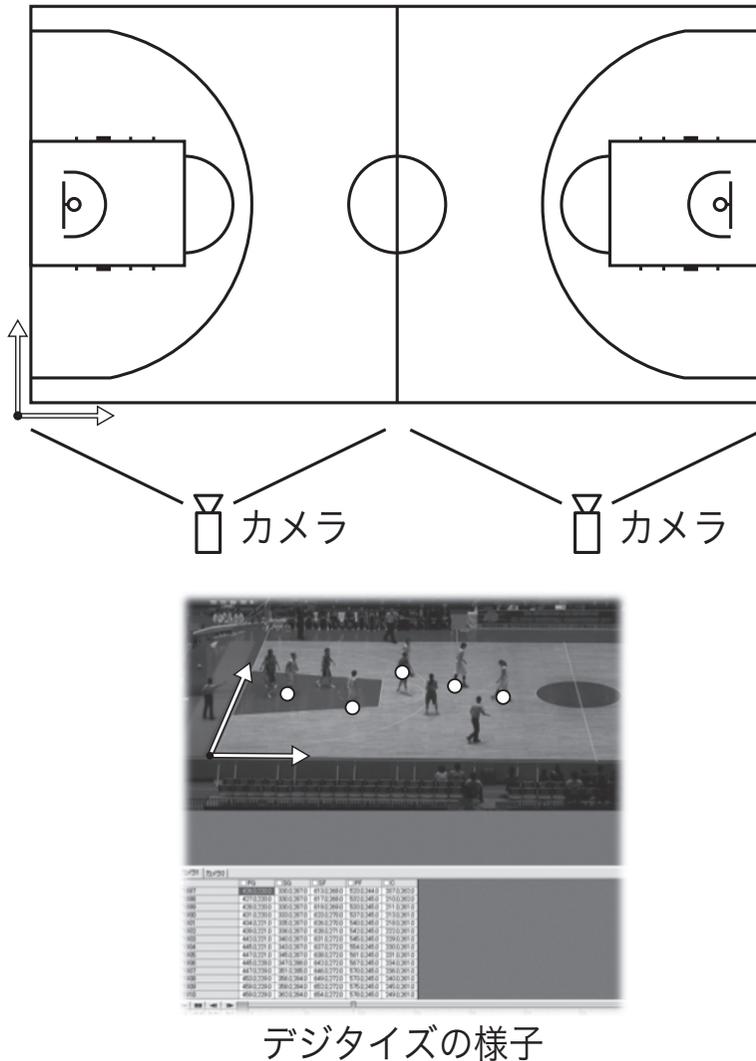


図1 デジタイズによるデータの算出
Fig.1 diagram of data calculation by digitize

2ポイントフィールドゴール試投数、3ポイントフィールドゴール試投数、ターンオーバーを合計したもの。

B) オフェンス時間

各ピリオドで1回のオフェンス時間を合計したもの。

C) 平均オフェンス時間

1回のオフェンスで自軍のオフェンスから相手軍にオフェンス権が移るまでの時間を平均したもの。

D) オフェンス成功率

以下の式から求めた。

$$\text{オフェンス成功率(\%)} = \frac{2P \text{ FG成功数} + 3P \text{ FG成功数}}{2P \text{ FG試投数} + 3P \text{ FG試投数} + \text{ターンオーバー}}$$

E) ボール支配率

各ピリオドで各チームのオフェンス回数を両チームのオフェンス回数を足して除して求めた。

4. 統計処理

得られたデータは、統計解析ソフト（Excel2013、マイクロソフト社製、およびSPSS、IBM社製）を用いて統計処理を行った。チーム同士の比較と

表1 試合データ
Table 1 Game data

	ピリオド	1st	2nd	3rd	4th	合計及び平均	比較
オフェンス回数 (回)	J	21	22	23	25	91	N.S.
	D	21	24	20	23	88	
オフェンス時間 (分)	J	4.8	4.7	5.3	4.4	19.2	N.S.
	D	5.2	5.3	4.7	5.6	20.8	
平均オフェンス時間 (秒)	J	13.7	12.8	13.8	10.6	12.7	*
	D	14.9	13.3	14.2	14.5	14.2	
オフェンス成功率 (%)	J	24	32	22	40	30	N.S.
	D	24	21	15	22	21	
ボール支配率 (%)	J	50	48	53	52	51	N.S.
	D	50	52	47	48	49	

**p<0.01

*p<0.05

先行研究との比較にはt検定を用いた。また、各ポジションの比較には一元配置分散分析を用いた。統計的有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果および考察

1. 試合データ

表1に試合データを示す。

A) オフェンス回数

Jチームが91回に対してDチームは88回と両チームのオフェンス回数に大きな差は見られなかった。

B) オフェンス時間

両チームに差は見られなかった。

C) 平均オフェンス時間

JチームとDチームとの間で有意な差が認められた ($p<0.05$)。Jチームは12.7秒、Dチームは14.2秒であった。Jチームは第3ピリオドまでに比べ第4ピリオドは平均オフェンス時間が短くなっている。

D) オフェンス成功率

両チームに差は見られなかった。両チーム共に第3ピリオドでターンオーバーやファウルが多く、オフェンス成功率が低下していると考えられる。

E) ボール支配率

両チームに大きな差は見られなかった。

2. 各選手のプレー時間・割合

図2に各チームにおける選手の出場時間を示す。A・B・C・D (D')・E (E')、a・b・c (c')・d (d'・d'')・eは、それぞれ、ある特定の一選手を示す。両チーム共にPGの選手は40分フルタイムで出場し、JチームにおいてはSG、SFの選手もフルタイムで出場している。Dチームは交代をしているが、両チーム共にPG、SG、SFの選手は約90%以上で出場している。PFとCの選手はほぼフルタイムで出場している選手もいるが、PGやSG、SFの選手に比べ交代が多いことがわかる。

3. 移動距離

表2に各選手における出場時間と走移動距離を示す。移動距離の大きい5選手の値は、大きい順に、5636m (出場40分)、5415m (出場35分)、5396m (出場40分)、5375m (出場40分)、4964m (出場40分)であった。大場ら⁴⁾は、高校女子選手は、1試合に約5.5km移動していることを報告しており、本研究で得られた値は妥当であったといえる。

図3に各ポジションにおける総移動距離の平均値を示す。各ポジションの平均移動距離と標準偏差は、Gが1339.5m ± 66.5m、Fが1329.1m ± 49.4m、Cが1231.1 ± 6.3mであった。移動距離をポジション別で見た場合、G、F、Cの順で大きな値を示したが、有意な差は見られなかった。このことから、日本のトップレベルのバスケットボール

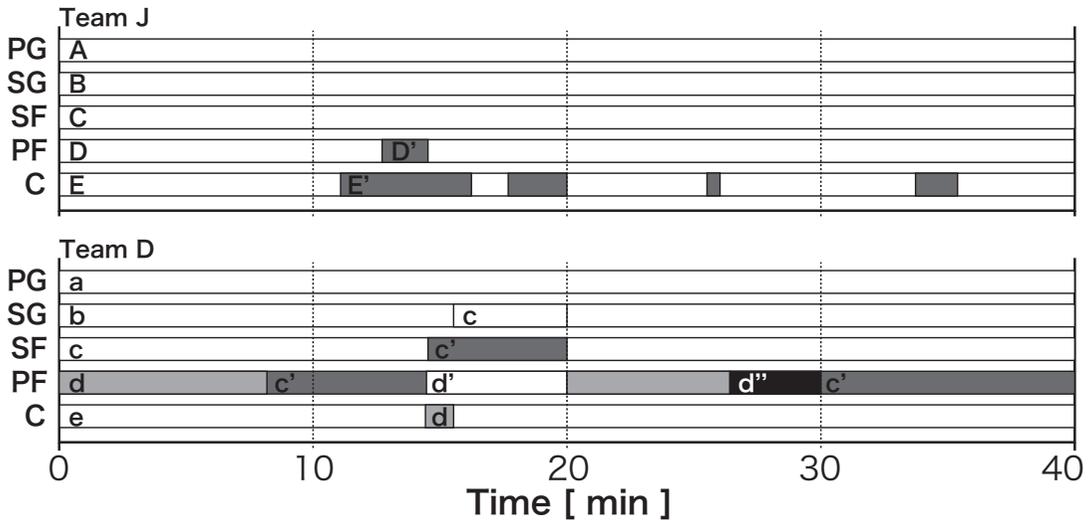


図2 各チームにおける選手の出場時間
Fig.2 Playing time of each team player

選手はポジションに関係なく動いていることが示唆された。

また、表3は、ピリオド当たりの平均移動距離を、高校女子選手と今回撮影した日本女子トップレベル選手（ALL JAPAN 選手）間で比較したものである。高校女子の値は、大場⁴⁾ら（2011）のデータを用いた。ピリオド当たりの移動距離は、日本女子トップレベル選手の方において移動距離が大きかった。高校生ががむしゃらに走る一方で、年齢あがるほど、またレベルが高くなるほど無駄を省いたプレーをしているという印象があり、高校生の方において移動距離が多いと考えられたが、実際はそうではなかった。これは、先行研究のオフENS回数80回前後に比べ、日本トップレベルでは88回と91回とオフENS回数が多かったため、その分移動距離が大きくなったと考える。

4. 移動速度

図4に算出した速度の時系列データの代表例を示す。横軸が時間（min）、縦軸が速度（m/s）を示す。これらの値は、移動距離を時間で除すことにより、算出するため、データのサンプリング周波数が問題となる。土岐ら⁵⁾は、球技選手の移動距離算出におけるデジタル周波数の決定方法に

ついて調べ、サッカーでは5 Hz、車いすバスケットボールでは3 Hzのデジタル周波数が、精度的にも、作業的（労力的）にも最適であろうと述べている。本研究では、20Hzでデジタルを行っており、労力は大きかったものの精度的には、速度を算出するうえで十分であったと考える。

図5は、移動速度の分布をポジション毎に示している。各ポジションの移動速度の分類では、0 m/sec は約10%、0～1.5m/sec は約40%、1.5～2.0m/sec は約10%、2.0～3.0m/sec は約15%、3.0～4.0m/sec は約10%、4.0～5.0m/sec は約7%、5.0m/sec～は約8%で、ポジション間に有意な差は見られなかった。

移動速度の分類では約15%の激しい動き（4 m/sec 以上）と約35%の緩やかな走り（1.5～4 m/sec）、約50%の走りのない動き（1.5m/sec 以下）に分類された。これは先行研究⁶⁾よりも激しい動きと緩やかな走りが5%多く、走りのない動きが10%低かった。これらのことからトップレベルの選手は速い速度を維持してプレーできることが示唆された。その理由として、トップレベルGは交代が少ないにも関わらず高い運動強度で運動を続けられる体力要素を有していること、またトップレベルのCは交代を適正に行うことによって、

表2 各選手における出場時間と総移動距離
Table 2 Playing time and total distance of each player

	ポジション	選手	時間 (分:秒)	移動距離 (m)
Team J	Guard	A	40:00	4964
	Guard	B	40:00	5375
	Forward	C	40:00	5396
	Forward	D	38:15	4714
	Forward	D'	1:45	242
	Center	E	30:25	3821
	Center	E'	9:35	1121
Team D	Guard	a	40:00	5636
	Guard	b	35:32	5415
	Forward	c	38:56	4951
	Forward	c'	15:37	2096
	Forward	d	19:02	3098
	Forward	d'	5:32	751
	Forward	d''	6:25	472
	Center	e	38:56	4788

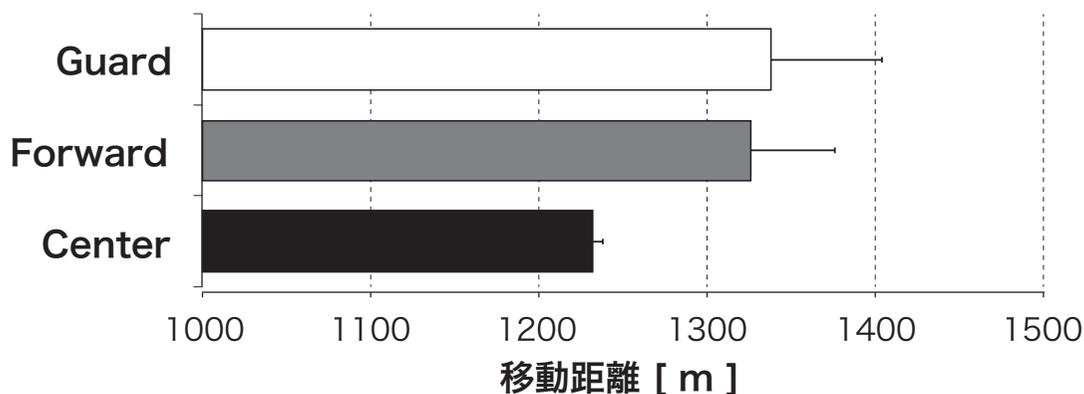


図3 各ポジションにおける総移動距離の平均値
Fig.3 Mean value of total distance of each position

高い強度でのプレーが継続していると考えられる。

IV. まとめ

本研究では、日本女子トップレベルのバスケットボールゲームにおけるポジション毎の移動距離と移動速度に注目し二次元 DLT 法を用いて分析を行った。得られた結果は以下の通りである。

1) 平均移動距離と標準偏差に関しては、ポジション別では、G が $1339.5\text{m} \pm 66.5\text{m}$ 、F が $1329.1\text{m} \pm 49.4\text{m}$ 、C が $1231.1\text{m} \pm 6.3\text{m}$ であった。各ポジションで有意差は見られなかった。このことから、日本のトップレベルのバスケットボール選手はポジションに関係なく動いていることが示唆された。

2) 平均移動速度と標準偏差に関しては、ポジション別では、G が $2.15\text{m/sec} \pm 0.08\text{m/sec}$ 、F

表3 高校女子選手とオールジャパン選手のピリオド当たりの平均移動距離

Table 3 Mean value of distance per unit of period of high school player and ALL JAPAN player

ポジション	他研究 (高校女子)	ALL JAPAN プレイヤー
Guard	1156.6	1339.5 (66.5)
Forward	1166.2	1329.1 (49.4)
Center	1091.4	1231.1 (6.4)

単位：m 平均値 (標準偏差)

代表例：JチームのPoint Guard 第1ピリオド

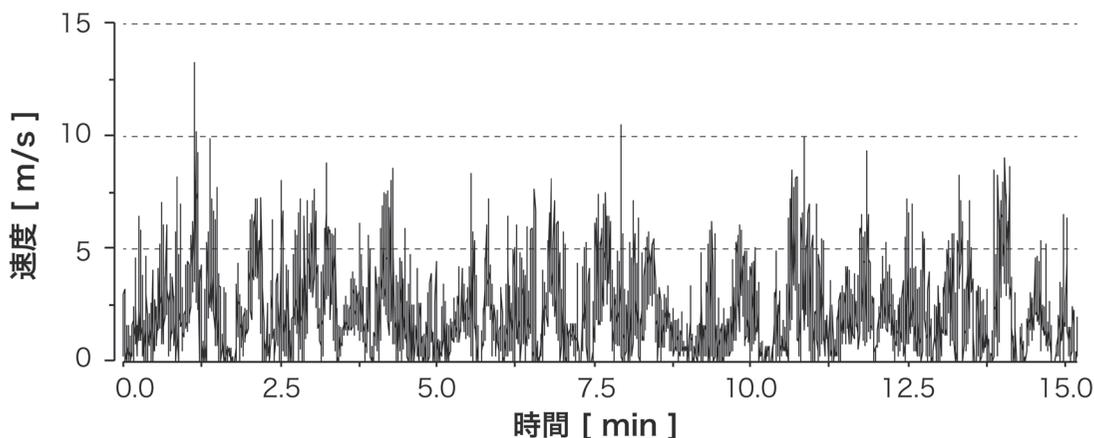


図4 算出した速度の時系列データの代表例

Fig.4 Typical time-serise data of calculated velocity data

が $2.14\text{m/sec} \pm 0.08\text{m/sec}$ 、C が $1.91\text{m/sec} \pm 0.04\text{m/sec}$ であった。各ポジションに有意な差は見られなかった。これは、Cは走れないとされていたが、交代を行うことによって高強度でのプレーを可能にしているということが示唆された。

以上のことから、日本トップレベルの女子バスケットボール選手における移動速度及び移動距離はポジションによって交代はしているものの、どのポジションにおいても速い速度を保ち長距離移動できることから、より高い強度で長時間プレーできることが示唆された。

謝辞

研究にあたりご協力頂いた財団法人日本バスケットボール協会、同医科学研究委員会科学サポート委員会に、感謝の意を表します。

引用・参考文献

- 1) 小山孟志、内山秀一 (2006) バスケットボールにおける動作の出現頻度分析の有効性、東海大学大学院2006年度修士論文。
- 2) 國友亮佑、山田洋 (2010) 高校トップレベルのバスケットボールゲーム中の移動距離及び移動速度に関する研究、2010年度東海大学体育学部体育学科自然科学研究ゼミナール研究論文集。
- 3) John Taylor (2003) Basketball : Applying Time Motion Data to Conditioning Strength & Conditioning Journal,25(2) : 57-64.
- 4) 大場渉、奥田知靖、菅輝、塩川満久、沖原謙 (2011) バスケットボールにおける高校女子選手の移動行動に関するゲームパフォーマンス分析、沖縄大学人文学部紀要第13号 : 17-27.
- 5) 土岐純代、金銀暎、桜井伸二 (2014) : 球技選手の移動距離算出におけるサンプリング周波数の決定

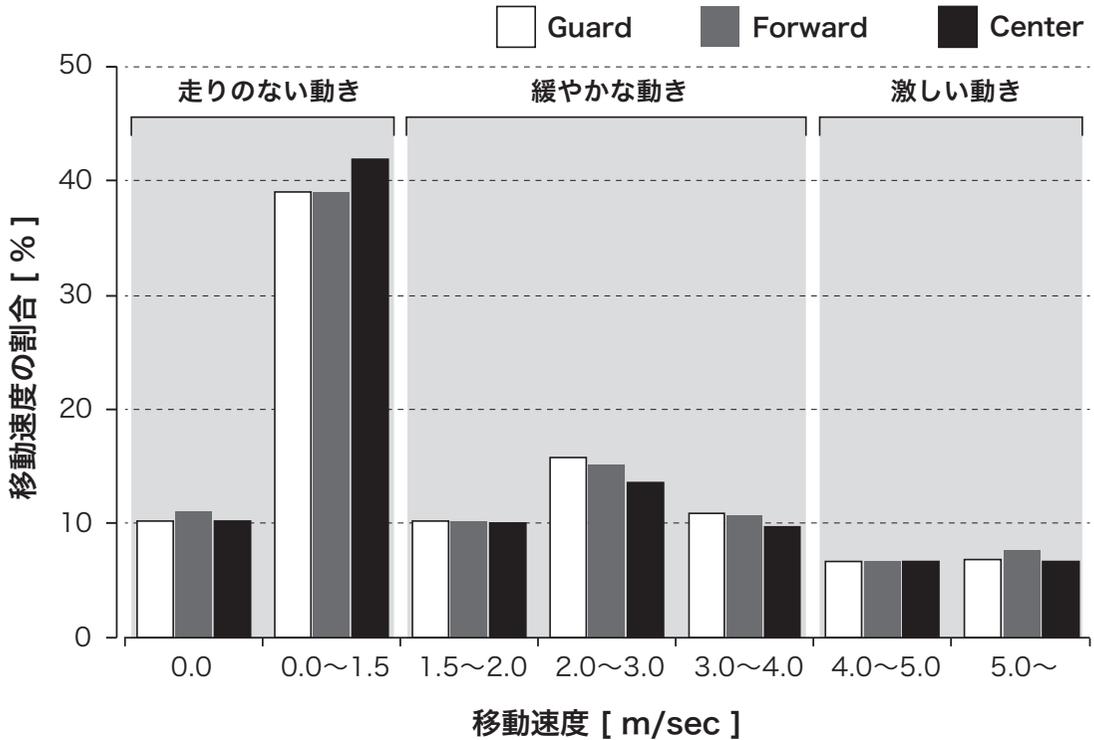


図5 移動速度の分布
Fig.5 Distribution of velocity

法、中京大学体育研究所紀要、23: 1-9.

- 6) 松本浩和、若吉浩二、小野桂市 (1998) : 大学バスケットボール及び練習の運動学的評価と指導への応用、スポーツ方法学研究、11: 95-102.

〈和文抄録〉

本研究の目的は、日本女子トップレベルのバスケットボールにおける試合中の移動距離や移動速度を算出することによって移動特性を明らかにすることであった。平均移動距離は、ガードの選手で1339.5m ± 66.5m、フォワードの選手で1329.1m ± 49.4m、センターの選手で1231.1m ± 6.3mで

あった。各ポジション間で有意差は見られなかった。このことから、日本女子トップレベルのバスケットボール選手は、ポジションに関係なく動いていることが示唆された。平均移動速度は、ガードの選手で2.15m/sec ± 0.08m/sec、フォワードの選手で2.14m/sec ± 0.08m/sec、センターの選手で1.91m/sec ± 0.04m/secであった。各ポジションに有意な差は見られなかった。得られた結果は、日本トップレベルの女子バスケットボール選手は、ポジションに関わらず、速い速度を保ち長距離移動できることを示唆していた。



中学生における ヘモグロビン推定値についての調査研究

小澤治夫 (体育学部体育学科) 岡崎勝博 (体育学部体育学科)
白川 敦 (大学院体育学研究科) 中西健一郎 (国際文化学部)
加藤勇之助 (大阪体育大学体育学部) 小林博隆 (大阪体育大学体育学部)
寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

An Investigation on Assumed Hemoglobin Value of Junior High School Students

Haruo OZAWA, Katsuhiko OKAZAKI, Atsushi SHIRAKAWA, Kenichiro NAKANISHI, Yunosuke KATO,
Hirotaka KOBAYASHI and Tamotsu TERAOKA



Abstract

The purpose of this study was to investigate anemia of junior high students. The subjects of the analysis were 2,028 (1,295 boys and 733 girls). Hemoglobin value was measured and assumed by ASTRIM(SYSMEX). The survey was conducted in 2013 and 2014. The main results were as follows;

- 1) 11.3 % of boys and 15.5 % of girls had low assumed values of hemoglobin.
- 2) There were the difference on assumed value of hemoglobin among junior high schools.
- 3) There were no significant difference on assumed value of hemoglobin among age(12-14 years).

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 37-42, 2015)

I. 緒言

近年、児童・生徒の体力や学力あるいは意欲の低下が指摘されている^{1,2)}。その背景には、単に運動習慣や学習習慣の変化だけでなく生活習慣の変化が考えられる。児童・生徒の生活習慣は悪化傾向にあり、朝食喫食率の低下や就床時刻と起床時刻の遅延化に伴う睡眠時間の減少など生活習慣が乱れていることが報告されている^{3,4)}。生活習慣

は、生活環境・社会環境の変化とともに変化しており、朝食の欠食や偏った食品の摂取など様々な問題が提起されている。

これら生活習慣の変化が影響して児童・生徒の不定愁訴増加をはじめ健康の悪化を惹起せしめていることが考えられる。生徒の健康状態を測る指標の一つとして「貧血検査」がある。貧血になると赤血球による酸素の供給が少なくなり、組織や細胞に酸素欠乏が起こるため、全身倦怠感、傾眠傾向、頭痛、眩暈といった症状が現れやすくなり⁵⁾、

表1 「調査対象の内訳」(名)

調査校	都道府県	学校種	男子	女子	合計
市立KS中学校	神奈川県	市立	221	208	429
市立KI中学校	神奈川県	市立	187	188	375
S市立RN中学校	山形	市立	43	43	86
S市立RS中学校	山形	市立	45	44	89
S市立RT中学校	山形	市立	38	31	69
T大学附属K中学校	東京	国立	357		357
T村立T中学校	山形	村立	60	62	122
T大学付属U中学校	千葉	私立	272	119	391
T大学付属S中学校	神奈川県	私立	72	38	110
合計			1,295	733	2,028

貧血は学習意欲や学力・体力に悪影響を及ぼすことが考えられる。林田(2012)は高校生を対象とした研究において、血中ヘモグロビン値の学校間に差異が生じていることを報告している⁶⁾。

生活習慣や健康状態は学年進行とともに悪化することが明らかにされており、高校の前段階である中学生期の血中ヘモグロビン値の実態を調査することは重要であると考えられる。しかし、中学生を対象とした血中ヘモグロビン値の研究は、近年あまり見当たらない。そこで本研究では、高校の前段階である中学生期における血中ヘモグロビン値の実態を調査し学年間比較及び学校間比較を行った。

II. 方法

1) 調査対象

市立中学6校、国立中学1校、私立中学2校計9校男子1,295名、女子733名を対象に調査を実施した(表1)。

2. 調査期間

神奈川県内中学校の市立中学校2校、山形県内市立中学校2校、東京都内国立中学校1校は平成25年度に調査を行った。神奈川県内私立中学校1校、千葉県内私立中学校1校、山形県内村立中学校1校は平成26年度内に調査を行った。

3. 調査方法

1) 血中ヘモグロビン推定値測定

血中ヘモグロビン値の測定にはシスメックス社製の末梢血管モニタリング装置、ASTRIM SUを使用した。本装置は測定部位(左手中指)に近赤外線を照射し、血管中の血液動態から血中ヘモグロビン値を推定することから採血を必要としない事が最大の特徴である⁷⁾。今回の測定では2回以上測定を実施し、近似した値を測定値とし、測定後は測定値を記録用紙に記入して、その場で対象者に即時的フィードバックをする教育的配慮をとった。また室温の統制はしていないが、窓際からの直射日光を避け、直前の運動は控えることなどを留意して行った。さらに測定者の手が冷たい場合はヘモグロビン値が低く出ることが報告されていることから(シスメックス社, 2008)、被検者自身が手指の冷えを感じている場合や測定errorが出現し測定が困難な場合には、氷嚢に湯を入れたもので手指を包み、温めてから測定を実施した。

尚、採用したヘモグロビン値は実血液でないためヘモグロビン推定値(以下、Hb値)として本研究では扱った。またWHO(世界保健機関)が定める男子13.0g/dl、女子12.0g/dlを基準値として結果の分類を行った⁸⁾。

4. 分析方法

統計にはMicrosoft Excel 2010及びIBM SPSS Statics 19を使用した。 χ^2 検定、多重比較検定結

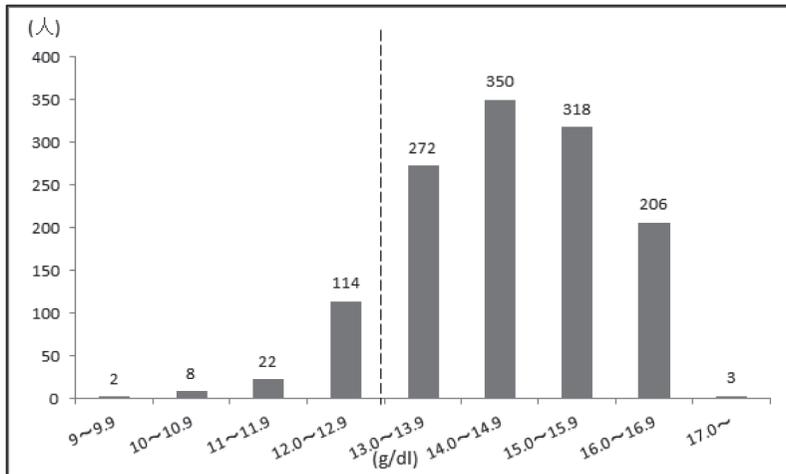


図1 血中ヘモグロビン値度数分布 (男子)

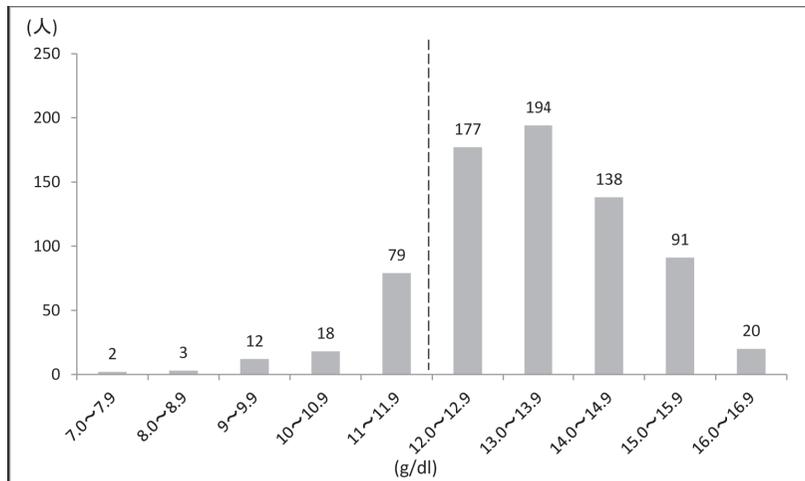


図2 血中ヘモグロビン値度数分布 (女子)

果の有意水準はいずれも5%未満とした。

本研究は、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得たうえで実施されたものである(承認番号14112)。

Ⅲ. 結果及び考察

1. ヘモグロビン推定値 (Hb 値)

1) 男子: Hb 値の平均値は 14.5 ± 1.32 g/dlであり、本調査と同様の方法で行われた林田らの高校生を対象とし研究と比較をすると、男子の平均値は高校生と比較して差は見られなかった⁹⁾。基

準値を下回った生徒は146名(11.3%)、上回った生徒は1,149名(88.7%)であった。最頻値は14.0~14.9g/dlの350名であった。

2) 女子: Hb 値の平均値は 13.3 ± 1.47 g/dlであった(図2)。林田らの報告による高校生女子の平均値は 12.8 ± 1.64 であり、今回調査の中学生の方が高い値を示した。男子は差が見られず女子に見られた要因として、女子生徒の月経が関わっていることが推測される。女性は、月経の出血により赤血球のヘモグロビンが減少し貧血になりやすいと考えられており¹⁰⁾、大山によると日本人の初経年齢は12.4歳で、大部分は10-15歳の間に初経を迎えると報告している¹¹⁾。このことから高校

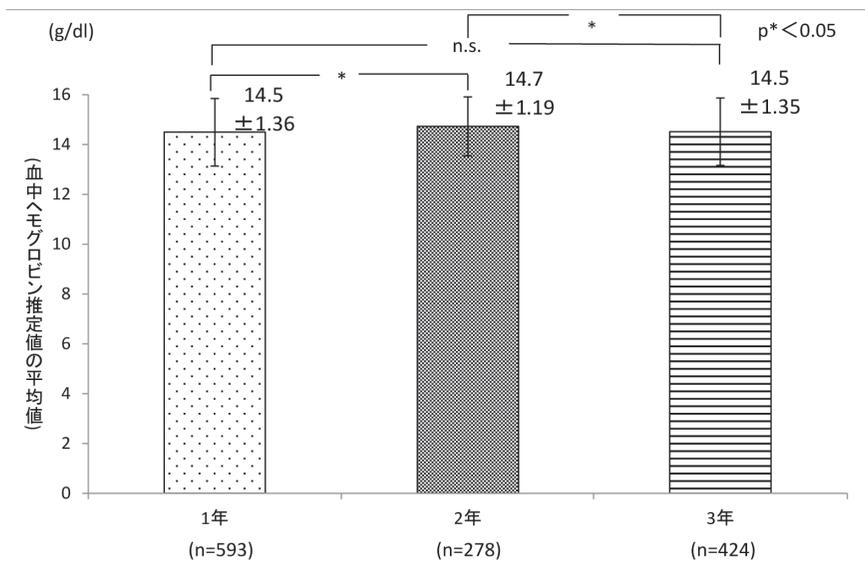


図3 学年別の血中ヘモグロビン平均値 (男子)

表2 学校別に見た血中ヘモグロビン推定値の平均値及び基準値以上・未満の割合

学校	人数	男子				女子				
		平均値 (g/dl)	SD	基準値以上 (%)	基準値未満 (%)	平均値 (g/dl)	SD	基準値以上 (%)	基準値未満 (%)	
KS中	221	14.8	1.27	91.9	8.1	208	13.4	1.39	88	12
RS中	45	14.8	1.03	93.3	6.7	44	14.1	1.7	84.1	15.9
RT中	38	14.7	1.1	94.7	5.3	31	13.7	1.32	87.1	12.9
T大付属U中	272	14.6	1.33	89.7	10.3	119	13.2	1.4	89.1	10.9
RN中	43	14.6	1.73	87.5	12.5	43	13.9	1.22	93	7
T大付属K中	357	14.5	1.35	87.1	12.9	男子校のため調査なし				
KI中	187	14.4	1.4	86.1	13.9	188	13.1	1.61	76.6	23.4
T大付属S中	72	14.3	1.16	87.5	12.5	38	12.9	1.28	81.6	18.4
T中	60	14.1	1.02	86.7	13.3	62	13.4	1.4	82.3	17.7

生期は大部分の生徒が月経を迎えていることが推測され、そのために平均値が低下したことが考えられる。基準値を下回った生徒は114名 (15.5%)、上回った生徒は620名 (84.5%)であった。最頻値は13.0~13.9g/dlの194名であった。

2 学年別 Hb 値

1) 男子：学年別に Hb 値の平均値を比較すると、1年生14.49 ± 1.36g/dl、2年生14.72 ± 1.19g/dl、3年生14.51 ± 1.35g/dlであった。一要因の分散分析の結果、1学年と2学年間、2学年と3学年間において有意差が認められた、大きな差では

なかった (図3)。各学年の変動係数は、1年9.36、2年8.06、3年9.31であり、中2がやや小さい傾向が見られた。

2) 女子：学年別に Hb 値の平均値を比較すると、1年生13.41 ± 1.53g/dl、2年生13.42 ± 1.45g/dl、3年生13.25 ± 1.44g/dlであり、いずれの学年間においても有意差が認めなかった。各学年の変動係数は、1年11.41、2年10.80、3年9.31であり、中2がやや小さい傾向がみられた。

中学生の生活習慣は学年進行とともに次第に悪化している。高校生を対象とした血中ヘモグロビン調査においても学年進行とともにヘモグロビン

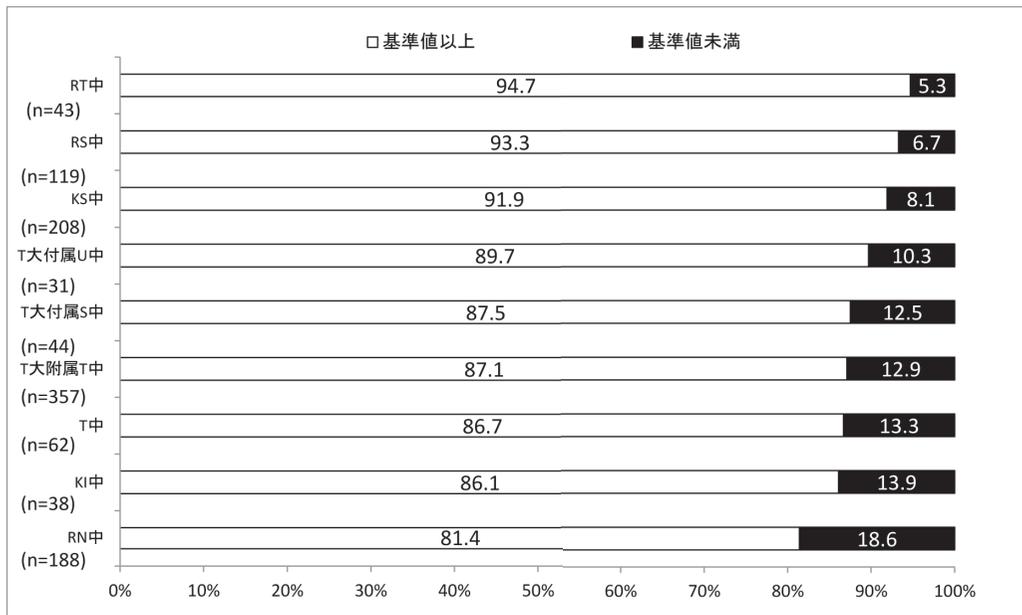


図4 学校別の血中ヘモグロビン基準値以上・未満の割合 (男子)

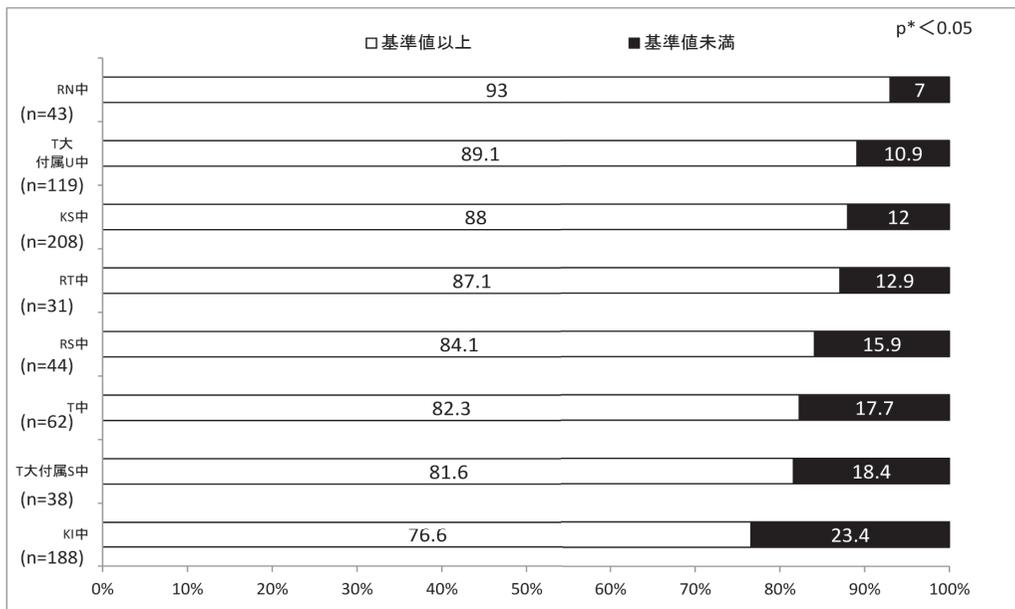


図5 学校別の血中ヘモグロビン基準値以上・未満の割合 (女子)

推定値平均値が低下傾向を示している¹²⁾。しかし、本研究においては男女ともに平均値に大きな差は見られなかった。

3. 学校別にみた Hb 値

学校別 Hb 値の男子の平均値、標準偏差は表 2 に示したとおりであり、もっとも高値を示したの

が RS 中 (14.8 g /dl) であり、低値を示したのが T 中 (14.1 g / d l) であった。RS 中は基準値未満も 6.7% とその割合も少なかったが T 中は 13.3% とその比率も高い値を示し、全 9 校で有意な差が見られた (図 4)。

女子の平均値、標準偏差では、もっとも高値を示したのが RS 中 (14.1 g /dl) であり、低値を示

したのがTS中(12.9 g / d l)であった。RN中では基準値未滿が7.0%とその割合も少なかったがKI中では23.4%とその比率も高い値を示し、全8校で有意な差が見られた(図5)。

学校別の基準値以上・未滿の割合において男女ともに有意差が認められ学校間差が生じており、男子に比べて女子の方がよりその傾向がられた。地域別や学校種別には差が見られなかった。

このような学校差が何に起因しているかは今回は明らかではないが、今後、生活習慣や健康教育の内容や実践活動の実態などを調査し、それらの関連について検討することが必要と考えられる。

IV. 結語

本研究では、中学生の血中ヘモグロビン推定値データを健康の一指標として捉え、中学生期の健康状態の実態を明らかにするとともに、学年別、学校別の差を探り、貧血をはじめとする生徒の健康状態の改善のために基礎資料を得ることを目的として調査を行った。

今回の調査から血中ヘモグロビン推定値において中学生では学年別に大きな差が生じていないことが明らかとなった。また、同方法で行われた高校生を対象とした研究と比較をすると平均値に大きな差は見られなかったがWHOが定める基準値を上回る生徒の割合は中学生が高く、血中ヘモグロビン値においては高校入学後に悪化することが推測された。

本研究の一部は平成25・26年度科学研究費補助金(基盤研究(C))課題番号25350708の助成を受けた

参考文献

- 1) 文部科学省ホームページ, 中央教育審議会, OECD「生徒の学習到達度調査」, 2002.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/

[chukyo0/toushin/020203.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/1285611.htm)

- 2) 文部科学省ホームページ, 「平成20年度体力・運動能力調査」
http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/1285611.htm
- 3) 小澤治夫, 「子どもの体力向上に関する調査研究」先進地域の調査研究, 東海大学「子ども元気アップ委員会」, p22-33, 2005
- 4) 小澤治夫, 保健体育教員は「子どもの体力低下」にどう立ち向かうべきか, 体育教育, 大修館書店, 2008
- 5) 堀田知光, 貧血はなぜおこるか, 体の科学, 第222号, p26, 2002
- 6) 林田峻也, 高校生の生活習慣と血中ヘモグロビン値の実態についての基礎的研究-T大学付属高校生を対象として-東海大学スポーツ医科学雑誌, 第24号, p71-77, 2012
- 7) シスメックス株式会社, 末梢モニタリング装置「ASTRIM SU」基礎データ集, p8, 11-14, 2008
- 8) World Health Organization: World Health Organization Technical Report Series, 1968
- 9) 林田峻也, 高校生の血中ヘモグロビン値に学校間差が生じている要因の検討-T大学付属高校生を対象として-東海大学大学院2012年度修士論文, 2012
- 10) 健康未来創造研究会ホームページ, 「貧血とヘモグロビン値」, <http://www.kensouken.jp/syoujyou/006.html>
- 11) 大山健二, 思春期の発現, 山梨大学看護学会誌第1号発行, 2004
- 12) 徐広孝, 小澤治夫, 山下大輔, 内田匡輔, 松本秀夫, ニューメディアが中学生及び高校生の生活習慣に及ぼす影響とその二次的影響について, 東海大学紀要体育学部, 第39号2009.
- 13) 林田峻也, 高校生の血中ヘモグロビン値に学校間差が生じている要因の検討-T大学付属高校生を対象として-東海大学大学院2012年度修士論文, p147, 2012,



箱根駅伝選手に対する 常圧低酸素環境下の睡眠が自律神経活動 およびコンディションに及ぼす影響

両角 速 (体育学部競技スポーツ学科) 西出仁明 (体育学部競技スポーツ学科)
山下泰裕 (体育学部武道学科) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

The Effects of Nocturnal Sleep during the Normobaric Hypoxic Environment on the
Autonomic Nervous Activity and the Condition in the Hakone-Ekiden Athletes

Hayashi MOROZUMI, Noriaki NISHIDE, Yasuhiro YAMASHITA and Tamotsu TERAOKA



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of nocturnal sleep during the normobaric hypoxic environment (altitude ; 3000m) on the autonomic nervous activity and the condition at rising in the Hakone-Ekiden athletes. Subjects were four long-distance runners. The arterial oxygen saturation (SpO₂) was measured during night sleep. Sympathetic and parasympathetic activities were evaluated by the spectral analysis of heart rate variability. Low frequency power (LF, 0.04-0.15 Hz) and high frequency power (HF, 0.15-0.40 Hz) were obtained. HFnu(HF/(LF+HF) × 100) at rising was used as an indicator of parasympathetic activities. Sleep, diet, fatigue and physical condition levels at rising were evaluated by Condition Check Sheet (CCS).

The results are as follows:

- 1) The mean SpO₂ during night sleep showed 87-88%.
- 2) HFnu at rising in four subjects showed above 50.
- 3) Evaluation by CCS at rising showed a tendency to high scores for sleep, diet and condition levels.

These results suggest that the nocturnal sleep during the normobaric hypoxic environment at 3000 m simulated altitude may be a useful method for stimulating the activity of the autonomic nervous system and effective condition in the Hakone-Ekiden athletes

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 43-49, 2015)

I. 緒言

近年、種々のスポーツに応用できる重要なトレ

ーニング方法の一つである高地トレーニングは、スポーツ医科学分野において、“高地がもたらす運動能力向上の効果”について研究・調査がなされてきている。高地トレーニングの形態には、高



写真1 低酸素テントシステムを使用した睡眠（標高：3000m）
Photo. 1 Night sleep using the Hypoxico Altitude Tent System

地に滞在して一定期間トレーニングを継続する方式、高地に数日間滞在してトレーニングを行い、平地に戻って数日間トレーニングを行うことを繰り返すインターバル方式、高地に滞在、低地でトレーニングを行う方式、平地で生活、疑似的な高地環境下でトレーニングを行う方式、人工的および自然環境を利用した複合的高地トレーニングを行う方式などがある。東海大学スポーツ医科学研究所では、人工的高地トレーニングシステム（低圧室）を利用した高地トレーニングにより、心肺機能の強化（標高：3000m）およびコンディショニング（標高：1500m）について追究している。

これまでの多くの研究では、「高地で生活し、低地でトレーニングする」という高地トレーニング方式も、長距離選手の競技力向上に有効であること^{1,2)}が報告されている。さらに、近年、低酸素テントシステムとして、携帯用高度シミュレーションシステムが開発され、このテントの中で睡眠することで、高地順応力の向上に要される低酸素レベルを設定できることが証明されている。しかし、高地（低酸素環境）の睡眠時、どの程度の標高に設定するかが重要となる。一般的には、標高が高くなればなるほど、高い効果が得られるが、その反面、睡眠の質や疲労回復に影響する点を考慮する必要がある。低酸素環境では、睡眠が障害される可能性があること³⁾も指摘されている。高地における生理的応答は、標高や被験者の

特性（年齢、鍛錬度、高地経験度等）によって異なる。標高が高くなればなるほど、過度の低圧低酸素負荷がかかり、生体負担度が大きくなるであろう。日常、過酷なトレーニングを行い、睡眠を十分に確保する必要がある長距離選手にとって、最も重要になるのが睡眠の質である。睡眠不足や断眠は、自律神経系のバランスの崩れや免疫制御機構の低下を引き起こさせる。睡眠の質が良くなると、熟睡度は向上し、疲労回復、さらには良好なコンディションが得られ、最終的には、パフォーマンスの向上に繋がるのが考えられる。

スポーツ競技におけるコンディションを評価する方法は多様にあるが、自律神経活動の指標も重要な役割をもつと考えられる⁴⁾。自律神経系（交感神経系と副交感神経系）の活動レベルが、体力や疲労感などの体調の変化、あるいは、睡眠状況等の生体リズムなどに関連して変化することも知られている。自律神経活動の間接的な評価としては、心拍変動解析が利用されている。高地トレーニング時の夜間睡眠中の自律神経活動水準は、高地環境への適応に加え、その日のトレーニングや休息の状態を反映し、さらに、コンディションとの間に関係のあること⁵⁾が報告されている。私たちの先行研究⁶⁾では、箱根駅伝選手に対する調整期のコンディショニングという観点から起床時の自律神経活動のバランスと競技パフォーマンスとを関連させて検討することは有用であると報告している。すなわち、起床時の自律神経活動（交感神経と副交感神経のバランス）を毎日測ることによって、日々の睡眠の状態、疲労状態およびコンディション状況や環境（標高）に身体が適応しているかどうかを把握できると考えている。

そこで、本研究では、箱根駅伝選手に対する常圧低酸素環境下での睡眠が起床時の自律神経活動（交感神経と副交感神経のバランス）およびコンディションにどのような影響を及ぼすのかを検討した。

II. 実験方法

本研究は、すべての検査項目が簡便で、被験者の生体に負担の少ない非侵襲的な検査であった。

1. 対象者

実験対象は、東海大学陸上競技部中・長距離ブロックの箱根駅伝の代表選手4名を用いた。被験者の身体的特徴を表1に示した。いずれの被験者も、日常、人工的高地トレーニングシステム（低圧室）を利用して、標高3000mでハードなトレーニングを経験している選手であった。

本研究は、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得て実施した。なお、被験者には、実験の概要を十分に説明し実験参加の同意を得た。

2. 低酸素環境下の睡眠および標高の設定

低酸素環境下の睡眠には、低酸素テントシステム Hypoxico Altitude Tent System（エベレストサミットII、HYPOXICO社）を使用した。睡眠は、標高3000mに相当する酸素濃度（14.5%）に調整して行った。なお、睡眠の期間は、被験者Aが12日間（但し、期間中に公式記録会があり、2日間は平地の睡眠とした）、被験者Bが9日間、被験者Cが7日間、被験者Dが5日間であった。睡眠時間は、7時間以上とした。なお、低酸素環境下の睡眠期間中は、平地での練習（距離走、クロカン走、トラックによる各種ポイント走など）のみとした。

3. 自律神経機能の測定方法

自律神経活動の測定は、起床直後、座位にて安静5分間とした。なお、最初と最後の1分間ずつを削除した計3分間を解析した。

自律神経活動の評価は、心拍変動（R-R間隔）データを解析した。周波数解析によって求められる心拍変動の低周波帯域（LF:0.04~0.15Hz）は、交感神経活動と副交感神経活動の双方を反映し、

表1 被験者の身体的特徴

Table. 1 Physical characteristics of the subjects

被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)
A	20	168.2	48.5	8.5
B	22	175.0	56.0	11.7
C	19	175.5	54.2	7.9
D	21	168.6	56.2	8.9

高周波帯域（HF:0.15~0.40Hz）については、副交感神経活動を反映すること⁷⁾が定義されている。そこで、HF normalized unit（以下、HFnu、 $HFnu=HF/(LF+HF) \times 100$ ）は、LFに対するHFの大きさを計算することで自律神経活動における副交感神経活動の指標とした⁸⁾。この指標から自律神経活動のバランスを推定した。

心拍変動の解析は、ハートレートモニターRS800CXN（Polar社）を用いて心拍R-R間隔を記録し、データをPolar ProTrainer 5.3を用いて高速フーリエ解析を行った。なお、心拍変動には呼吸の影響が大きいことから、安静時には呼吸のリズムを一定の周期（1分間に15回前後の呼吸数）に保持するように指示した。

4. 動脈血酸素飽和度（SpO₂）および脈拍数（HR）の測定

睡眠中のSpO₂およびHRは、2名の選手（被験者A、C）を対象に、パルスオキシメーター（Pulsox-300i、コニカミノルタ）を用いて測定した。被験者AおよびCは、パルスオキシメーターのフィンガークリップを人差し指に装着し、就寝時から起床時までのSpO₂とHRを1秒ごとに記録した。得られたデータからそれぞれの平均値を算出し、睡眠中の値とした。

5. コンディションチェックシートによる評価

起床時座位で心拍変動の測定後、コンディションチェックシートを用い、睡眠状況（5：非常に良い～3：普通～1：非常に悪い）、食事（5：十分食欲あり～3：普通～1：全く食欲なし）、疲労感（5：全く疲労なし～3：普通～1：非常に疲労あり）、体調（5：最良～3：普通～1：

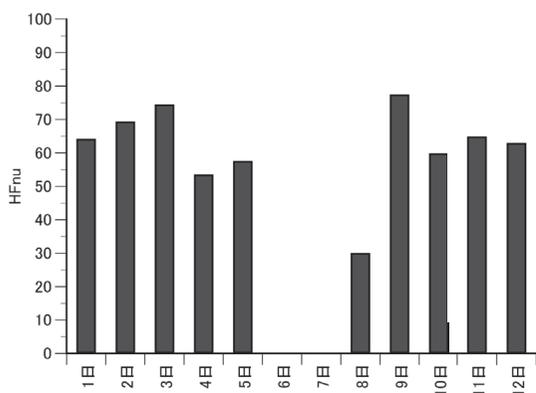


図1 低酸素テントの睡眠期間における HFnu の変化 (被験者 A)
Fig. 1 Changes in HFnu at nocturnal sleep during the normobaric hypoxic tent. (Subject A)

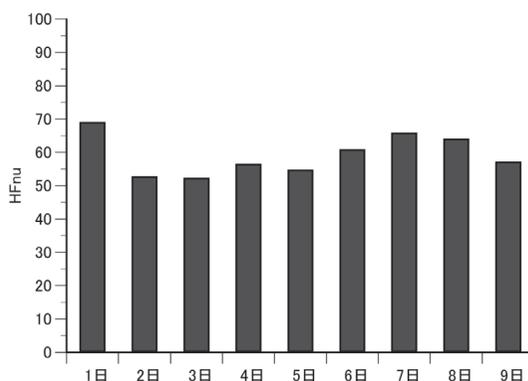


図2 低酸素テントの睡眠期間における HFnu の変化 (被験者 B)
Fig. 2 Changes in HFnu at nocturnal sleep during the normobaric hypoxic tent.(Subject B)

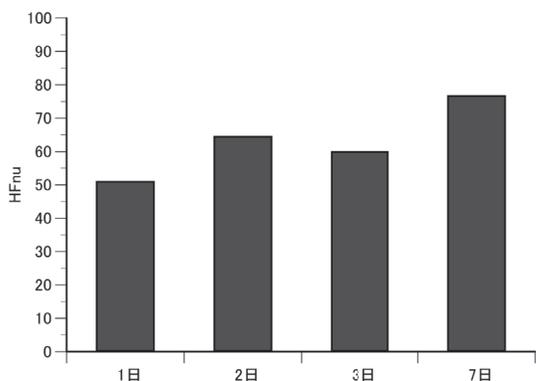


図3 低酸素テントの睡眠期間における HFnu の変化 (被験者 C)
Fig. 3 Changes in HFnu at nocturnal sleep during the normobaric hypoxic tent.(Subject C)

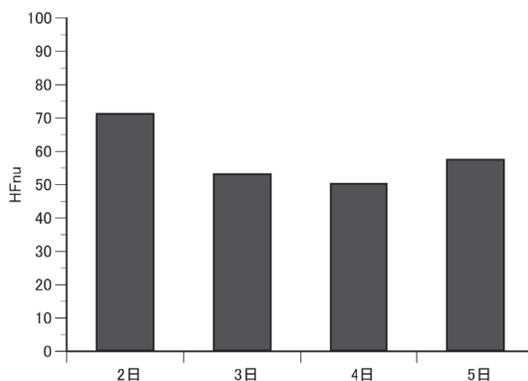


図4 低酸素テントの睡眠期間における HFnu の変化 (被験者 D)
Fig. 4 Changes in HFnu at nocturnal sleep during the normobaric hypoxic tent.(Subject D)

最悪)等、5段階評価を行った。

Ⅲ. 結果

1. 常圧低酸素テントの睡眠中における SpO₂ および HR の変化

睡眠中の SpO₂ は、被験者 A が平均 87%、被験者 C が 88% で、両者ともほぼ同値であった。睡眠中の HR は、被験者 A が平均 49 拍 / 分、被験者 C が 50 拍 / 分で、この値も両者でほぼ同値であった。

2. 常圧低酸素テントの睡眠期間における HFnu の変化

図 1、2、3 および 4 に起床時における HFnu の変化を示した。被験者 A は、前半の 5 日間、54~74 と高い値を維持していたが、2 日間の平地での睡眠後で大きく低下したが、後半、標高 3000 m に相当する常圧低酸素環境下での睡眠が再開されると、前半と同様に高い値を維持していた。被験者 B は、9 日間の常圧低酸素環境下での睡眠期間中、高い値を維持していた。被験者 C は、7 日間の常圧低酸素環境下での睡眠期間中、高い値を維持していた。被験者 D は、5 日間の常圧低酸素環境下での睡眠期間中、50 以上の値を維持

していた。

3. コンディションチェックシートによる評価

睡眠状況は、被験者A：睡眠期間中すべて4（良い）、被験者B：睡眠期間中すべて5（非常に良い）、被験者C：睡眠期間中すべて4（良い）、被験者D：睡眠期間中すべて4（良い）であった。睡眠時間は、A：7時間20分～8時間、被験者B：7時間30分～9時間15分、被験者C：8時間、被験者D：7時間であった。食欲については、被験者A：睡眠期間中すべて4（食欲あり）、被験者B：3～5（普通～十分食欲あり）、被験者C：睡眠期間中すべて5（十分食欲あり）、被験者D：睡眠期間中すべて5（十分食欲あり）であった。疲労感は、被験者A：2～3（やや疲労あり～普通）、被験者B：睡眠期間中すべて3（普通）、被験者C：睡眠期間中すべて3（普通）、被験者D：2～4（やや疲労あり～疲労なし）であった。体調は、被験者A：睡眠期間中すべて4（良い）、被験者B：3～4（普通～良い）、被験者C：睡眠期間中すべて4（良い）、被験者D：睡眠期間中すべて5（最良）であった。

IV. 考察

本研究では、箱根駅伝選手に対する常圧低酸素環境下での睡眠が起床時の自律神経活動（交感神経と副交感神経のバランス）およびコンディションにどのような影響を及ぼすのかを検討した。

標高3000mに相当する常圧低酸素環境下での睡眠中の平均SpO₂は、被験者Aが平均87%、被験者Cが平均88%で、両者ともほぼ同値であった。睡眠中のHRもほぼ同値であった。平地（常圧常酸素環境）では、安静時のSpO₂値が98%前後である。競泳選手（3名）を対象とした実践的研究⁸⁾では、低酸素宿泊（低酸素宿泊室；標高2000m相当）と常酸素トレーニングにおける睡眠中の平均SpO₂が91～94%程度の低下がみられたという報告がある。低酸素環境におけるSpO₂の応答

は、低酸素レベルの差や被験者の特性（年齢、鍛錬度、低酸素環境経験度等）によって異なる。酸素レベルが低くなればなるほど、過剰の低酸素負荷がかかり、生体負担度が大きく、SpO₂も著明に低くなるであろう。本研究で得られたSpO₂の値と次に述べるHFnuの値をみる限りでは、標高3000mにおける睡眠時には、生体に過剰というよりも適度な低酸素負荷がかかっていたと考えられる。

起床時の自律神経の活動水準は、低酸素環境への適応に加え、前日までのトレーニングや疲労の状態、コンディションの状況などをある程度反映しているものと考えられる。とくに、HFnuに関して、私たちの先行研究⁶⁾では、箱根駅伝前の調整期の起床時、個人差はあるがHFnuの数値が高い選手、すなわち、副交感神経活動優位の状態を維持できた選手は競技成績が良く、逆に、HFnuの数値が極端に低い選手、すなわち、交感神経優位の状態が続いた選手は競技成績が悪くなる傾向を示したことを報告している。したがって、HFnuの数値を高くして、副交感神経活動を優位の状態に維持することが競技パフォーマンスの向上にも繋がると示唆した。本研究の結果、標高3000mに相当する常圧低酸素環境下での睡眠期間中、いずれの選手も起床時HFnuの数値が高く、極端に低い値を示した選手はみられなかった。仮に、この値が大きく変化して、低い値を維持するようであれば、自律神経のバランスとして、交感神経活動優位の状態を意味することになる。これは、過剰な低酸素負荷によって生体にかかる負担度が大きく、睡眠の質や疲労の回復力が下がり、コンディションにも悪影響を及ぼすことが考えられる。5日間の常圧低酸素環境（標高：2000m）での宿泊に関する研究では、低酸素環境適応が得られ、低酸素環境での睡眠中の呼吸障害が改善し、睡眠の質が向上したこと¹⁰⁾が報告されている。標高2650mの疑似高地に暴露させた研究では、最初の2日以内にレム睡眠とノンレム睡眠時の両方において睡眠時無呼吸が有意に増加したこと¹¹⁾が報告されている。しかし、低酸素環境下

の睡眠に関する研究では、個人差が大きく一致した見解がみられていないのが現状である。本研究では、HFnuの変化から、標高3000mに相当の低酸素環境下での睡眠期間中でも副交感神経活動の優位な状態を維持することでできたと考えられる。この理由の1つとしては、いずれの被験者も、日常、低圧室を利用して、標高3000mでハードなトレーニング (SpO_2 ;70~78%の低下)を経験している選手である。さらに、3名の被験者は、これまでに標高3000mに相当する常圧低酸素環境下での睡眠を経験してきていることが挙げられる。したがって、被験者4名は、標高3000mに相当の低酸素暴露に対して十分に適応していた可能性が考えられる。これまでに長距離選手を対象にして、定期的に起床時の自律神経活動の測定を行ってきた。とくに、被験者CのHFnuは、上記の標高3000mに相当の環境下でのトレーニングや睡眠を経験する前の値が30~40であった。この値と比較して、今回の方が明らかに高い値を示していた。

4名の被験者(A、B、C、D)は、コンディションシートを用いた睡眠状況、食事、疲労感、体調の評価からも標高3000mに相当の低酸素環境下での睡眠期間中、良好なコンディションを維持することができたと考えられる。とくに、睡眠不足や断眠は、自律神経系のバランスの崩れや免疫制御機構の低下を引き起こさせる。寝られないと疲労回復が不十分になり、コンディションに影響を及ぼすことになる。睡眠の質が良くなると、熟睡度は向上し、疲労回復、さらには良好なコンディションが得られ、最終的には、パフォーマンスの向上に繋がるのが考えられる。いずれの選手も、低酸素テント睡眠期間中は、「寝つきがよくなった」、「熟睡できた」、「夜中に目が覚める回数が減った」、「疲労回復ができた」、「平地での睡眠よりもよく眠れた」などの感想があった。この低酸素環境下の睡眠を上手に活用することで、質の高い睡眠を得ることができると示唆された。4名の被験者では、コンディションシートの評価からみると、競技会前のコンディションを整える

調整期においても、標高3000mに相当の低酸素環境下での睡眠が有用であろうと考えられる。

以上、標高3000mに相当の低酸素環境下での睡眠は、起床時、副交感神経活動の優位な状態を維持することができたと考えられる。睡眠状況、食事、疲労感、体調の評価からも標高3000mに相当の低酸素環境下での睡眠期間中、良好なコンディションを維持することができたと考えられる。今後は、競技会前の体調の管理という視点から「低酸素環境下における睡眠と競技パフォーマンス」の研究も重要な研究課題となるであろう。

V. まとめ

本研究では、箱根駅伝選手に対する常圧低酸素テント中の睡眠が起床時の自律神経活動(交感神経と副交感神経のバランス)およびコンディションにどのような影響を及ぼすのかを検討した。

その成績を示すと次の通りである。

- 1) 睡眠中の SpO_2 は、被験者Aが平均87%、被験者Cが88%で、両者ともほぼ同値であった。
- 2) 睡眠中のHRは、被験者Aが平均49拍/分、被験者Cが50拍/分で、この値も両者でほぼ同値であった。
- 3) 標高3000mに相当する常圧低酸素環境下での睡眠期間中、いずれの選手も起床時HFnuの数値(50以上)が高く、極端に低い値を示した選手はみられなかった。
- 4) コンディションシートを用いた睡眠状況、食事、疲労感、体調の評価からも標高3000mに相当の低酸素環境下での睡眠期間中、良好なコンディションを維持することができた。

以上、箱根駅伝選手に対する標高3000mに相当する常圧低酸素環境下での睡眠は、起床時のHFnuの数値が高く副交感神経活動優位を維持することができたと考えられる。睡眠状況、食事、疲労感、体調の評価からも標高3000mに相当の低酸素環境下での睡眠期間中、良好なコンディションを維持することができたと考えられる。

参考文献

- 1) 浅野勝己、小林寛道編：高所トレーニングの科学、日本運動生理学会 運動生理学シリーズ6、杏林書院、2004 清水和弘：
- 2) Randall L.Wilber：高地トレーニングと競技パフォーマンス、川原貴、鈴木康弘監訳、講談社サイエンティフィック、2008
- 3) 内田直：スポーツ科学と睡眠検査、松浦雅人編、睡眠検査学の基礎と臨床、新興医学出版社、48-51、2009
- 4) 免疫系指標と自律神経系指標によるコンディション評価、臨床スポーツ医学、28（8）:855-859、2011
- 5) 杉田正明、長沼祥吾、松尾彰文、西井克昌、高地トレーニング中の睡眠時自律神経活動とコンディション、日本疲労学会誌、8（2）:29-35、2013
- 6) 両角速、山下泰裕、寺尾保：箱根駅伝選手における自律神経活動と競技成績に関する実践的研究、東海大学スポーツ医科学雑誌、26:53-58、2014
- 7) 日本自律神経学会：自律神経機能検査、第4版、文光堂、2007
- 8) 飯塚太郎：心拍数・心拍変動、II . コンディショニングの評価とその活用—具体的な評価法とその応用—、臨床スポーツ医学、28:166-171、2011
- 9) 鈴木康弘：常圧低酸素環境での滞在およびトレーニングが高地滞在中の生理的応答に及ぼす影響～競泳日本代表選手を対象とした実践的検討～、第4回（2006年度）「スポーツ研究助成事業報告書」、一般財団法人上月財団 2006
- 10) 鈴木康弘（研究代表者）、星川雅子、中垣浩平、萩原正大、大家利之、甲斐、酸素濃度変化を利用したトレーニング方法の開発、国立スポーツ科学センター年報、36-37、2013
- 11) Kinsman.TA, A.G. Hahn.C.J. Gore. B.R. Wilsmore. D.T. Martin, and C.M. Chow.:Respiratory events and periodic breathing in cyclists sleeping at 2650-m simulated altitude. Journal of Applied Physiology 92:2114-2118, 2002



低圧環境下での前額部 fNIRS 計測における皮膚血流と 脳酸素化動態の評価 —独立成分分析によるパイロットスタディー—

栗田太作 (情報教育センター) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)
瀧澤俊也 (医学部内科学系神経内科) 沓澤智子 (健康科学部看護学科)
灰田宗孝 (医療技術短期大学看護学科) 八木原 晋 (理学部物理学科)
両角 速 (体育学部競技スポーツ学科)

Evaluation of Skin Blood Flow and Source-detector Distance on fNIRS-determined Cerebral Oxygenation by using Independent Component Analysis during Calculation Task under Hypoxic Environment

Daisaku KURITA, Tamotsu TERAOKA, Shunya TAKIZAWA, Tomoko KUTSUZAWA, Munetaka HAIDA, Shin YAGIHARA and Hayashi MOROZUMI



Abstract

To evaluate of skin and brain layers' contribution, we measured functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) between light source and detector distance of 30, 15, and 11mm for forehead, in two male subjects under the altitude of 0m (1013 hPa) and 1500m (837 hPa) conditions including the calculation task, and used independent component analysis. Especially fNIRS between light source and detector distance of 30 and 11mm under the altitude of 0m condition including the calculation task was activated brain removed skin layer better than the distance of 30 and 15mm on independent component analysis. Our trial suggests that independent component analysis may be a useful tool to see a brain oxygenation states unaffected by skin blood flow.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 51-62, 2015)

I. 緒言

機能的近赤外分光法 (fNIRS) は、生体内の血液血行動態を非侵襲的で姿勢に制約がなく、そしてリアルタイムに測定する方法として臨床医学のみならず、スポーツ医学等様々な研究分野で幅広く活用されている¹⁻³⁾。fNIRS は、生体組織を透過する近赤外光の特性を利用して、主に毛細管由来の酸素化ヘモグロビン (HbO) と脱酸素化ヘモグロビン (HbR) の濃度長 (通常の近赤外光装置では、濃度と光路長の積の形で求まるので濃度長と呼ぶ) の経時変化 (NIRS 信号) から酸素化動態反応を測定することができる⁴⁾。しかしながら、fNIRS は皮膚表面に光源-検出センサー (Source-Detector:S-D) を設置して計測するため、皮膚血流の影響が含まれた酸素化動態反応を観測することになる^{5,6)}。また前額部において、近赤外光の性質として、皮膚表面で S-D 距離を変化させることにより、浅い層から深い層まで光を透過させることができる。つまり、短い S-D 距離は皮膚層を、長い S-D 距離は皮膚層と脳実質層を透過すると考えられる。皮膚血流が特に問題になるのが、前額部の計測で、長い S-D 距離では、脳と皮膚の両方の情報が含まれている。しかしながら、どの程度皮膚の情報が脳の NIRS 信号に含まれているかは明らかではない。更に、脳の NIRS 信号のみを検出する方法は、未だ確定されていない⁵⁾。

その一方で、工学や統計学分野において、信号分離・抽出の技法が数多く存在し、その中でも多変量解析の一つである独立成分分析に注目が集められている。独立成分分析は、観測された信号を原信号と見なし、原信号には、本来の信号とそれはいくつかの独立成分が加わったものから成ると仮定する。原信号から任意の独立成分を除去後、復元された信号が求めるべき信号であるとする技法である^{7,8)}。

そこで我々は、パイロットスタディとして、低圧環境下での前額部 fNIRS 計測における、本来

の脳酸素化動態の信号に、皮膚血流がどの程度関与するか評価を行うために、S-D 距離が異なる 30mm と 11mm、および 30mm と 15mm の NIRS 信号を計測し、独立成分分析を行い、得られた NIRS 信号から皮膚血流の影響が分離できるか比較検討した。

II. 実験方法

対象者は、東海大学に所属している男性健康人 2 人で、被験者 1 は年齢 22 歳右利きで、被験者 2 は年齢 24 歳右利きである。これら被験者は、高地トレーニングや低圧トレーニング未経験者である⁹⁾。低圧負荷プロセスは、低圧室を使用し標高 0 m (1013hPa) と 1500m (837hPa) に設定した。減圧速度はおよそ 10 分で 1500m とした。低圧室温度は 18℃ に設定した。前頭葉を賦活させる課題 (タスク) は、計算タスクとした。計算は 50 問とし、被験者にできるだけ速く解答するよう促した。この計算タスクは、標高 0 m と 1500m で行われた。各被験者に対する標高 0 m と 1500m の計算時間を記録し正解率を算出した。低圧負荷プロセスは、連続的に先ず標高 0 m で、約 2 分の安静後、1 回目の計算タスクを 2-4 分施行し、計算タスク後に安静を約 3 分とった。その後約 10 分で減圧し、標高 1500m とし約 5 分後に、同様に 2 回目の計算タスクを施行した。タスク終了後、約 10 分で加圧し標高 0 m とした。標高 0 m の 1 回目の計算タスク前安静時から、減圧、2 回目計算タスク、加圧終了後まで、連続的に前額部の fNIRS 測定を施行した。また、低圧負荷プロセスでは、TEIJIN 社製パルスオキシメータ PULSOX-Me300 を用い、被験者の左第 2 指より経皮的動脈血酸素飽和度 (SpO₂) と脈拍数を記録した。標高 0 m と 1500m の各安静状態は、SpO₂ と脈拍数を監視し、生理的条件化であるか判断した。

計算タスクは、通常単純な 1 から 2 桁の四則演算であるが、予備実験で各被験者にその計算タス

クを行ったところ、NIRS 信号に殆ど変化がなかった。そのため、逐次的に1桁多くなる計算タスク¹⁰⁾を採用し、50問出題し、できるだけ速く解答するよう促した。この逐次的に1桁多くなる計算タスクでは、各被験者のNIRS信号に顕著な変化が認められた。また、各被験者には、内容を知らせずに標高0mと1500mで同じ計算タスクを行った。各計算タスク前後の安静では、紙上の黒点を凝視するように促した。

fNIRS 測定装置は、Spectratech社製 OEG-SpO₂を使用した。このfNIRS装置は、送光部波長が770と840nmでサンプリング時間が0.08192秒である。また、この装置は、光変調技術としてCDMA方式を採用しているため¹¹⁾、回路規模縮小化に優れ、装置自体の携帯化と軽量化を実現しており、実際、低圧室の様な狭い空間においても測定可能である^{2, 12, 13)}。更にCDMA方式は、送光と受光とを乱数コードにより特徴付けされているため、複数の送光点に対して1つの受光点でも、どこかの送光点からの信号であるか特定できる。

fNIRS計測用のセンサーバンドは、脳酸素化動態と皮膚血流の影響を評価するために、複数のS-D距離を装備した2種類のものを作製した。通常の脳酸素化動態測定に用いるS-D距離30mmに11mmのホルダーを増設したものと、30mmに15mmのホルダーを増設したものである。このS-D距離が11mmおよび15mmの送光部からの光強度は、S-D距離が30mmの送光部からの光と比べ強いいため、適切な光学フィルターを貼付し、減光させた。

近赤外光送光部と受光部センサーの midpoint を fNIRS の測定点と考え、チャンネルと呼ぶ。図 1-(a) に送光部と受光部センサーとチャンネルの関係を示す。各々のセンサーは、センサーバンドに配置し、計10チャンネルとした。S-D距離が11mmおよび15mmの各チャンネルはセンサーバンド左と右にそれぞれ1つ設けた。図 1-(b) にS-D距離が30mmと11mm、図 1-(c) にS-D距離が30mmと15mmのセンサーを配置した様子を示す。図 2 に示すように、各被験者は、

前額部眼窩上15mm付近にチャンネル2と9が位置するようにセンサーバンドを装着した。そして、遮光のためのヘッドバンドをセンサーバンド上に固定し、低圧室内で計算タスクを行っている様子を図 3 に示す。

以前の我々の研究で示したように、各チャンネルから得られたデータは、修正ピア・ランバート則に基づき、酸素化ヘモグロビン (HbO) および脱酸素化ヘモグロビン (HbR) の濃度長の経時変化、すなわち NIRS 信号が得られる²⁾。

S-D距離が30mmのNIRS信号には、脳酸素化動態に皮膚血流の影響を含むと考えられるため、S-D距離11mmおよび15mmからのNIRS信号を用いて、脳酸素化動態から皮膚血流の影響を分離する解析方法、すなわち独立成分分析 (ICA) を行った⁸⁾。

ICAソフトは、ビー・アール・システムズ社製 BBrainAnalyzer (Ver.1.04) を使用した。実際に用いたICAの概要は、

$$x(t) = A \cdot s(t)$$

$$s(t) = W \cdot x(t)$$

ここで、 $x(t)$ は各チャンネルから観測されたNIRS信号、 $s(t)$ は原信号、 A は混合行列、 W は分離行列である。非線形無相関化に基づく方法を用い、非線形性の評価関数として $\tan h$ を選択した。原信号の $s(t)$ は、いくつかの独立成分から成ると仮定し、任意の独立成分 $s'(t)$ を除去したい場合、混合行列 A の選択された列の値は0となり修正混合行列 A' が得られる。従って、任意の独立成分を除去した後の復元されたNIRS信号 $x'(t)$ は、

$$x'(t) = A' \cdot W \cdot s(t)$$

を計算することにより得られる。

この解析方法を用いてS-D距離11mmおよび15mmのNIRS信号、すなわち皮膚血流に由来する独立成分を除去することにより、S-D距離30mmのNIRS信号を復元し、脳の酸素化動態を評価した。また、ICAは被験者の前額部左と右に設置してある11mmあるいは15mmの短いS-D距離の2つのチャンネルに対して別々に行った。更

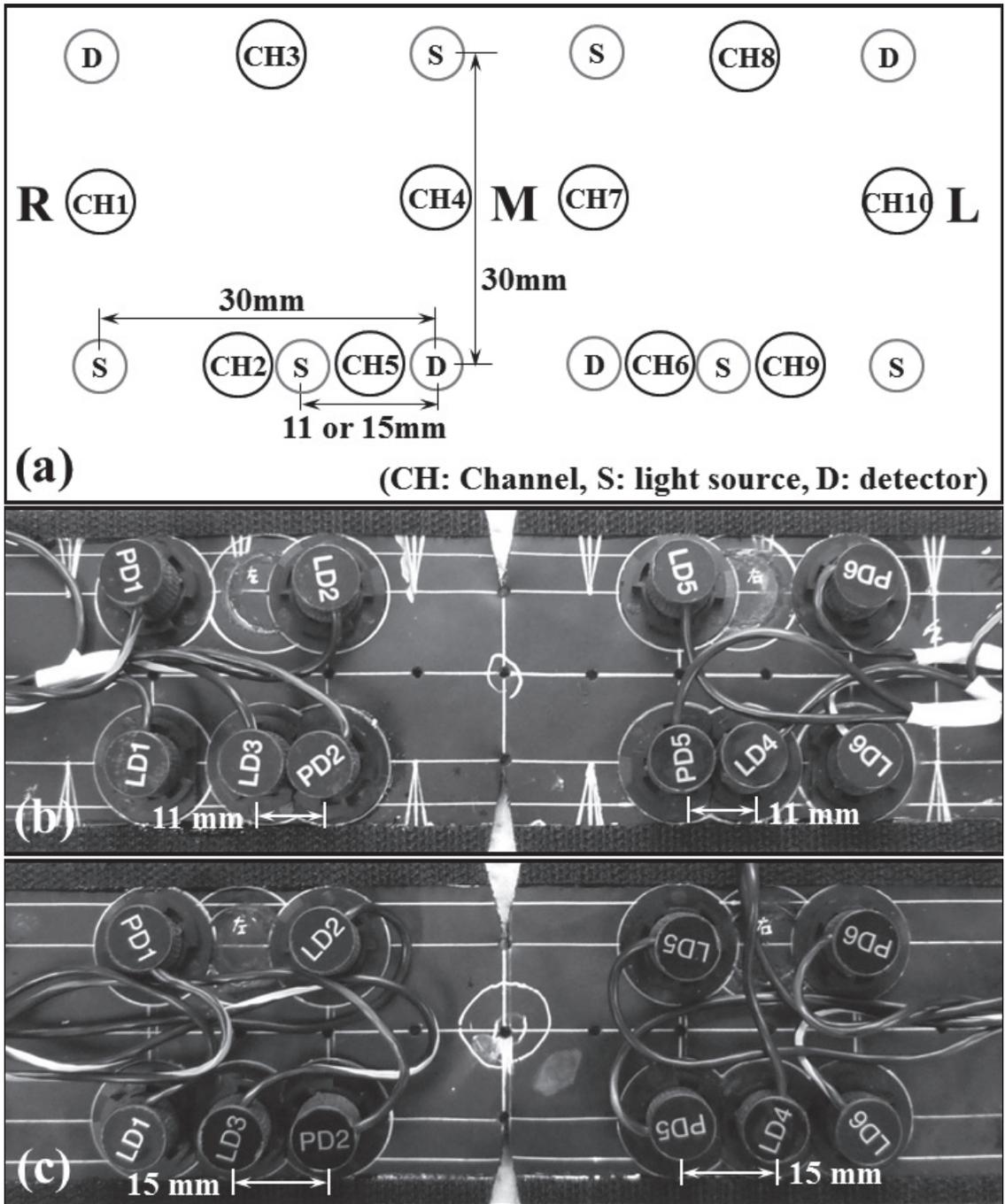


図1 fNIRSの送光部 - 受光部間 (S-D) 距離とその配置
 (a) fNIRSの10チャンネルのS-D距離とその配置のシエーマ
 (b) S-D距離11mmを含むセンサーバンド
 (c) S-D距離15mmを含むセンサーバンド

Fig 1 fNIRS channels between light source and detector (S-D) distance, and its arrangement.
 (a) Schematic view of ten fNIRS channels between light source and detector.
 (b) The sensor band including S-D distance 11mm.
 (c) The sensor band including S-D distance 15mm.



図2 被験者の前額部に装着されたセンサーバンド
Fig 2 The sensor band on forehead.



図3 被験者がセンサーバンドを装着し低圧室内で計算タスクを行っている測定風景
Fig 3 A subject attached sensor band during the calculation task in hypobaric chamber.

に、必要な場合、復元されたNIRS信号に適切なベースライン補正を行った。

尚、本研究は、東海大学が定める「人を対象とする臨床研究倫理委員会」より承認を受けている(承認番号：14006)。被験者に書面による同意説明を行った。

Ⅲ. 結果および考察

代表的な低圧負荷プロセスにおける前額部のHbOとHbRの経時変化を図4-(a)に示す。チャンネル5と6のNIRS信号は、短いS-D距離(この図では15mm)に因るもので、チャンネル1-4と7-10のNIRS信号は、通常用いられているS-D距離30mmの因るものである。各チャンネルのNIRS信号は、標高0mと1500mの計算タスク中でHbOの増加とHbRの減少が認められた。また、標高1500mのHbOとHbRの変化は、標高0m比べ低下が認められた。

標高0mと1500mのチャンネル1-5(右前額部)の計算タスク中の独立成分(IC)を図4-(b)と(c)、同様にチャンネル6-10(左前額部)の計算タスク中のICを図4-(d)と(e)に示す。チャンネル1-5における標高0mと1500mの計算タスク中のICは各5計10種類に分離された。同様にチャンネル6-10の計算タスク中のICは各5計10種類に分離された。

皮膚血流に寄与すると考えられるS-D距離11mm(チャンネル5、右前額部)における、標高0mの計算タスク中のNIRS信号を図5-(a)に示す。ICAにより分離された2種類のICを除去し、復元されたNIRS信号を図5-(b)に示す。また、標高1500mの計算タスク中のNIRS信号を図5-(c)に示す。ICAにより分離された2種類のICを除去し、復元されたNIRS信号を図5-(d)に示す。図5-(b)と(d)から判るよう、分離された2種類のICを除去することにより、HbOとHbRの変化はほぼ消失した。図に示していないが、左前額部のチャンネル6に関して

も同様で、標高0mと1500mの計算タスク中のICAは、それぞれ2と3種類のICに分離され、それらを除去したNIRS信号のHbOとHbRの変化は消失した。このことから、S-D距離11mmで得られた2つあるいは3つのICは皮膚血流を代表すると考えられた。

S-D距離15mm(チャンネル5、右前額部)における、標高0mの計算タスク中のNIRS信号を図6-(a)に示す。ICAにより分離された3種類のICを除去し、復元されたNIRS信号を図6-(b)に示す。また、標高1500mの計算タスク中のNIRS信号を図6-(c)に示す。ICAにより分離された3種類のICを除去したNIRS信号を図6-(d)に示す。図6-(b)と(d)から判るよう、分離された3種類のICを除去することにより、HbOとHbRの変化は消失した。図に示していないが、左前額部のチャンネル6に関しても同様で、標高0mと1500mの計算タスク中のICAは、それぞれ3と2種類のICに分離され、それらを除去したNIRS信号のHbOとHbRの変化は消失した。このことから、S-D距離15mmは、S-D距離11mmと同様に、求められた2つあるいは3つのICが皮膚血流を代表すると考えられた。

上記の様に、前額部左右の短いS-D距離の各計算タスク中の信号を代表する2から3種類のICが求められたので、これらのICをS-D距離30mmのNIRS信号から除去し、残ったNIRS信号が脳の酸素化動態を表すと考えた。

標高0mと1500mの各計算タスク中のS-D距離11mmで求められたNIRS信号を図7に示す。標高0mの計算タスクに関しては、右前額部のチャンネル1と2、左前額部のチャンネル7と8でHbOの増加とHbRの減少が認められた。標高1500mの計算タスクに関しては、若干ではあるが、チャンネル1と7でHbOの増加とHbRの減少が認められた。このことから、S-D距離11mmから求められたNIRS信号は、標高0m、標高1500mの計算タスクでは脳の酸素化動態を反映すると考えられた。しかし、1500mでは0mの様なHbOの上昇が見られなかった。それは、

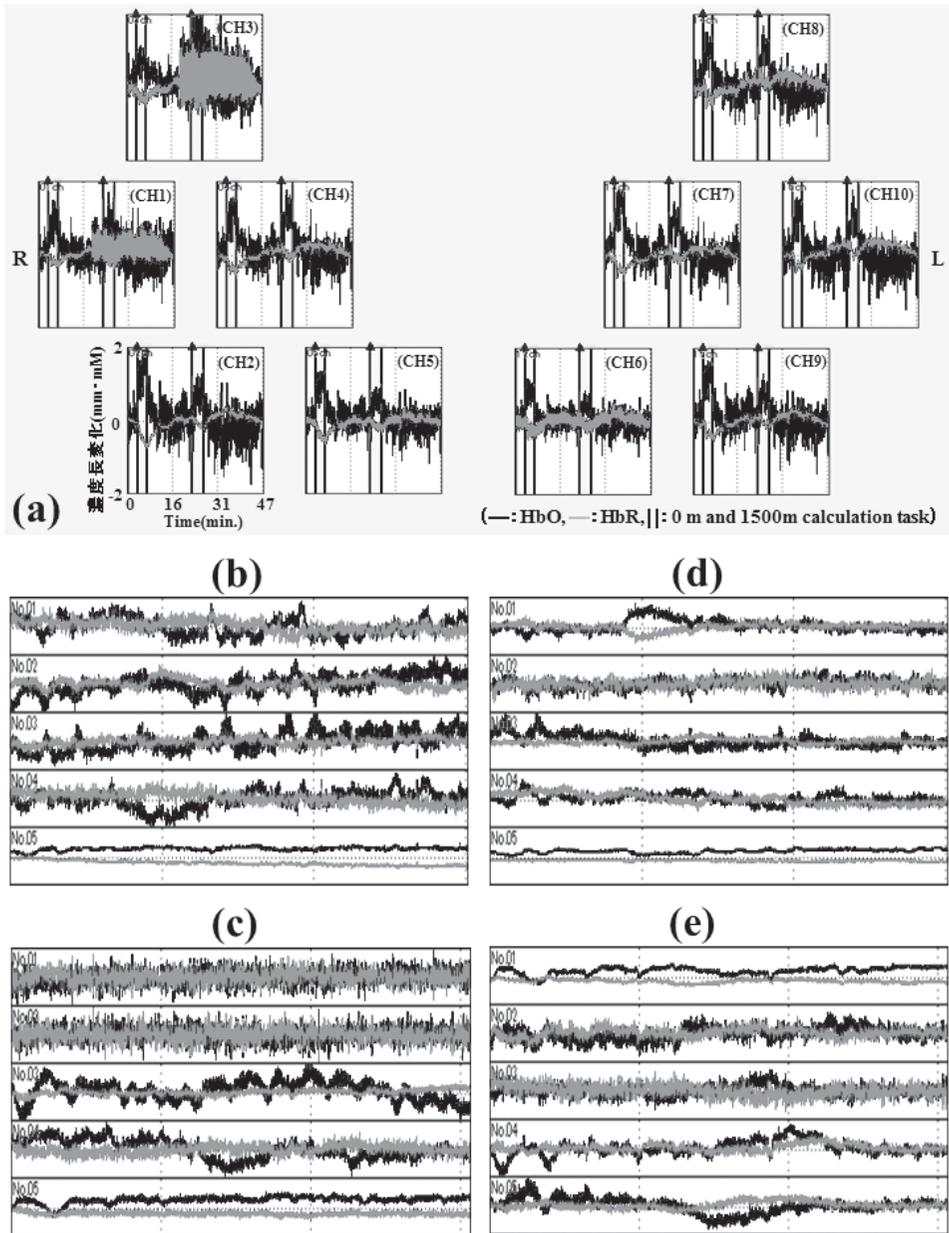


図 4 代表的な低圧負荷プロセスにおける前額部の HbO と HbR の経時変化と計算タスク中の各チャンネルから得られた NIRS 信号の独立成分 (IC)

- (a) HbO と HbR の経時変化
- (b) 標高0mのチャンネル1-5の計算タスク中の IC
- (c) 標高1500mのチャンネル1-5の計算タスク中の IC
- (d) 標高0mのチャンネル6-10の計算タスク中の IC
- (e) 標高1500mのチャンネル6-10の計算タスク中の IC

Fig 4 The typical time course of changes in HbO and HbR, and the independent components (ICs) during calculation task under the altitude of 0m and 1500m conditions.

- (a) The time course of changes in HbO and HbR.
- (b) ICs from channel 1-5 during calculation task of 0m condition.
- (c) ICs from channel 1-5 during calculation task of 1500m condition.
- (d) ICs from channel 6-10 during calculation task of 0m condition.
- (e) ICs from channel 6-10 during calculation task of 1500m condition.

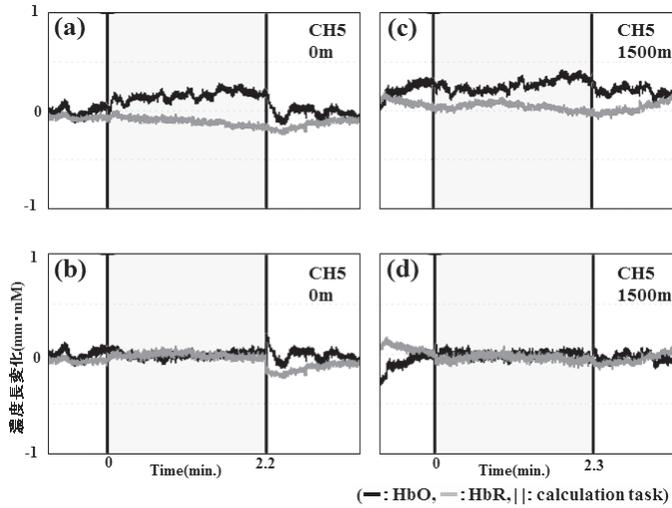


図5 S-D距離11mm(チャンネル5)における、標高0mと1500mの計算タスク中のNIRS信号とICAにより復元されたNIRS信号
 (a) 0mのタスク中のNIRS信号
 (b) 0mのタスク中の復元されたNIRS信号
 (c) 1500mのタスク中のNIRS信号
 (d) 1500mのタスク中の復元されたNIRS信号

Fig 5 NIRS signals and the reconstructed NIRS signals of S-D distance 11mm during calculation task under the altitude of 0m and 1500m conditions.

- (a) NIRS signal during task of 0m condition.
- (b) The reconstructed NIRS signal during task of 0m condition.
- (c) NIRS signal during task of 1500m condition.
- (d) The reconstructed NIRS signal during task of 1500m condition.

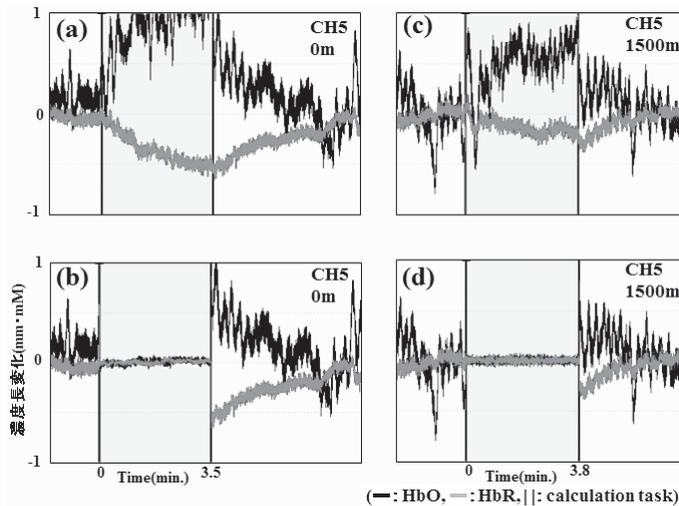


図6 S-D距離15mm(チャンネル5)における、標高0mと1500mの計算タスク中のNIRS信号とICAにより復元されたNIRS信号
 (a) 0mのタスク中のNIRS信号
 (b) 0mのタスク中の復元されたNIRS信号
 (c) 1500mのタスク中のNIRS信号
 (d) 1500mのタスク中の復元されたNIRS信号

Fig 6 NIRS signals and the reconstructed NIRS signals of S-D distance 15mm during calculation task under the altitude of 0m and 1500m conditions.

- (a) NIRS signal during task of 0m condition.
- (b) The reconstructed NIRS signal during task of 0m condition.
- (c) NIRS signal during task of 1500m condition.
- (d) The reconstructed NIRS signal during task of 1500m condition.

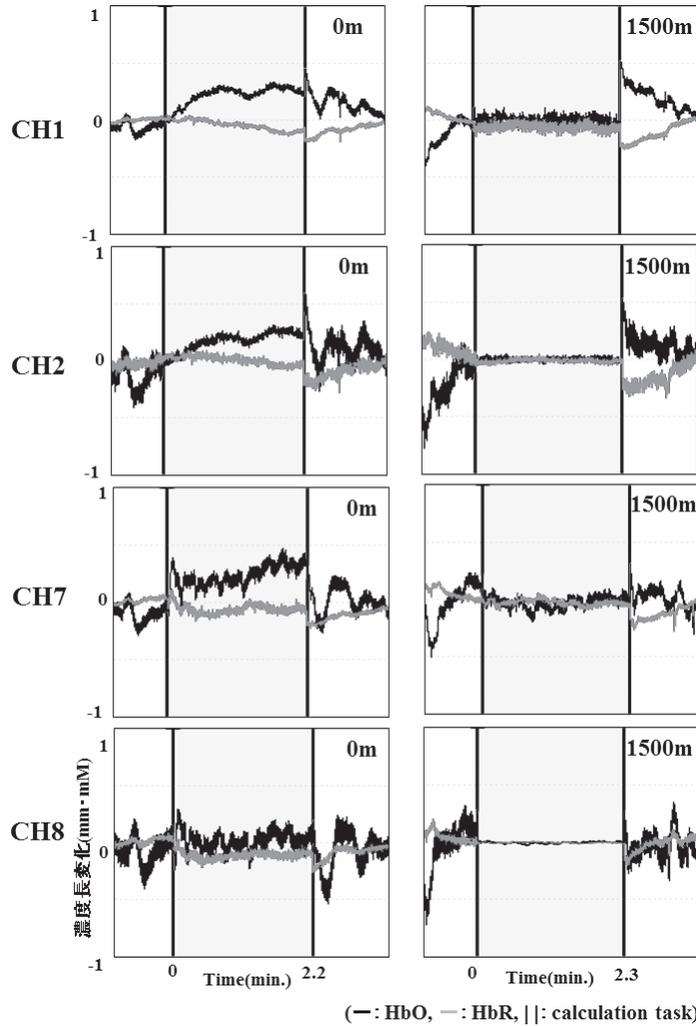


図7 チャンネル1、2、7、そして8での標高0mと1500mの各計算タスク中におけるS-D距離11mmの独立成分除去後の復元されたNIRS信号

Fig 7 The reconstructed NIRS signals of channel 1, 2, 7, and 8 removed the independent components of S-D 11mm during calculation task under the altitude of 0m and 1500m conditions.

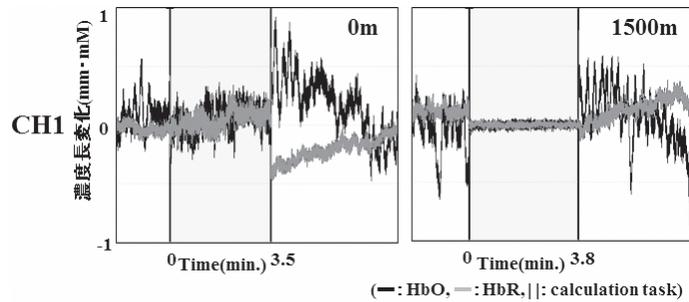


図8 チャンネル1での標高0mと1500mの各計算タスク中におけるS-D距離15mmの独立成分除去後の復元されたNIRS信号

Fig 8 The reconstructed NIRS signals of channel 1 removed the independent components of S-D 15mm during calculation task under the altitude of 0m and 1500m conditions.

表1 各被験者の0mと1500mの安静、計算タスク中のSpO₂と脈拍数（平均±標準偏差）、計算タスク時間、そして計算の正解率
Table 1 Physiological parameters (mean ± SD), the time required to task, and task-accuracy rate on each subjects.

Subject 1	0m	1500m
Rest-SpO ₂ (%)	97.1±0.2	94.4±0.7
Task-SpO ₂ (%)	97.0±0.2	95.5±0.5
Rest-pulse rate (Pm)	59.0±2.2	63.1±7.6
Task-pulse rate (Pm)	68.3±5.3	69.4±3.4
Time required to task (min)	2.15	2.27
Task-accuracy rate (%)	100	98
Subject 2	0m	1500m
Rest-SpO ₂ (%)	97.1±0.8	93.7±0.4
Task-SpO ₂ (%)	97.8±0.3	94.5±0.8
Rest-pulse rate (Pm)	75.7±3.9	83.6±6.2
Task-pulse rate (Pm)	78.6±4.3	78.1±4.3
Time required to task (min)	3.51	3.82
Task-accuracy rate (%)	96	92

表1に示すように、経皮的動脈血酸素飽和度 (SpO₂) が94.4%と低下しており、そのため、本来上昇すべき脳内のHbOが、上昇しなかったため、あるいは皮膚血流が脳以上に上昇したためと考えられた。

同様に、標高0mと1500mの各計算タスク中のS-D距離15mmで求められたチャンネル1のNIRS信号を図8に示す。図7で示した結果とは大きく異なり、同じチャンネル1のNIRS信号が、殆ど消失した。また、標高1500mの計算タスク中の復元されたNIRS信号は、0mのタスク中より顕著に消失した。図に示していないが、他のチャンネルの求められたNIRS信号も、同様に殆ど消失した。このことは、S-D距離15mmで求められたICは、他のチャンネルの信号成分と同一である事を示している。

Funaneらの報告⁷⁾によると、複数のS-D距離によって計測されたNIRS信号に関して、深い組織層（脳）に対する浅い組織層（頭皮や皮膚）の影響を定量化する分析法として、ICAが提案されている。その結果、ICAで浅い組織層を除去する適切なS-D距離は15mmを推奨している。しかしながら、我々の15mmの結果（図8）では、タスク中のNIRS信号は、消失してしまった。この消失は、我々のS-Dシステム（LEDとフォトダイ

オード（図1-(b)と(c)参照)では、S-D距離が15mmでも十分に深い組織層（脳）のNIRS信号が含まれており、ICAでは、脳のICを除去してしまうためと考えられる。我々のシステムでは、S-D距離11mm程度が妥当と考えられる。また、FunaneらのS-Dシステムは光ファイバーであり、点光源と点状の検出器と考えられるが、我々のシステムでは各々面状（外径11mm）である。つまり、我々の場合、光は最長の場合、プローブの両端の距離15+11=26mmの距離の光を含み、30mmに近い。このプローブの差異が結果に反映されていると考えられた。

標高1500mの計算タスク中のS-D距離11mmのICを除去した後、復元されたNIRS信号は微弱であった。各被験者の0mと1500mの安静、計算タスク中のSpO₂と脈拍数、計算タスク時間、そして計算の正解率を表1に示す。今回の計算タスクは、逐次的に1桁多くなる計算タスク¹⁰⁾を採用し、50問出題し、できるだけ速く解答するように促した。また、予め被験者に知らせずに標高0mと1500mで同じ計算タスクを行った。内容を知らないとは言え、1500mで同じ計算タスクを行うことは、被験者心理として、慣れや集中力低下につながる可能性が考えられる。表1においても、被験者両者で計算タスク時間の延長や計算

の正解率の低下が認められた。今後、低圧環境下に適した計算タスクを検討したい。

IV. まとめ

パイロットスタディとして、前額部 fNIRS 信号から皮膚血流の影響を分離し、脳酸素化状態が評価できるか、独立成分分析 (ICA) により検討した。対象は、2 人の低圧トレーニング経験のない一般健常人とした。NIRS 計測は、通常用いられている送光部 - 受光部間 (S-D) 距離 30mm と、皮膚血流の影響を評価するための S-D 距離 11mm、あるいは 15mm を装備した 2 種類のセンターバンドを作製し行った。低圧負荷プロセスでは、標高 0 m と 1500m の計算タスクを行った。前額部左右の短い S-D 距離の各計算タスク中の独立成分 (IC) は、2 から 3 種類に分離された。S-D 距離 11mm から復元された NIRS 信号は、標高 0 m、標高 1500m の計算タスクでは脳の酸素化動態を反映した。しかし、標高 1500m の信号は弱かった。S-D 距離 15mm から求められた NIRS 信号は消失した。以上より本装置による fNIRS 計測において ICA は、最短 S-D 距離、11mm 程度で行う方が良いと考えられた。今後、被験者の例数を重ね、更なる検討を行いたい。

参考文献

- 1) Endo K, Matsukawa K, Liang N, Nakatsuka C, Tsuchimochi H, Okamura H, and Hamaoka T. Dynamic exercise improves cognitive function in association with increased prefrontal oxygenation. *J Physiol Sci*, 63(4):287-98, 2013.
- 2) Kurita D., Terao T., Takizawa S., Haida M., and Yagihara S.: A trial of simultaneous measurements of frontal cortex and lower-extremity muscles oxygenation during acute hypoxic exercise using multichannel NIRS. *Tokai J. Sports Med. Sci.*, 23: 37-44, 2011.
- 3) Andrew W. Subudhi, Andrew C. Dimmen, and Robert C. Roach: Effects of acute hypoxia on cerebral and muscle oxygenation during incremental exercise. *J Appl Physiol*, 103: 177-183, 2007.
- 4) 灰田宗孝: 近赤外分光法 (NIRS) 信号の意味. 映像情報メディカル, 41 (9) : 892-896, 2009.
- 5) Hirasawa A, Yanagisawa S, Tanaka N, Funane T, Kiguchi M, Sørensen H, Secher NH, Ogoh S. Influence of skin blood flow and source-detector distance on near-infrared spectroscopy-determined cerebral oxygenation in humans. *Clin Physiol Funct Imaging*, Apr 20, 2014.
- 6) Toshimitsu Takahashi, Yoriko Takikawa, Reiko Kawagoe, Satoshi Shibuya, Takayuki Iwano, Shigeru Kitazawa. Influence of skin blood flow on near-infrared spectroscopy signals measured on the forehead during a verbal fluency task. *NeuroImage*, 57: 991-1002, 2011.
- 7) Funane T, Atsumori H, Katura T, Obata AN, Sato H, Tanikawa Y, Okada E, Kiguchi M. Quantitative evaluation of deep and shallow tissue layers' contribution to fNIRS signal using multi-distance optodes and independent component analysis. *Neuroimage*. Jan 15; 85 Pt 1:150-65, 2014.
- 8) Akgül CB1, Akin A, Sankur B. Extraction of cognitive activity-related waveforms from functional near-infrared spectroscopy signals. *Med Biol Eng Comput*, Nov; 44(11):945-58, 2006.
- 9) 今川重彦: 高地・低酸素トレーニングの分子生物学. 医学のあゆみ, 225 (13) : 1287-1292, 2008.
- 10) 川島 隆太: 「脳力」を鍛える大人の数字トレーニング. 宝島社, 2006
- 11) 大橋三男, 灰田宗孝: 低価格・高性能・光多点同時測定装置 Spectratech OEG-16について. 映像情報メディカル, 41 (9) : 929-933, 2009.
- 12) Kurita D., Terao T., Takizawa S., Kutsuzawa T., Haida M. Yagihara S., and Morozumi H.: Evaluation of the correlation between oxygen saturation calculated from NIRS signals and SpO2 from pulse oximetry for frontal area during acute hypoxic exercise. *Tokai J. Sports Med. Sci.*, 26: 59-67, 2014.
- 13) Kurita D., Terao T., Takizawa S., Kutsuzawa T., Haida M. Yagihara S., and Morozumi H.: A trial of simultaneous measurements using multichannel NIRS for frontal area and pulse oximetry for forehead

during acute hypoxic exercise. *Tokai J. Sports Med. Sci.*, 25: 79-87, 2013.



長距離選手に対する低圧低酸素環境下におけるスローランニングが運動終了後の自律神経系に及ぼす影響

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 両角 速 (体育学部競技スポーツ学科)
西出仁明 (体育学部競技スポーツ学科) 山下泰裕 (体育学部武道学科)
栗田太作 (情報教育センター) 小澤秀樹 (医学部内科学系総合内科学)
内田晴久 (教養学部人間環境学科) 内田裕久 (工学部原子力工学科)

The Effects of Slow-running in Hypobaric Hypoxic Environments on the Autonomic Nervous System Post-exercise in Long-distance Runners

Tamotsu TERAO, Hayashi MOROZUMI, Noriaki NISHIDE, Yasuhiro YAMASHITA, Daisaku KURITA, Hideki OZAWA, Haruhisa UCHIDA and Hirohisa UCHIDA



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of slow running in a hypobaric hypoxic environment on the autonomic nervous system in long-distance runners. Six male adults (20.7 ± 1.1 years) volunteered for this study. The subjects exercised for 45-60 minutes on a treadmill in two environments; hypobaric hypoxic environment at 1500m (15HE) simulated altitude and hypobaric hypoxic environment at 3000m (30HE) simulated altitude. The following parameters were measured during exercise and next morning post exercise in 15HE and 30HE; RPE, arterial oxygen saturation (SpO_2), the autonomic nervous system (Coefficient of Variation of R-R intervals; CVRR, HF normalized unit; HFnu). Our results showed (1) the SpO_2 during exercise in 15HE was significantly higher than that in 30HE ($p < 0.01$). (2) the RPE during exercise in 15HE was significantly lower than that in 30HE ($p < 0.05$). (3) the HR during exercise in 15HE was significantly lower than that in 30HE ($p < 0.01$). (4) the HFnu post exercise in 15HE was significantly higher than that before exercise ($p < 0.01$). (5) the HFnu post exercise in 30HE was showed not higher than that before exercise. (6) the CVRR in 15HE and 30HE did not differ between before and post exercise. These results suggest that slow running in a hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude may be a useful method for stimulating the activity of the autonomic nervous system in long-distance runners.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 63-69, 2015)

I. 緒言

従来、私たちは、高地（低圧低酸素環境）トレーニングが一部のエリートスポーツ選手の競技力向上のみならず、スポーツ選手の減量や幅広い年齢層の人々に対する肥満の予防・改善および末梢循環や動脈スティフネスの改善、さらには健康増進に貢献する可能性のあること¹⁻¹³⁾を報告している。

近年、心拍変動パワースペクトル解析は、心拍変動から自律神経系を測定する方法の一つで、運動時の生理応答を評価する指標として用いられている。自律神経系は、交感神経系と副交感神経系とからなり、多くの臓器では、両者の拮抗作用により機能が調節されている。また、両者の活動レベルが、体力や疲労感などの体調の変化、あるいは、睡眠状況等の生体リズムなどに関連して変化することも知られている。自律神経活動の間接的な評価としては、心拍変動解析が利用されている。スポーツ競技におけるコンディションを評価する方法は多様にあるが、特に、起床時における自律神経活動の指標も重要な役割をもつと考えられる。心拍変動は、非侵襲的苦痛を与えずに評価が可能であり、アスリートのコンディション評価に適した指標であると考えられる¹⁴⁾。私たちの先行研究では、一般人に対する標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における2日間の軽運動が運動終了後の翌朝において、自律神経活動のバランスとして副交感神経活動が優位な状態がみられ、末梢血液循環を一時的に改善することを報告している¹⁵⁾。さらに、箱根駅伝選手に対する調整期のコンディショニングという観点から起床時の自律神経活動のバランスと競技パフォーマンスとを関連させて検討することは有用であると報告している¹⁶⁾。

本研究では、これまでの成績（中高年者およびスポーツ選手に対する標高1500mにおける軽運動の有用性）を踏まえ、長距離選手を対象に、競技大会前の調整期におけるコンディショニング

の基礎資料を得る目的で、異なった低圧低酸素環境下（標高1500m、3000m）における軽運動（スローランニング）が運動終了後（翌朝）の自律神経系の応答にどのような影響を及ぼすかを検討した。本研究では、とくに、起床時の自律神経のバランスに注目し、副交感神経レベルが低い水準を示した場合に低圧環境下の運動を行わせた。

II. 実験方法

本研究は、すべての検査項目が簡便で、被験者の生体に負担の少ない非侵襲的な検査であった。

1. 対象者

実験対象は、東海大学陸上競技部中・長距離選手7名（年齢：20.7±1.1歳、身長：169.1±4.1cm、体重：53.7±2.6kg、体脂肪率：8.5±0.9%）とした。

本研究は、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得て実施した。なお、被験者には、予め実験の概要を十分に説明し、文書にて実験参加の同意を得た。

2. 環境条件

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

本研究では、標高1500mに相当する気圧（634 mm Hg；15HE）及び3000mに相当する気圧（526 mm Hg；30HE）にそれぞれ調整して行った（室温を22℃、相対湿度を50%）。

3. 低圧低酸素環境下の軽運動（スローランニング）および運動強度の判定

本研究では、15HEを基準として、トレッドミルを用い、動脈血酸素飽和度を90～94%および自覚的運動強度RPEを11～13の2つの指標からそれぞれの示してある範囲内になるようランニング速度を求めた。なお、30HEの運動強度は、

15HE の速度を用いた。なお、ランニング時間に関しては、各選手の自主的な判断に委ねた（40～60分程度）。本研究では、15HE および30HE におけるランニング中の動脈血酸素飽和度および心拍数をパルスオキシメーター（Pulsox-300i、コニカミノルタ）を用いて測定するとともに、運動中の自覚的運動強度（RPE）を測定するため、Borg のスケールを用い、各環境下での運動終了直後に、被験者に対して口答で求めた。運動終了後の翌朝（AM 5:00）に、起床時の自律神経活動（自律神経活動量、交感神経と副交感神経のバランスなど）の動態について評価した。

3. 自律神経機能の測定方法

自律神経活動の測定は、調整期の起床直後、座位にて安静5分間とした。なお、最初と最後の1分間ずつを削除した計3分間を解析した。

自律神経活動の評価は、心拍変動（R-R 間隔）データを解析した。時間領域解析（CVRR=R-R 間隔の標準偏差/R-R 間隔の平均値）により、脈拍間隔のばらつきを算出し、自律神経活動量（自律神経の大きさ）の指標とした。周波数解析によって求められる心拍変動の低周波帯域（LF:0.04～0.15Hz）は、交感神経活動と副交感神経活動の双方を反映し、高周波帯域（HF:0.15～0.40Hz）については、副交感神経活動を反映すること^{17,18)}が定義されている。そこで、HF normalized unit（以下、HFnu、 $HFnu=HF/(LF+HF) \times 100$ ）は、LF に対する HF の大きさを計算することで自律神経活動における副交感神経活動の指標とした¹⁹⁾。この指標から自律神経活動のバランスを推定した。

心拍変動の解析は、ハートレートモニター RS800CXN（Polar 社）を用いて心拍 R-R 間隔を記録し、データを Polar ProTrainer 5.3 を用いて高速フーリエ解析を行った。なお、心拍変動には呼吸の影響が大きいことから、安静時には呼吸のリズムを一定の周期（1分間に15回前後の呼吸数）に保持するように指示した。

4. 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表した。2つの条件間（運動前と運動後、15HE と30HE）における有意差の検定には、paired t-test を用いた。RPE については、Wilcoxon の符号付き順位検定を行った。統計処理には、統計解析（Dr.SPSS II for Windows）を用いて、有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 実験結果

1. スローランニング中における SpO₂、HR および RPE の変化

図1、2 および3 にスローランニング中における SpO₂、HR および RPE の変化を示した。SpO₂ は、15HE が30HE に比較して、有意に高値を示した（ $p<0.01$ ）。HR は、15HE が30HE に比較して、有意に低値を示した（ $p<0.01$ ）。RPE は、15HE が30HE に比較して、有意に低値を示した（ $p<0.05$ ）。

2. スローランニング終了後（翌朝）における HFnu の変化

スローランニング終了後（翌朝）における HFnu の変化を図4、5 に示した。15HE では、ランニング終了後の値がランニング前の値に比較して、有意に高値を示した（ $p<0.01$ ）。30HE では、ランニング前と終了後の値に有意差は認められなかった。

3. スローランニング終了後（翌朝）における CVRR の変化

図6、7 にスローランニング終了後（翌朝）における CVRR の変化を示した。15HE および30HE のいずれもスローランニング前後で有意差は認められなかった。

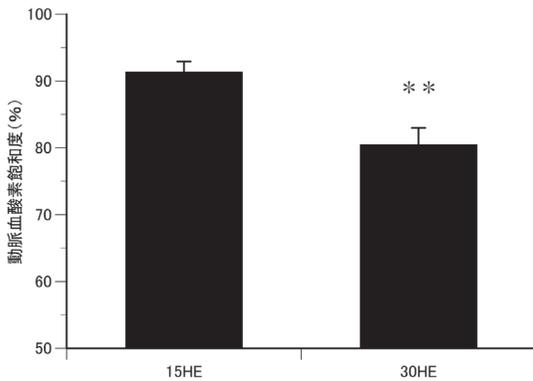


図1 スローランニング中における動脈血酸素飽和度の変化
Fig 1 Changes in arterial oxygen saturation (SpO₂) during slow-running.
Values are expressed as means ± SD. 15HE ; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude. 30HE ; hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude.
** p<0.01

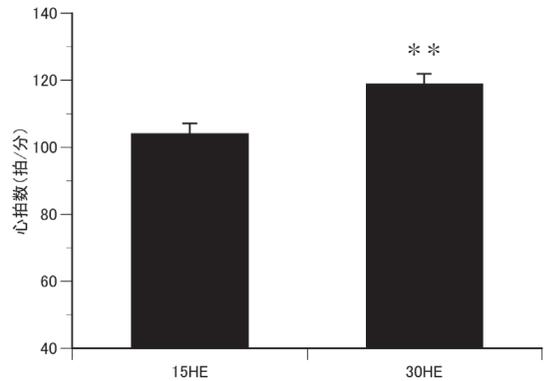


図2 スローランニング中における心拍数 (HR) の変化
Fig 2 Changes in HR during slow-running.
Values are expressed as means ± SD. 15HE ; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude. 30HE ; hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude.
** p<0.01

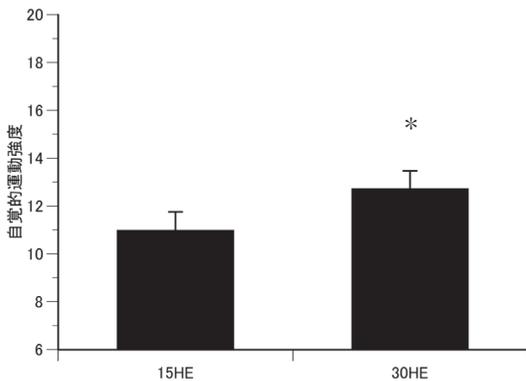


図3 スローランニング中における自覚的運動強度 (RPE) の変化
Fig 3 Changes in RPE during slow-running.
Values are expressed as means ± SD. 15HE ; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude. 30HE ; hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude.
* p<0.05

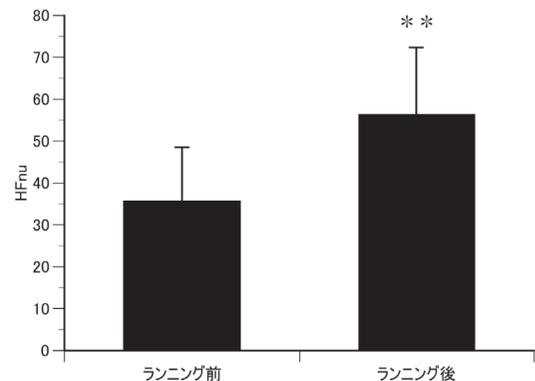


図4 スローランニング終了後(翌朝)におけるHFnuの変化 (標高: 1500m)
Fig 4 Changes in HFnu at next morning after slow-running (hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude).
Values are expressed as means ± SD.
* p<0.01

IV. 考察

本研究では、長距離選手を対象に、起床時の副交感神経レベルが低値の傾向を示した場合、異なった低圧低酸素環境下でのスローランニングが運動終了後(翌朝)の自律神経系の応答にどのような影響を及ぼすかを検討した。

その結果、ランニング中の SpO₂ は、15HE で平均91%を示したが、30HE では平均82%と大き

く低値を示した。逆に、RPE では、15HE (平均10) が30HE (平均13) に比較して、低値を示した。先行研究では、環境(標高)の違いに関して、軽運動中の SpO₂ が標高に応じて平地、標高1500m、標高2000mの順で低値を示し、逆に、RPE は、標高に応じて平地、標高1500m、標高2000mの順で高値を示したこと¹¹⁾を報告している。高地における運動の生理的応答は、標高、運動強度および被験者の特性(年齢、鍛錬度、高地経験度等)によって異なる。標高が高くなれば、

長距離選手に対する低圧低酸素環境下におけるスローランニングが運動終了後の自律神経系に及ぼす影響

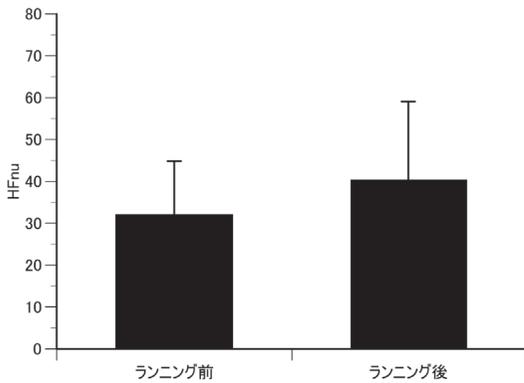


図5 スローランニング終了後（翌朝）における HFnu の変化（標高：3000m）

Fig 5 Changes in HFnu at next morning after slow-running (hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude).

Values are expressed as means ± SD.

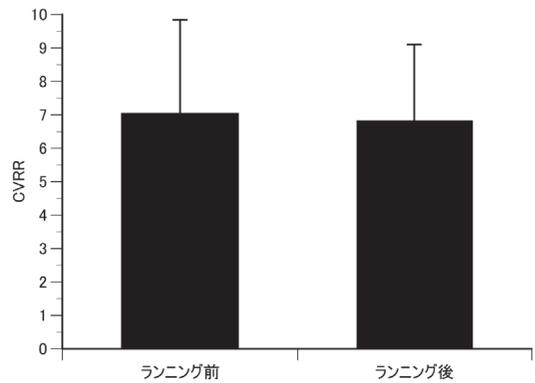


図6 スローランニング終了後（翌朝）における CVRR の変化（標高：1500m）

Fig 6 Changes in CVRR at next morning after slow-running (hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude).

Values are expressed as means ± SD.

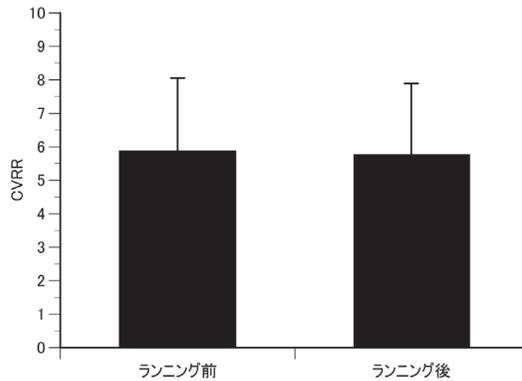


図6 スローランニング終了後（翌朝）における CVRR の変化（標高：3000m）

Fig 6 Changes in CVRR at next morning after slow-running (hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude).

Values are expressed as means ± SD.

過度の低圧低酸素負荷がかかり、生体負担度が大きく、RPE も高くなるであろう。したがって、先行研究と同様に、本研究の SpO₂ の応答および RPE の変化から推察すると、標高1500m におけるスローランニング時には、生体に適度な低圧低酸素負荷がかかっていたと考えられる。

スローランニング中の心拍数は、15HE が 30HE に比較して、低値を示した。運動時は、安静状態に比較して、呼吸・循環器系などの生理機能がより活発に働くことが要求される。通常、運

動強度に対応した適切な酸素供給を維持するために、交感神経と副交感神経のバランスを変化させ、呼吸循環の応答を制御している。これらの身体諸機能の変化を起こすために、自律神経系では交感神経の活動が優位になり、逆に副交感神経の活動が抑制されると考えられる。たとえ、その運動が定常状態に入りえたとしても、交感神経活動優位の平衡を保った状態が持続される²⁰⁾と考えなければならない。運動強度と自律神経活動に関して、AT（嫌気性代謝閾値）強度以上になると

副交感神経活動は著しく減弱し、交感神経活動は相対的に増加すること²¹⁾が報告されている。本研究では、スローランニング速度は、15HEと30HEとも同じであったが心拍数や前述のSpO₂およびRPEにおいて有意な差がみられた。運動中の心拍数の変動は、環境（標高）の違いによって影響を受けたことが考えられる。本研究の結果から推察すると、標高3000mにおけるスローランニング中は、1500mの時よりも自律神経活動のバランスとして、交感神経活動が優位な状態にシフトし、心拍数を増加したことが示唆された。

次に、スローランニング終了後（翌朝）における安静時のHFnuの変化は、15HEのランニング終了後の値がランニング前の値に比較して、有意に高値を示した。30HEでは、ランニング前と終了後の値に有意差は認められなかった。先行研究では、一過性の運動終了後の自律神経系の生体情報を知るために、瞳孔の対光反応を数値化することで初期瞳孔径を測定した（交感神経と副交感神経の優位のバランス）。一般的に、安静時には副交感神経が亢進し、瞳孔が縮小することが報告²²⁾されている。その結果、回復時の運動終了30分後には、副交感神経活動が優位な状態にあること¹²⁾を示していた。さらに、私たちの先行研究では、HFnuが低値になったときに標高1500mでのスローランニングを行うと翌朝起床時の自律神経活動のバランスが改善される傾向がみられたこと¹⁶⁾を報告している。したがって、先行研究および本研究の結果から、15HEでは、30HEに比べて、運動終了後の翌朝において自律神経のバランスとして副交感神経優位の状態が維持されていたことが示唆された。現在では、各選手の自主性に任せ、調整期のコンディショニングの一方策として標高1500mに相当する低圧低酸素環境下でのスローランニングを取り入れている。各選手からは、「気分爽快になった」、「疲労回復ができた」、「調子が良くなった」などの感想があった。

以上、本研究の成績から、長距離選手に対する標高1500mに相当する低圧低酸素環境下におけるスローランニングは、運動終了後の翌朝におい

ても、副交感神経活動が優位な状態がみられ、自律神経活動のバランスおよび反応力を一時的に好ましい方向に変えることができると示唆された。

V. まとめ

本研究では、長距離選手を対象に、起床時の副交感神経レベルが低値の傾向を示した場合、異なった低圧低酸素環境下でのスローランニングが運動終了後（翌朝）の自律神経系の応答にどのような影響を及ぼすかを検討した。

その成績を示すと次のごとくである。

- 1) スローランニング中におけるSpO₂は、15HEが30HEに比較して、有意に高値を示した(p<0.01)。
- 2) スローランニング中におけるHRは、15HEが30HEに比較して、有意な低値を示した(p<0.01)。
- 3) スローランニング中におけるRPEは、15HEが30HEに比較して、有意な低値を示した(p<0.05)。
- 4) スローランニング終了後（翌朝）におけるHFnuは、15HEにおいてランニング終了後の値がランニング前の値に比較して、有意に高値を示した(p<0.01)。30HEでは、ランニング前と終了後の値に有意差は認められなかった。
- 5) スローランニング終了後（翌朝）における安静時のCVRRは、15HEおよび30HEのいずれも運動前後で有意差は認められなかった。

以上、本研究の成績から、長距離選手に対する標高1500mに相当する低圧低酸素環境下におけるスローランニングは、運動終了後の翌朝においても、副交感神経活動が優位な状態がみられ、自律神経活動のバランスおよび反応力を一時的に好ましい方向に変えることができると示唆された。

参考文献

- 1) 寺尾保、木村季由、湯浅康弘、袋籠龍太郎、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
- 2) 寺尾保、木村季由、恩田哲也、有賀誠司、中村豊、サンドゥー・アダルシュ、山並義孝、齋藤勝：肥満者およびスポーツ選手の減量に対する低圧環境下における歩行運動の有効性、東海大学スポーツ医科学雑誌、13:15-23、2001
 - 3) 寺尾保、桑平一郎、恩田哲也、有賀誠司、中村豊、サンドゥー・アダルシュ、宮川千秋、山並義孝、齋藤勝：肥満者に対する低圧環境下の歩行運動が運動終了後のエネルギー消費量に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、14:14-22、2002
 - 4) 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
 - 5) 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
 - 6) 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：肥満者の減量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
 - 7) 寺尾保、小澤秀樹、桑平一郎、三田信孝、山並義孝、伊藤栄治：肥満者に対する低圧低酸素環境下における安静時および歩行運動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、18：54-61、2006
 - 8) 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：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、東海大学スポーツ医科学雑誌、17:16-22、2005
 - 9) 寺尾保、小澤秀樹、桑平一郎、三田信孝、伊藤栄治、山並義孝：高齢化社会における中高年者の健康と疾病に対する高地トレーニング処方の有効性、東海大学スポーツ医科学雑誌、19:39-46、2007
 - 10) 寺尾保、小澤秀樹、三田信孝、内田裕久、坂根浩弥、山崎由紀、竹内照定：中高年者の減量に対する石鏡山系を利用した高地環境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、20:69-78、2008
 - 11) 寺尾保：高齢化社会における中高年者の疾病予防と健康増進に対する高地トレーニングの有効性、科学研究費補助金研究成果報告書、1-4、2009
 - 12) 寺尾保、小澤秀樹、三田信孝、桑平一郎、内田裕久：中高年者に対する低圧低酸素環境下における歩行運動が運動終了後の自律神経系および動脈機能に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、21:43-50、2009
 - 13) 寺尾保、栗田太作、小澤秀樹、瀧澤俊也、積山和明、三田信孝、灰田宗孝、内田裕久：若年アスリートに対する低圧低酸素環境下における歩行運動が末梢血液循環および動脈機能に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、22:65-72、2010
 - 14) 清水和弘：免疫系指標と自律神経系指標によるコンディション評価、臨床スポーツ医学、28 (8) :855-859、2011
 - 15) 寺尾保、栗田太作、小澤秀樹、瀧澤俊也、灰田宗孝、内田晴久、内田裕久：中高年者に対する低圧低酸素環境下における歩行運動が自律神経系、末梢血液循環および動脈機能に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、24:57-64、2012
 - 16) 両角速、山下泰裕、寺尾保：箱根駅伝選手における自律神経活動と競技成績に関する実践的研究、東海大学スポーツ医科学雑誌、26:53-58、2014
 - 17) 早野順一郎：臨床医のための循環器自律神経機能検査法、51-61、メディカルレビュー社、1997
 - 18) 日本自律神経学会：自律神経機能検査、第4版、文光堂、2007
 - 19) 飯塚太郎：心拍数・心拍変動、II . コンディショニングの評価とその活用—具体的な評価手法とその応用—、臨床スポーツ医学、28:166-171、2011 麻野井英次：循環器疾患と自律神経機能、第2版、自律神経系による循環調節、19-43、医学書院、2001
 - 20) 中野昭一、堀居昭、寺尾保：解剖と生理、261-264、じほう、2000
 - 21) 安達仁：心肺運動負荷テストと運動療法、初版、運動療法と運動処方、南江堂、240-276、2004
 - 22) 後藤由夫、本郷道夫：自律神経の基礎と臨床、改訂版、医学ジャーナル社、122-127、2006



ボクシングに対する 心理的サポートに関する研究

高妻容一 (体育学部競技スポーツ学科) 小林玄樹 (大学院体育学研究科)

A Study of Psychological Consulting for Boxer

Yoichi Kozuma and Genju Kobayashi



Abstract

The purpose of this study was to verify the hypothesis that suggests that a positive change can be observed with a group of athletes after receiving mental training and psychological consulting, when compared with a controlled group did not receive any mental training and psychological consultations. The research method used in this study consisted of a sport psychological test called the Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for Athletes (DIPCA.3) and questionnaire. The participants of this study were 22 male members from N Boxing Gym who received a 12-month mental training program and psychological consultation. The controlled group consisted of 26 male members from Y Boxing Gym, who did not participate in any mental training program at all. DIPCA.3 and questionnaire were first administrated to both teams in April 20XX as a pretest, in October 20XX as the posttest-1 and March 20XX as the posttest-2. Data analysis showed that significant differences were found among the two boxing gyms from two-way ANOVA (Analysis of Variance). As a result 12 out of 18 DIPCA.3 items were found to have significant difference between the two teams. A follow-up test revealed significant differences in 14 out of 18 items among the pretest, the posttest-1 and posttest-2 for mental training and psychological consulting group. These results support the hypothesis that a mental training program had positive effects on the boxers. In addition, in the pretest, posttest-1, posttest-2 surveys given to the athletes and coaches, they reported that mental training had a positive influence for boxers. On the other hand, the control group's surveys given to the boxers and coaches reported that they had no knowledge about mental training and any sport psychology ideas.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 71-79, 2015)

I. 緒言

競技会で、いつも満足できる実力発揮ができるわけではない、特に、自分にとって強いプレッシャーのかかった大会では、多くのスポーツ選手が苦い経験を持っている¹⁾。しかし、これまでの日本のスポーツ界には、「精神力は技術・体力のトレーニングの中で自然に養われるもの」とする「伝統的な考え方」や「根性さえあれば、技術や肉体的不利を克服できるのだ」という「根性主義」があった²⁾。このように、スポーツ選手が試合というプレッシャーのかかる場面では、選手の責任で選手自身が何とかするもの、また指導者が追い込むという環境を作り、選手自身が厳しい練習を乗り越え、自分で精神力をつけるのだというような経験主義的な考え方が多く存在したように考える。

一方、2012年のロンドンオリンピックでは、多くのメダルを獲得した世界各国がスポーツ科学を活用したトレーニングやサポートを受けていた。荒木³⁾は、第30回ロンドンオリンピックに向けての各国の取り組みを報告している。立谷^{4) 5)}は、日本体育学会体育心理学専門分科会のキーノートレクチャーにおいて、「ロンドンオリンピックに向けたJISSの心理サポートの取り組み」という演題で、マルチサポートハウス等におけるメンタルトレーニングや心理サポートの取り組みを報告している。また、2013年に中国の北京で開催された国際スポーツ心理学会 (ISSP: International Society for Sport Psychology) では、世界各国のオリンピックチームのみならずプロの選手に対するメンタル面強化の事例報告も多くされた。その中で、Adviento⁶⁾は、フィリピンのマニー・パッキャオ選手 (世界タイトル6階級制覇) のメンタルトレーニングについて、毎日のトレーニングや試合前の準備などの実践例の報告をした。他にもオーストラリアのサイクリング選手、中国のリースタイルスキー選手、イランのレスリング選手、カナダのダイビング選手、イギリスのカヤッ

ク選手、アメリカのアイスホッケー選手、韓国のアーチェリー選手、韓国のプロゴルファーなどのメンタルトレーニング実践の事例・研究報告が多くされた。このような先行研究からの動向を分析すると、世界各国のオリンピックチームやプロのチーム等が活用しているメンタルトレーニングや専門家による心理サポートが選手やチームに対してポジティブな影響を及ぼしていることがわかる。

最近では、日本のスポーツ界においても、競技力向上を目的としたメンタル面の強化として、メンタルトレーニングや専門家による心理的サポートを導入している選手やチームが増加している⁷⁾。小松ら⁸⁾は、甲子園大会で優勝した高校野球チームの7か月にわたるメンタルトレーニング指導や心理的サポートのポジティブな影響を報告し、高妻ら⁹⁾はオリンピック候補選手に対して調査を実施し、メンタルトレーニング講習会の影響について報告している。また来田¹⁰⁾は、大学野球部における2年間に及ぶ間接的な心理的サポートの事例報告をし、選手からの内省報告や試合という結果における効果について報告をしている。さらに、石井¹¹⁾、小西¹²⁾、栗原¹³⁾、宍戸¹⁴⁾らも、同様にスポーツ現場でのメンタルトレーニングや心理サポートの選手に対する影響について報告をしている。本研究者は、メンタルトレーニングの現場での指導や心理的サポートに関して、応用スポーツ心理学の観点から実践的研究を積み重ね、専門家によるメンタルトレーニングや心理的サポートが選手の心理的側面にポジティブな影響を与えるであろうという仮説を検証してきた^{15) 16) 17) 18)}。

このようなスポーツ界の状況や先行研究からは、メンタルトレーニングや心理的サポートの効果が検証されてきた経過がある中、本研究ではボクシングという先行研究がほとんどない競技にかかわることとなった。ここで取り上げるボクシングという格闘技では、試合において心技体の心の部分の要因が大きく影響すると考えられる。そこには、技術や体力的な要因はもちろんのこと、格闘技特有の相手と戦うなかで、倒されるとか、殴

られる、いうことに対する不安・心配・恐怖感という心理的側面が大きく影響していると考えられる。ロンドンオリンピックのボクシングミドル級において金メダルを獲得した村田諒大選手は、彼の著書¹⁹⁾の中でオリンピックに対するプレッシャーの要因を述べている。また彼は、オリンピック前にスポーツ心理学に関する本²⁰⁾を活用して自分なりのメンタル面強化を実施したことを述べている。さらにロンドンオリンピックの試合前に、選手村の近くに設置されたマルチサポートセンターにおいて、心理的側面におけるサポートを受けたことも報告している。

しかし、本研究で取り上げるボクシングという競技に対して実施した心理的競技能力に関する研究や心理面強化に関する研究は少ない。その少ない研究の中で、Simpsonら²¹⁾は、プロボクサーに対する質的研究をし、彼らをサポートするトレーナー（指導者）とメンタルトレーニングコンサルタントを含めたチームの重要性を報告している。また鈴木ら²²⁾は、ボクサーの実態と不安に関する研究として、STAI (State Trait Anxiety Inventory) を用いてボクサーの特性不安と状態不安に関する研究を実施した。その中で、ボクサーに対する心理面でのサポートが重要な役割を果たすと報告し、今後はその分野の研究が求められると報告している。このように、先行研究の少ないボクシングという競技において、ボクサーの心理的側面の基礎データを収集する必要があると考えた。同時に、ボクサーに対してメンタル面強化を実施すれば、ポジティブな影響が認められるだろうと考えた。

そこで本研究は、メンタルトレーニングを実施し、同時に心理的サポートを受けたメンタル面強化実施群と心理面のトレーニングやサポートを全く受けなかったメンタル面強化非実施群を比較することで、ボクサーに対するメンタル面強化の指導やサポートが選手にポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を検証することとした。

II. 方法

本研究は、3つのボクシングジムのプロボクサー34名・アマチュアボクサー60名、合計94名を対象として調査を実施した。その中から、メンタルトレーニングを実施したNボクシングジムをメンタル面強化実施群とし、全く実施しなかったKボクシングジムをメンタル面強化非実施群として、2群の比較分析をした。

本研究の対象者は、20XX年4月よりメンタルトレーニングを導入したNボクシングジムのプロボクサー15名とアマチュアボクサー27名の合計42名をメンタル面強化実施群とした。一方、メンタルトレーニングを実施していないKボクシングジムのプロボクサー10名とアマチュアボクサー30名の合計40名をメンタル面強化非実施群とした。そこから、3回のテストを受けられなかった者や回答に不備があった者は除き、最終的に本研究での分析対象者はメンタル面強化実施群がプロボクサー13名及びアマチュアボクサー9名の合計22名、またメンタル面強化非実施群はプロボクサー9名及びアマチュアボクサー17名の合計26名であった。

本研究では、20XX年に1回目の調査 (Pretest) を実施し、6か月後に2回目の調査 (Posttest 1)、12か月後に3回目の調査 (Posttest 2) を実施した。この調査の内容は、選手の心理的側面を分析するために、標準化されたスポーツ心理テストである心理的競技能力診断検査 (DIPCA.3: Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for Athletes) 及び選手の質的データを分析するためにアンケート調査を3回実施した。またメンタル面強化実施群には、インタビュー調査も実施した。

メンタル面強化群は、12か月間、毎月1回のペースで、スポーツメンタルトレーニング上級指導士 (日本スポーツ心理学会認定) の資格を持つ専門家が90分の講習を12回実施した。加えて、資格取得を目指す学生メンタルトレーニングコーチが

表1 メンタルトレーニング指導と心理的サポートの内容
Table 1 Mental training and psychological consulting program

4月	心理テスト (DIPCA.3)・アンケート調査 メンタルトレーニングとは
5月	リラクゼーション&サイキングアップ
6月	目標設定 練習日誌
7月	イメージ
8月	イメージ 集中力
9月	プラス思考
10月	心理テスト (DIPCA.3)・アンケート調査 メンタルトレーニング中級編
11月	メンタルトレーニング中級編
12月	メンタルトレーニング中級編 (プレー中の自信)
1月	メンタルトレーニング中級編 (試合に対する心理的準備)
2月	メンタルトレーニング中級編
3月	心理テスト (DIPCA.3)・アンケート調査 メンタルトレーニング中級編

毎週1回で月4回の合計48回、練習による心理的サポートと2回の試合会場での心理的サポートも含めて合計50回を実施した。

表1は、メンタルトレーニング指導と心理的サポートの内容を示したものである。

上の表で示すように、月1回の講習会では、4月から9月までの6回を初級編講習会とし、基本的な心理的スキルを紹介し、その実践法を体験した。後半の10月から3月までは、ボクシング選手用中級編メンタルトレーニングプログラム(ワークブック)を作成し、このワークブックを使用しながら講習を実施した。同時に、学生メンタルトレーニングコーチが毎週1回の月4回、合計48回ボクシングジムに行き、グループおよび個別指導を実施した。ここでの指導やサポートは、講習会で紹介した心理的スキルを練習という現場で実践し、個人の心理的スキルを向上させるというものであった。さらに、2回の試合における現場での心理的サポートや応用(実践)も実施した。

毎月1回の半年実施した初級編講習会では、基本的な8つの心理的スキルを段階的に紹介し、その実践方法を学んだ。その具体的な内容は、1. 目標設定、2. リラクゼーション&サイキングアップ、3. イメージ、4. 集中力、5. プラス思考、6. セルフトーク、7. コミュニケーション、8. 試合に対する心理的準備などであった。次

の中級編講習会では、1) プレー中の自信、2) 自分のメンタルゲームに責任を持つ、3) メンタルゲームをする上での責任、4) ステップ1:自分をコントロールする、5) ステップ2:一発一発のパンチやディフェンス(防御)にプランと目的を持つ、6) ステップ3:自分を信じる、7) 気持ちの盛り上がりと落ち込みを理解するなどの内容を説明し、ワークブックを使用して自分への気づきや知識の確認等を行い、それを練習や試合でいかにして応用するかを学んだ。

このように専門家がメンタルトレーニングを毎月指導し、学生メンタルトレーニングコーチが毎週指導や心理的サポートをし、それを実践することは、日本のボクシング界では、初めての試みであった。

Ⅲ. 結果

本研究は、メンタル面強化実施群と非実施群の心理的側面における比較研究という目的から、メンタル面強化実施群22名(15-33歳)と非実施群26名(13-43歳)のDIPCA.3の18項目(12尺度・5因子・総合得点)の平均値について群と時期を要因とした二元配置の分散分析を実施した。その結果、闘争心、リラックス能力の2尺度で交互作

表2 2群におけるDIPCA.3の群と時期を要因とした二元配置の分散分析の結果
Table 2 The analysis of tow way ANOVA in DIPCA.3 data between two groups

	実施群(n=22)						非実施群(n=26)						二元配置の分散分析の結果			
	①Pretest		②Posttest		③Posttest		①Pretest		②Posttest		③Posttest		主効果の検定		交互作用	多重比較
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	時期要因	群要因		
忍耐力	15.59	±3.09	16.73	±2.60	18.00	±2.74	13.50	±3.77	14.03	±3.36	14.77	±3.19	**	①<③	**	
闘争心	16.55	±3.20	18.27	±1.75	18.68	±1.78	16.23	±3.32	16.54	±2.59	16.77	±3.15	**		*	①<③
自己実現意欲	18.00	±1.60	19.23	±0.97	18.86	±1.45	16.62	±2.28	17.62	±2.36	17.73	±1.71	**	①<②	**	
勝利意欲	16.36	±2.80	15.27	±3.84	15.36	±3.34	16.23	±2.67	16.62	±2.43	16.42	±2.68	**			
自己コントロール能力	13.27	±2.86	14.95	±3.35	15.64	±3.59	13.65	±3.36	14.45	±3.88	14.69	±2.67	**			
リラクセス能力	12.09	±3.95	16.55	±3.18	15.55	±4.35	11.92	±4.80	11.62	±4.18	12.19	±4.22	**		**	①<③
集中力	15.27	±2.72	16.55	±3.09	16.77	±3.36	15.08	±3.27	15.31	±3.27	15.96	±3.03	**			
自信	14.09	±2.86	16.18	±3.23	16.23	±3.08	12.27	±3.30	14.00	±2.82	14.23	±3.21	**		*	
決断力	14.00	±3.57	15.77	±3.22	16.14	±2.93	11.96	±3.35	13.31	±2.90	13.04	±2.98	**		**	
予想力	13.86	±2.78	15.45	±2.53	15.82	±3.00	12.42	±3.07	12.95	±2.84	13.54	±3.51	**		**	
判断力	12.86	±2.96	14.73	±3.10	15.36	±3.14	11.46	±3.56	12.92	±3.44	12.96	±3.13	**	①<③	*	
協調性	17.14	±3.10	17.86	±2.73	18.55	±2.17	13.15	±4.26	14.95	±4.28	16.08	±3.63	**	①<③	**	
競技意欲	66.50	±6.53	69.50	±6.21	70.91	±5.91	62.58	±9.05	64.85	±7.86	65.69	±6.39	**		*	
精神の安定・集中	40.64	±8.58	46.77	±8.60	47.95	±10.7	40.65	±10.32	41.38	±10.15	42.85	±8.33	**	①<③		
自信	28.09	±5.69	31.95	±6.04	32.36	±5.89	24.23	±5.97	27.31	±5.38	27.27	±5.63	**		**	
作戦能力	26.73	±5.59	30.18	±5.40	31.18	±5.98	23.88	±6.08	25.83	±5.79	26.50	±6.21	**	①<③	**	
協調性	17.14	±3.10	17.86	±2.73	18.55	±2.17	13.15	±4.26	14.95	±4.28	16.08	±3.63	**	①<③	**	
総合得点	179.09	±23.7	196.27	±22.15	200.95	±25.4	164.50	±23.32	174.38	±25.22	178.38	±21.29	**	①<③	**	

Mean±SD

* < .05 ** < .01

用が認められた（闘争心： $F(2, 92) = 3.271, p < .05$ ，リラクセス能力： $F(2, 92) = 6.145, p < .01$ ）。

その後、下位検定を実施した結果、闘争心とリラクセス能力において単純主効果が認められた（闘争心： $F(2, 42) = 9.423, p < .01$ ，リラクセス能力： $F(2, 42) = 9.823, p < .01$ ）。また、交互作用が認められなかった項目の中でも、忍耐力、自己実現意欲、自信（尺度）、決断力、予想力、判断力、協調性（尺度）、競技意欲、自信（因子）、作戦能力、協調性（因子）、総合得点の12項目（7尺度・4因子・総合得点）においては、群に主効果が認められた。

また、忍耐力、自己実現意欲、自己コントロール能力、自信、決断力、予想力、判断力、協調性、競技意欲、精神の安定・集中、自信（因子）、作戦能力、協調性（因子）、総合得点の14項目（8尺度・5因子・総合得点）においては、時期に主効果が認められた。

そこで多重比較検定を実施した結果、メンタル面強化実施群は、忍耐力において、PretestとPosttest-2の間に有意な得点の向上が認められた。また自己実現意欲において、PretestとPosttest-1の間に有意な得点の向上が認められた。さらに、忍耐力、判断力、協調性（尺度）、精神の安定・集中、作戦能力、協調性（因子）、

総合得点に関しては、PretestとPosttest-2の間に有意な得点の向上が認められた。しかし、勝利意欲、自信（尺度）、決断力、予想力、競技意欲、自信（因子）においては、有意な得点の向上は認められなかった。

加えて、メンタル面強化群における内省報告からは、選手及び指導者から、専門家による12回の講習会や毎週1回の専属のメンタルトレーニングコーチによるメンタルトレーニング指導や心理的サポートのポジティブな影響のコメントがほとんどであった。しかし、メンタル面強化非実施群の内省報告からは、メンタルトレーニングに対する知識や情報がほとんどないことが分析できたが、数名は本などの知識は持っているものの本格的な指導や経験はほとんどなかった。

表2は、DIPCA.3の平均値における群と時期を要因とした二元配置の分散分析の結果、およびその後の検定結果を示したものである。

IV. 考察

本研究における、メンタル面強化実施群と非実施群の心理的側面における比較研究結果から、心理的競技能力診断検査（DIPCA.3）の闘争心やリラクセス能力において、メンタル面強化実施群の

方が非実施群よりも有意に高い平均値を示した。またメンタルトレーニング実施群の Pretest と Posttest-2 において、18項目中14項目で有意な向上が認められた。特に、メンタル面強化実施群は、時期において、忍耐力、自己実現意欲、自己コントロール能力、自信（尺度）、決断力、予測力、判断力、協調性（尺度）、競技意欲、精神の安定集中、自信（因子）、作戦能力、協調性（因子）、総合得点で Pretest と Posttest-2 の間に有意な得点の向上が認められた。さらに自己実現意欲のみは、Pretest と Posttest-1 の間に有意な得点の向上が認められた。このことから、交互作用の認められた項目を含めて、18項目中16項目で有意な向上が認められたことは、1年間で12回の専門家による講習会及び学生メンタルトレーニングコーチによる50回の心理的サポートを実施したというメンタル面強化のポジティブな影響が認められたと考える。このことは、多くの先行研究と同じ結果が認められたと考察できた。今回は、先行研究のほとんどないボクシングという競技についての研究という事で、ひとつの基礎資料を得ることができたと考える。また有意差の認められなかった勝利意欲は、先行研究同様に、メンタル面強化をすればこの項目の点数が下がるということが確認できた。そこには、メンタル面強化をする上で、勝ちを求めるという結果よりもプロセスを意識させる方向での指導を強調したことが考えられる。

さらに、有意差の認められなかった集中力は、Pretest・Posttest-1・Posttest-2 で平均点は向上していた。これらのことから、先行研究同様に、他の競技と同じようにボクシングという競技においてもメンタル面強化を実施することが、心理的側面にポジティブな影響を与えることができるという確認をすることができたと考える。

一方、メンタル面強化非実施群は、時期を要因とする統計処理において、18項目中6項目で有意な向上が認められた。ここでは、自信（尺度）と自信（因子）において、Pretest と Posttest-1 及び Pretest と Posttest-2 の間に有意な得点の向上

が認められた。また、自己実現意欲、協調性（尺度）、協調性（因子）Pretest と Posttest-2 の間に有意な得点の向上が認められた。このことから、メンタル面強化を実施していないことを考慮すると、試合の結果で自信をつけていったのではないかと考える。内省報告より、この時期は、ジム全体の試合の成績が良好であり、この試合の成績（勝利）が選手の自信を高めたことが想像できる。また自己実現意欲に関しては、自分の夢や目標に対するチャレンジをすることが分析できるため、ここでの有意な向上に関しては自分自身またはジムの取り組みの中でチャレンジ精神を喚起する何かの試みがあったのではないかと考える。さらに協調性の向上に関しては、個人種目であるボクシングにおいてはジムの雰囲気づくりなど指導者側の選手への試みがあったことは想像がつく。しかし、総合得点などを含めて18項目中12項目に有意差が認められなく、変化がなかったということは、先行研究同様に、普通の技術面や体力面のトレーニングだけでは、心理的側面に関する強化にはつながらないという事が確認できたと考える。本研究でのメンタル面強化群と非強化群での比較分析、またメンタル面強化群の分析から、ボクシングという競技においてもメンタル面強化は重要なトレーニングになりうるという事が確認できたと考える。

本研究で特に注目した点は、DIPCA.3の総合得点における分析結果である。この総合得点は、12尺度5因子の合計17項目の点数を総合化したものである。統計処理の結果、群間においてメンタル面強化実施群と非実施群の間で有意差が認められた。またメンタル面強化実施群は、総合得点が①170.09点（Pretest）、②196.27点（Posttest-1）、③200.95点（Poattest-2）へ平均点が向上し、①（Pretest）と②（Posttest-1）及び①（Pretest）と③（Poattest-2）の間には有意な向上が認められた。一方、メンタル面強化非実施群は、①164.50点（Pretest）、②174.38点（Posttest-1）、③178.38点（Poattest-2）であり、①（Pretest）と②（Posttet-1）の平均点は向上し有意差があ

り、③ (Posttest-2) でもわずかながら向上し、①と③においても有意差が認められた。このことから、調査開始時点でメンタル面強化群の方が平均点において5.59点ほど高い傾向があったが、メンタル面強化を開始して半年後には、21.89点も差が広がり、1年後には22.57点の差がついてしまった。このことから、メンタル面強化を実施することの有効性が示唆されたのではないかと考える。またメンタル面強化実施群は、メンタルトレーニングを開始しての半年での向上が著しいことが分析できた。この結果からは、初級編プログラムの効果又は新しいトレーニング方法の目新しさからの興味によるモチベーションの向上やトレーニングの初期効果の影響が考えられる。しかし、メンタル面強化非実施群においても総合得点で、各期間に有意差が認められたことは、各選手が練習により技術や体力面の競技力が向上していると同時にメンタル面も向上していることが分析できた。これについては、先行研究の競技力が高いほどメンタル面も高くなるということの検証にもなったと考える。また今回は、非実施群のボクシングジムの協力に対して、3回の調査の分析結果を各選手とジムの平均をフィードバックをしたことで、各選手やジムの指導者がメンタル面に対する何かの意識を持ったことも考えられる。

特に、メンタル面強化実施群における忍耐力は、① (Pretest) < ② (Posttet-1)、② (Posttet-1) < ③ (Posttest-2)、① (Pretest) < ③ (Posttest-2) において、有意に向上していることから、我慢強さ、粘り強さ、苦痛に耐えるという点において、メンタル面強化の影響が大きかったと考える。講習会では、目標設定を1年で2回実施し、何をしたいのか、何をすべきか、何をすれば目標が達成できるかなどを考え、プランし、モチベーションを向上させるプログラムを実施した。またボクシングという格闘技は、技術や体力面の厳しさはもちろんのこと、相手と戦う事による、また相手と殴り合うという独特の戦いからくる不安・心配・恐怖感がある。そのような心理面におけるストレスやプレッシャーを軽減する

リラクゼーションやサイキングアップ、またそのような緊張感を積極的に受け入れ、その心理面での逆境を楽しむとかそれにチャレンジするというプラス思考のトレーニングを実施したことは、ここで有意な向上が認められた忍耐力に大きく貢献したと考える。

また、① (Pretest) < ② (Posttest-2) と① (Pretest) < ③ (Posttest-2) において有意な向上が認められた自己実現意欲、自己コントロール能力、自信 (尺度)、決断力、予測力、判断力、精神の安定・集中、自信 (因子)、作戦能力、総合得点に関しては、初級編・中級編の講習とその実践の影響があり、1年を通してメンタル面強化の有効性が認められたと考える。特に、精神の安定・集中、自信 (因子)、作戦能力、総合得点の因子の有意な向上は、プレッシャーの下での心の安定感や平常心、ピンチやチャンスに強く対応できるゆるぎない自信、予測力や判断力に影響するイメージ能力や準備に大きな影響を及ぼしたと考える。このことについては、各選手が自分の練習前にリラクゼーションとサイキングアップの心理的ウォーミングアップを実施して、通常の練習を開始するパターンがジム全体にできていた。また専属の学生メンタルトレーニングコーチが毎週1回の練習でサポートをしたことは、選手たちへの応用や活用に大きく貢献したと考える。さらにワークブックを使用した中級編のプログラムでは、自信についての講習や実践を行った。この自信をつけるということは、試合において迷いや不安がない平常心を身に着けることに影響したのではないかと考える。

さらに、① (Pretest) < ③ (Posttest-2) において有意な向上が認められた協調性、競技意欲、協調性 (因子) は、ノンバーバル (非言語的) ・バーバル (言語的) コミュニケーションスキルを向上させるプログラムやプラス思考で人間関係を築くための方法の紹介・実践が影響したと考える。特に、N ボクシングジムが挨拶の徹底をしていることから、挨拶というコミュニケーションスキルの意味や効果、挨拶をするときの呼吸法や笑

顔という人バーバルコミュニケーションについても詳しく説明し、その意義と効果を徹底して解説したことは、選手の協調性の向上に貢献したのではないかと考える。またモチベーションを高める目標設定や練習日誌の活用についての講習やプログラム実施がこの分析結果に影響を与えたのではないかと考察した。

今後の課題として、本研究で実施した12回の講習会によるメンタルトレーニング指導や週1回の学生メンタルトレーニングコーチによる心理的サポートは、講習会の時間しか指導ができない、また週1回の心理的サポートしかできない状況から、本研究の限界も感じた。もし、これが毎日の練習に帯同する専属のメンタルトレーニングコーチという立場であれば、時間的にも内容的にもより深いところでサポートができたかもしれないと考える。しかし、競技成績という点から、この1年間で2名の選手が世界タイトルに挑戦し、東洋太平洋ランカーに2名、日本ランカーにも4名と素晴らしい向上が観察できた。

また内省報告からも、メンタル面強化実施群では、選手や指導者からのポジティブなコメントがあり、メンタルトレーニングを実施したことのポジティブな影響を示唆していた。

特に、トレーナー（指導者）の内省報告では、「講習を始めて受けた時に、この心のトレーニングを、他の技術、体力練習と並行して毎日続ける事が試合の勝利へ確実に結びつくと感じました。」「当初はリラクゼーション、サイキングアップ等ルーティンワークや自分の目標すら明白ではない選手がいましたが、毎日メンタルトレーニングを重ねて行ってその効果が実感でき、やがては試合結果に反映して行くようになりました。今ではジム一丸で取り組んでいます。」「メンタルトレーニングは日本のスポーツ界を変える力を持っています。」等のポジティブなコメントであった。

このような分析結果からは、普通の技術や体力面の練習をしても、メンタル面強化にはつながらないことも検証できたと考える。このことから、指導者が選手の強化という観点において、心技体

のバランスのとれた指導をする必要があると考える。またメンタル面強化の専門家が、このような強化方法があるということ、指導者側に伝える努力をする必要もあるし、指導者側がこのようなメンタル面強化に興味を持ってほしいという点も強く感じる。またメンタル面強化非実施群の内省報告からは、メンタルトレーニングに対する知識や情報がほとんどないことが分析できたが、数名は本などの知識は持っているものの本格的な指導や経験はほとんどなかった。

V. まとめ

本研究は、メンタルトレーニングを実施し、同時に心理的サポートを受けたメンタル面強化実施群と心理面のトレーニングやサポートを全く受けなかったメンタル面強化非実施群を比較することで、ボクサーに対するメンタル面強化の指導やサポートが選手にポジティブな影響を及ぼすであろうという仮説を検証することができたと考える。

またメンタル面強化実施群のDIPCA.3による分析からの有意な向上は、非実施群と比較した時、またメンタル面強化の時期を比較した時、明確にその差が認められたことから、ボクシングという特殊な競技においても他のスポーツ同様にメンタル面強化を実施したほうが良いであろうという結論に達した。

今後は、継続したメンタル面強化はもちろんのこと、非実施群を含むボクシング界にメンタル面強化の輪を広げていく必要があると考える。またメンタル面強化群は、今後もこの試みを継続すると同時にデータ収集や分析も継続していく予定である。さらに、世界チャンピオンに挑戦した2名の選手や東洋ランカーになった選手たちの事例的研究にも幅を広げていく予定である。最後に、東日本ボクシング協会の会長やトレーナーなどの指導者研修会でメンタルトレーニングを紹介する機会、格闘技のメンタルトレーニング（ベースボールマガジン社）²³⁾ という本を出版したことは、

今後のボクシング界への貢献につながると考える。

参考・引用文献

- 1) 中込四郎：競技生活の心理サポート；スポーツメンタルトレーニング教本 大修館書店 10-14, 2005.
- 2) 吉川政夫：トレーニング可能な心理的スキル；スポーツメンタルトレーニング教本 大修館書店 15-19, 2005.
- 3) 荒木香織：特集トップアスリートの心理学；トップアスリートに対する心理的サポートの世界的潮流 体育の科学 第62巻 第8号 566-570, 2012.
- 4) 立谷泰久：ロンドンオリンピックに向けたJISSの心理サポートの取り組み 日本体育学会第63回大会予稿集 41, 2012.
- 5) 立谷泰久：特集トップアスリートの心理学；オリンピック選手の心理的サポート；JISSにおける取組 体育の科学 第62巻 第8号 571-575, 2012.
- 6) Maria Luisa Guinto-Adviento：Boxing in the Philippines; Tracing the Footsteps of a Legendary Fighter Keynotes Symposia in The ISSP 13th World Congress of Sport Psychology Program 1-2, 2013.
- 7) 高妻容一：メンタルトレーニングへの期待と導入；スポーツメンタルトレーニング教本 大修館書店 20-24, 2005.
- 8) 小松健一・高妻容一：高校野球選手に実施した心理的サポートが心理的競技能力に与える影響 メンタルトレーニングジャーナル 第5巻 5-13, 2011.
- 9) 高妻容一・小石秀樹：オリンピック候補選手の心理的側面についての一考察 東海大学スポーツ医学雑誌 第23号 57-64, 2011.
- 10) 来田：宜幸 大学硬式野球部を対象としたチーム風土の改善・向上の取り組み実践事例 メンタルトレーニングジャーナル 第7巻 45-12, 2013.
- 11) 石井聡・高妻容一：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について（その2）東海大学スポーツ医学雑誌 第18号 69-78, 2006.
- 12) 小西徹・高妻容一・寺尾保：音楽呈示が生体に及ぼす影響：音楽と心身のリラクゼーション 東海大学スポーツ医学雑誌 第21号 67-73, 2009.
- 13) 栗原啓・高妻容一：若手レーシングドライバーに

- 対する心理的サポートの影響について（その1）東海大学スポーツ医学雑誌 第22号 37-44, 2010.
- 14) 穴戸渉・高妻容一：K県中学生選抜バスケットボールチームにおける心理的サポートの試み 東海大学スポーツ医学雑誌 第23号 65-70, 2011.
 - 15) 高妻容一・石井聡：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について（その3）東海大学スポーツ医学雑誌 第18号 79-88, 2006.
 - 16) 高妻容一・石井聡：講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について（その4）東海大学スポーツ医学雑誌 第20号 49-59, 2008.
 - 17) 高妻容一・栗原啓：若手レーシングドライバーに対する心理的サポートの影響について（その2）東海大学スポーツ医学雑誌 第22号 45-54, 2010.
 - 18) 高妻容一・穴戸渉：中学生年代のバスケットボール選手への心理的サポートの影響 東海大学スポーツ医学雑誌 第24号 79-86, 2012.
 - 19) 村田諒大：101%のプライド 幻冬舎 74-80, 2012.
 - 20) 高妻容一：今すぐ使えるメンタルトレーニング；選手用 ベースボールマガジン社 2002.
 - 21) Duncan Simpson and Craig Wrisberg Fail to Prepare, Prepare to Fail: Professional Boxers' Experiences of Training The Sport Psychologist Vol.27, Number2, 109-119, 2013.
 - 22) 鈴木千比呂・鈴木英子：ボクサーの実態と不安に関する研究 日本保健福祉学会誌10, 41-51, 2004.
 - 23) 高妻容一：格闘技のメンタルトレーニング ベースボールマガジン社, 2014.



東海大学における過去5年間の スポーツサポート活動の報告と 今後の展望について

花岡美智子 (体育学部競技スポーツ学科) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)
中村 豊 (体育学部生涯スポーツ学科) 宮崎誠司 (体育学部競技スポーツ学科)

Report on Sport Support Activities of the Past Five Years in Tokai University and Future Development

Michiko HANAOKA, Tamotsu TERAOKA, Yutaka NAKAMURA and Seiji MIYAZAKI



Abstract

The Tokai University sports support club medical section has done the sports support activity at 5 years from 2010 through 2014.

The purpose of study is to investigate a change and the tendency of the user of this period, and to examine future development.

The number of users using sports medical clinic was 1,029 people. The most frequent part was 280 cases with a knee joint (27.2%). The damage of the anterior cruciate ligament was frequent for a case.

The day when injury consultation was performed was 452 days, and the people who used it were 2352. The people who used it for the first time were 383. Use of ultrasound wave was the most, 1718 times, 70% of the people who came had using ultrasound waves.

The sports support activity of the medical section in Tokai University passes through 5-year activity, and a stable user is seen, and it is suggested that the activity has been recognized by this investigation.

It seems necessary to be devising the thing which improves the quality of the student staff and the public relations to utilize the present facilities more widely to carry on sport support activity more effectively from now on.

The use of the overtime was 756 people, and the use in the time and an about the same tendency were seen about the club of the user, the injury part.

The use of the stretching and the massage was frequent in addition to the use of the physiotherapy in the use item.

It is thought that I can provide better support by improving quality of the student staff in future.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 81-89, 2015)

I. 緒言

東海大学スポーツ医科学研究所はスポーツサポートシステムとして、学内の体育会所属クラブを対象に、総合的なスポーツ医科学支援活動を行っている。スポーツサポートシステムは、トレーニング・科学的サポート・メンタルサポート・栄養サポート・メディカルサポートの計5つの部門からなり、その中でもメディカル部門はスポーツ傷害の予防やコンディショニング、アスレティックリハビリテーションの活動を主に行っている部門である。活動は、スポーツサポート研究会に所属する学生が中心となり、週4日の傷害相談、週2回のスポーツメディカルクリニック補助、各クラブにおける学生トレーナー活動などを実施している。これらの活動は、先述したスポーツサポート研究会が2010年に設立したことを機に本格的に開始され、2014年で5年目を迎えることとなった。

これまでメディカル部門の活動報告として、花岡¹⁻⁵⁾は週に4日行われている傷害相談の利用状況や学生トレーナーのクラブ活動帯同状況を調査し、年々傷害相談の利用者が増加傾向にあり、学内スポーツ選手が怪我から復帰する際に利用するサポートとして認知されつつあることを報告している。

スポーツ選手にとって、怪我をしないことやより良いコンディションで練習や試合に臨むことは言うまでもなく大切なことである。また怪我をした後の迅速な救急処置や復帰に向けての適切なリハビリテーションの処方、選手の早期復帰を助け、コンディショニングを図る上でも極めて重要なことである。そこで、メディカル部門の活動を今後より充実させ、一人でも多くの学内スポーツ選手のコンディショニングの一助となるために、これまでの5年間の利用状況の変化と傾向をまとめ、改善策を検討していくこととする。

II. 方法

スポーツサポート研究会メディカル部門に所属する学生トレーナー（以下：学生トレーナー）は、東海大学のスポーツ選手に対するコンディショニングとして、主に週2回のスポーツメディカルクリニックと、週4回の傷害相談を行っている。また、学内体育会クラブに帯同し、チームに対するサポート活動を行っている。

III. スポーツメディカルクリニックの利用状況

1 調査期間

調査期間は2010年9月から2014年12月までである。スポーツメディカルクリニック（以下クリニック）はスポーツ医科学研究所の施設である評価・処置室（以下処置室）を使用し、月曜日と金曜日の原則週2回、大学教員であるスポーツドクターが東海大学学生並びに教職員に対し、診察を行っているサポート活動である。

2 データ収集及び分析

処置室に診察に訪れた選手の学生証番号、傷害部位、傷害名を、カルテを元に記録した。記録はFile maker Proで作成した「クリニックカルテ」に打ち込み、集計を行った。

3 利用状況

2010年から2014年の5年間におけるクリニックを受診した利用者の総数は1029名であった。学年別では、1年生が最も多く319名（31.0%）、次いで2年生309名（30.0%）、3年生258名（25.1%）、4年生113名（11.0%）の順であった。（表1、図1）

利用者を部位別で見ると、5年間で膝関節が最も多く280件（27.2%）であり、症例としては前十字靭帯の損傷が多く見られた。次いで下腿部131件（12.7%）、足部125件（12.1%）、足関節124

表1 過去5年間のスポーツメディカルクリニックの利用者数（学年別）
Table 1 The number of users of the Sports Medical Clinic for the past five years. (each grade)

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	計
1年	38	78	136	30	37	319
2年	40	73	90	71	35	309
3年	36	78	75	46	23	258
4年	6	30	27	35	15	113
その他	10	0	19	1	0	30
	130	259	347	183	110	1029

(単位:名)

(名)

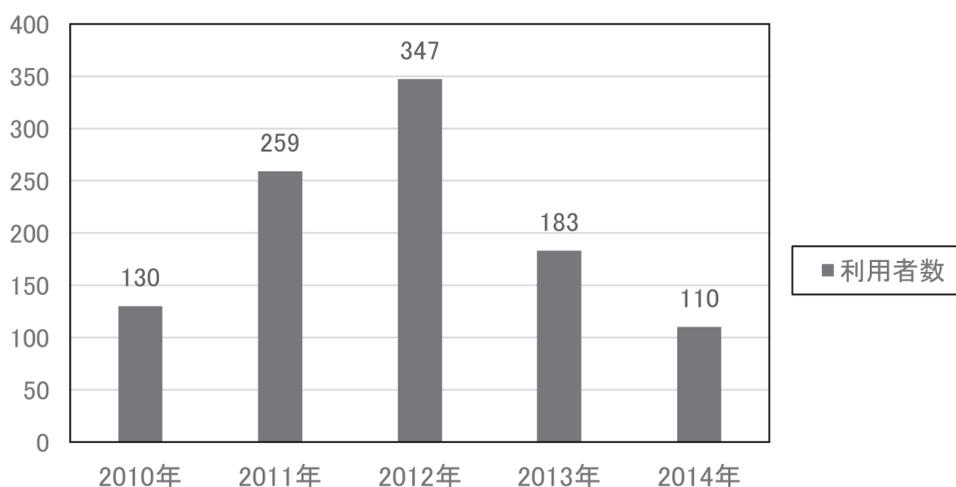


図1 過去5年間のスポーツメディカルクリニックの利用者数（年別）
Fig 1 The number of Sports Medical Clinic users for the past five years. (by years)

件（12.0%）と続き、下肢の傷害が多く見られた。（表2）

時30分である。このサポートを利用することが可能な者は、クリニックを受診し医師の診断及びリハビリテーションの指示を受けた選手、もしくは学生トレーナーが帯同しているクラブチームの選手である。

IV. 傷害相談の利用状況

1 調査期間

調査期間は傷害相談を開始した2010年9月から2014年12月までである。傷害相談はスポーツ医科学研究所の施設であるリハビリテーション&リコンディショニング室（以下リハ室）を利用し、月・火・水・金の計週4日実施している。開室時間は月・火・金が17時～20時、水曜日が17時～18

2 データ収集及び分析

リハ室を利用した選手の学生証番号、氏名、性別、所属クラブ、傷害部位、傷害名、利用項目を、独自に作成した「利用者ログ」に記録した。また始めて訪れた選手には「初診カード」を作成した。

記録の集計については、2010年は記録用紙より

表2 過去5年間のスポーツメディカルクリニックの利用者数(部位別)
Table 2 The number of Sports Medical Clinic users for the past five years. (each part)

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	計
膝関節	34	81	90	51	24	280
下腿部	13	25	43	32	18	131
足部	17	32	36	28	12	125
足関節	16	32	37	25	14	124
腰背部	12	18	32	13	11	86
大腿部	11	17	24	11	6	69
肩関節	11	16	23	5	11	66
肘関節	2	3	34	2	5	46
手指部	2	12	8	6	3	31
手関節	6	3	4	1	3	17
その他	6	22	16	9	3	56
	130	261	347	183	110	1031

(単位:件)

集計を行い、2011年以降は記録用紙のデータをFile maker Proで作成したファイルに打ち込み、集計を行った。

3 時間内利用について

1) リハ室利用者数

2010年から2014年の5年間における傷害相談の総開室日数は452日であった。総利用者数は2352名で、そのうち初診を受けた新入室者数(以下初診者数)は383名であった。一年の平均利用者数は470.4名で平均初診者数は76.6名、一日当たりの平均利用者数は5.20名、であった。(表3、図2)

リハ室の開室日数は、2010年は9月の秋 Semesterより傷害相談を開始したため47日と他の年数の約半数の開室日数となっているが、2011年以降はほぼ同程度の日数であった。

初診者の内訳は、男子が92名(47.2%)、女子103名(52.8%)であり、女子がやや高い傾向を示した。学年別では、2年生が最も多く116名(30.3%)、次いで3年生103名(26.9%)、1年生92名(24.0%)、4年生66名(17.2%)であった。所属クラブ別では、ハンドボール部が最も多く88名(23.0%)、次いでバスケットボール部67名

(17.5%)、バドミントン、陸上競技それぞれ41名(10.7%)の順で多く、傷害部位は膝関節が最も多く76件(19.1%)、次いで下腿部64件(16.1%)、足関節54件(13.6%)の順であった。

5年間の総利用者数は男子796名(33.8%)、女子1556名(66.2%)の計2352名であり、学年では2年生が885名(37.3%)、3年生606名(25.8%)、1年生574名(24.4%)、4年生275名(11.7%)であった。所属クラブ別ではハンドボール部が最も多く750名(31.9%)、次いで陸上競技部360名(14.5%)、バドミントン部264名(11.2%)、バスケットボール部255名(10.8%)、ラクロス192名(8.2%)であった。傷害部位としては膝関節が最も多く497件(20.7%)、次いで下腿部487件(20.3%)、足関節の358件(14.9%)の順であった。(表4、表5)

2) 利用項目について

利用項目別では、超音波の利用が最も多く1718回、次いで干渉電流型低周波治療器ステレオダイネーター(以下ステレオ)が571回、ホットパックが530回であった。利用項目の総利用回数を総利用者で除した利用率では、超音波が73.0%と突

表3 過去5年間の傷害相談利用者数

Table 3 The number of injury consultation users for the past five years.

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	計
開室日数(日)	47	100	99	98	108	452
利用者数(名)	229	332	603	786	402	2352
初診者数(名)	30	53	112	99	89	383
一日当たりの利用者数 (名)	4.87	3.32	6.09	8.02	3.72	5.20

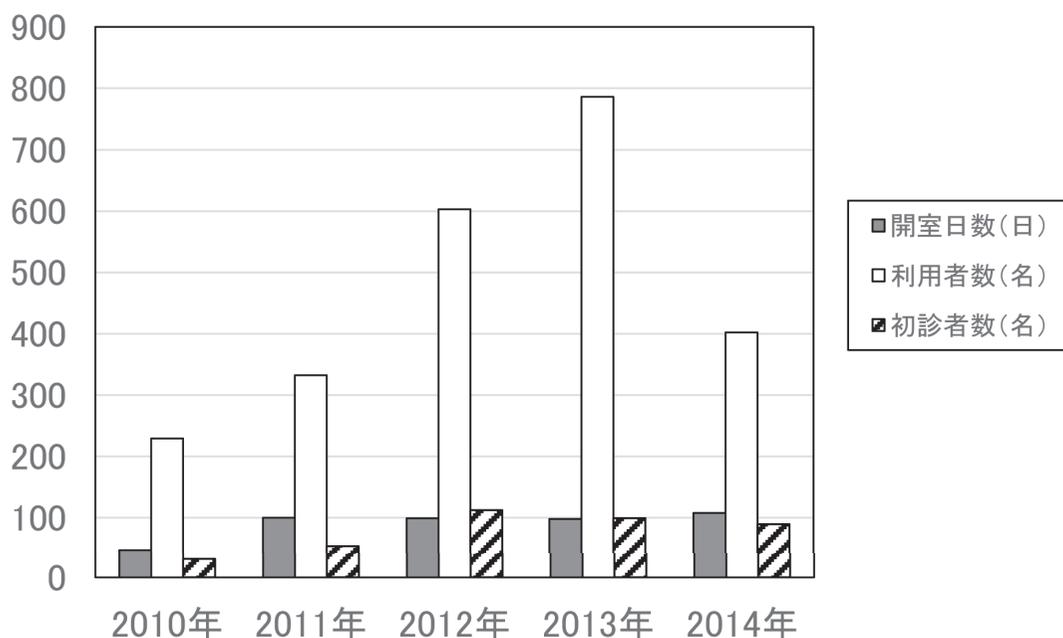


図2 過去5年間の傷害相談利用者数

Fig 2 The number of injury consultation users for the past five years.

出しており、来室した選手の7割強が超音波を利用していることが明らかとなった。また、2013年に導入された反重力トレッドミル (Alter G) の利用率も25.7%と2番目に多く、来室者の4分の1に相当する選手が利用している現状が明らかとなった。

4 時間外利用について

リハ室は原則傷害相談を実施している時間帯に

開室が限定されているが、学生トレーナーが帯同しているチームに所属する選手においては、時間外の開室・利用が認められている。傷害相談の開室時間は、多くの学内クラブにとって練習時間と重なっており、利用しづらい状況となっている。しかし怪我を抱えながら競技を行っている選手や、競技復帰明けでケアが必要な選手、物理療法などの機器を使用したコンディショニングが必要な選手等は練習前後の時間や休日にもリハ室を利用

表4 過去5年間の傷害相談利用者数（所属クラブ別）
Table 4 The number of injury consultation users for the past five years. (each club)

所属クラブ名	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	計
ハンドボール部	25	92	144	255	234	750
陸上競技部	89	31	76	108	36	340
バドミントン部	46	41	45	108	24	264
バスケットボール部	16	59	100	52	28	255
ラクロス部	11	23	45	109	4	192
体操競技部	0	3	56	8	39	106
チアリーディング部	19	44	24	16	2	105
バレーボール	0	0	9	68	12	89
硬式テニス部	14	5	45	8	0	72
柔道部	0	3	27	22	18	70
その他	9	31	32	32	5	109
	229	332	603	786	402	2352

(単位:名)

表5 過去5年間の傷害相談利用者数（部位別）
Table 5 The number of injury consultation users for the past five years. (each part)

部位別	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	計
膝	54	26	146	204	67	497
下腿	61	50	108	158	110	487
足関節	26	58	81	161	32	358
足部	39	17	37	72	55	220
腰	16	19	64	71	25	195
大腿部	7	57	59	46	11	180
肩	7	14	39	25	29	114
手関節	6	20	4	16	29	75
肘	9	8	38	3	10	68
手指	0	0	0	19	30	49
不明・その他	7	111	26	11	4	159
計	232	380	602	786	402	2402

(単位:件)

表6 過去5年間の利用項目と利用率
Table 6 Use item and availability for the past five years.

利用項目	2010年 (件)	2011年 (件)	2012年 (件)	2013年 (件)	2014年 (件)	計	利用率 (%)
超音波治療器	190	279	437	553	259	1718	73.0
干渉電流型低周波治療器 ステレオダイネーター	52	83	164	179	93	571	24.3
ホットパック	81	62	150	197	40	530	22.5
アイシング	11	36	80	142	60	329	14.0
Alter G	未導入	未導入	未導入	184	121	305	25.7
バイブラバス	17	74	30	132	30	283	12.0
運動療法	18	1	0	62	25	106	4.5
その他	0	13	22	147	65	247	10.5
計	369	548	883	1596	693	4089	

し、コンディショニングに当たっていることが多い。

そこで、リハ室の時間外利用を行った際、帯同している学生トレーナーが傷害相談で用いたファイルのフォーマットを使用し、各クラブでデータを打ち込み、その記録を集計した。

2014年、時間外にリハ室を利用したクラブは、女子バレーボール部、女子ハンドボール部、男子バスケットボール部、女子バドミントン部の計4つのクラブであった。

利用総数は279名で、最も多く利用が見られたのは、女子ハンドボール部の126名、次いで男子バスケットボール部76名であった。

2013年の時間外利用に関しては、男女7クラブの選手計756名の利用が見られた。部位では足関節での利用が最も多く58件、次いで膝関節46件、下腿部41件の順であった。利用項目としては超音波治療器が最も多く247件、次いでアイシング103件、ステレオ62件、ストレッチング48件であった。

IV. 考察

1 利用状況について

スポーツサポートシステムの一環としてのメディカル部門の活動が、学生を中心に本格化して5年が経過し、その成果はスポーツメディカルクリニックや傷害相談の利用状況からも推察することが出来る。

スポーツメディカルクリニックを受診した人数は2012年の347名を機に2013年、2014年と減少傾向が見られるが、5年間で1000名を超える選手が利用したこと、年間100名以上の選手が常時利用していることが明らかとなった。クリニックが実施されているのは月曜日と金曜日の17時～19時と、かなり時間に制限がかけられている。体育会クラブに所属する選手が利用する際には、練習時間との調整で受診しづらい面もあるが、定期的な利用者が得られていることから、学内においてスポーツドクターから診察を受けることが出来る貴重な機会であり需要の高いサポート活動であると言える。

傷害相談の利用に関しても5年間で2000名を超える利用が見られ、近年では年間500名前後の利

用が見られた。年ごとの利用者数を比較すると2014年は昨年（2013年）の利用者数786名から大きく減少が見られたが、これは先述したクリニックを受診した選手が減少したことに影響を受けていると思われる。傷害相談を利用する際には、安全対策の面からも、原則クリニックにおいて医師の診察を受け、その医師の指示により、物理療法や運動療法を処方され、来室することになっている。そのため、クリニックを受診した選手が減少したことに伴い、2014年の傷害相談の利用も減少したと考えられる。

時間外利用に関しても学生トレーナーが帯同しているチームによる利用が300名近くあり、練習時間後のアフターケアとしての利用や、休日や空き時間のケアや運動療法実施のための利用が見られた。

利用者の特徴として、学年では2、3年生の利用が多く見られた。これはこの学年がチームの主力として活躍する機会が多いからではないかと思われる。所属としてはハンドボール部やバドミントン部、バスケットボール部などクラブに学生トレーナーが帯同しているチームの利用が多く見られた。また学生トレーナーが帯同していない陸上競技部の利用も多く、これは陸上競技が個人競技であり、比較的練習時間の調整がしやすかったことで、開室時間に利用が多く見られたのではないかと思われる。

部位別では膝関節、下腿部、足関節と下肢の傷害が多くみられた。クリニックを受診した選手の部位の調査においても同部位の受診が多く見られており、その影響を受けていると思われる。

利用項目では超音波やステレオなど物理療法の利用が高く、受傷後の早期回復を助けたり、運動後のアフターケアとして利用している傾向が多く見られた。また近年では反重力トレッドミル（Alter G）が導入されたことを受け、特に下肢の傷害を有する選手の運動療法として利用する機会も多く見られ、来室する選手の25.7%、約4分の1がAlter Gの利用を目的に来室していた。

2 まとめ

スポーツメディカルクリニックや傷害相談など、東海大学におけるメディカル部門のスポーツサポート活動は5年間の活動を経て、安定した利用者数が見られ、活動自体も認知されてきたことが本調査より示唆される。

また、超音波治療器や2011年に設置されたAlter Gの利用率は非常に高く、選手がコンディショニングをしていく上で非常に効果的であることが伺える。このような機器は高額なものではあるが、コンディショニングを行う上では幅広い症例に活用が可能であり、本学リハ室のように多くのスポーツ選手が利用する場所への導入・設置は非常に意義のあるものだと考えられる。さらに、Alter Gは国内大学における導入はまだ数校であり、トレーニングプログラムやリハビリテーションにおける段階的プログラムの構築など、研究題材としても活用されており、スポーツサポート活動のみならず研究目的としてもその使用の幅は広がっていると言えよう。

現在、このスポーツサポート活動に参加している学生はメディカル部門45名中27名であり、スポーツメディカルクリニック開室時には3名、傷害相談開室時には2名が補助やシフトとして入り活動を行っている。また21名が学内体育会12のクラブにおいて学生トレーナーとして活動しており、リハ室の時間外利用を始め、練習時間中のウォーミングアップやクーリングダウンの指示、リハビリテーションメニューの提供などの活動を積極的に行っている。2014年度も複数のクラブにおいて全日本大学選手権大会などで優勝や準優勝、ベスト4などの成績が修めており、学生トレーナーの活動もこのような成績を修めるために少なからず貢献出来たのではないかと思われる。

今後、本学におけるスポーツサポート活動をより有効なものにしていくためには、彼ら学生スタッフの質の向上は必要不可欠なものであると思われる。また、2014年度は利用者数が減少しているため、現在の施設をより広く活用してもらおうべく、多くの人に認知してもらえるような広報もま

た工夫していく必要があるのではないかとと思われる。

参考文献

- 1) 有賀誠司: 大学スポーツ選手に対するスポーツ医・科学サポート～東海大学における総合的サポートシステムの事例～. 体育の科学 Vol.54 No.4.281-286,2004
- 2) 花岡美智子、寺尾保、有賀誠司、高妻容一、中村豊、宮崎誠司: 東海大学におけるスポーツ医・科学サポートの可能性について～スポーツサポート研究会メディカル部門の試みから～. 東海大学スポーツ医科学雑誌 第23号83-88.2011
- 3) 花岡美智子、寺尾保、中村豊、宮崎誠司: 東海大学生を対象としたコンディショニングサポートに関する一考察. 東海大学スポーツ医科学雑誌 第24号93-96.2012
- 4) 花岡美智子、寺尾保、中村豊、宮崎誠司: 大学生アスリートに対するコンディショニングサポートの現状と今後の可能性について. 東海大学スポーツ医科学雑誌 第25号61-67.2013
- 5) 花岡美智子、寺尾保、中村豊、宮崎誠司: 東海大学生を対象としたコンディショニングサポートの活動報告. 東海大学スポーツ医科学雑誌 第26号133-140.2014



荷重負荷を変化させた走運動後の 等速性膝伸展・屈曲筋力の変化

宮崎誠司 (体育学部競技スポーツ学科) 小山孟志 (スポーツ医科学研究所)

上水研一朗 (体育学部武道学科) 井上康生 (体育学部武道学科)

位高駿夫 (順天堂大学大学院 スポーツ健康科学研究科) 塚田真希 (東京女子体育大学体育学部体育学科)

川又 睦 (体育学部競技スポーツ学科 学部生) 鈴木裕太 (体育学部競技スポーツ学科 学部生)

増田悠里 (体育学部競技スポーツ学科 学部生)

Isokinetic Strength of Knee Extensor and Flexor Muscles After Running that changed the Weight load

Seiji MIYAZAKI, Takeshi KOYAMA, Kenichiro AGEMIZU, Kosei INOUE, Toshio ITAKA,
Maki TSUKADA, Chika KAWAMATA, Yuta SUZUKI and Yuri MASUDA



Abstract

After running of changing the weight bearing, the isokinetic muscle strength of 60deg / sec at 20 consecutive knee extension-flexion was measured in six healthy young people. Changes in body weight load was carried out in 60,80,100,120% by using the anti-gravity treadmill as Lower body positive pressure system (LBPPS) (AlterG). Although extensor strength is reduced by 20 times of exercise, there was no significant difference before and after the running. Flexion muscle strength is not observed significant differences in changes in body weight load. There was a significant difference as it is not a case of performing the running regardless of weight bearing. Efficacy was suggested to anti-gravity training in rehabilitation.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 27, 91-97, 2015)

I. はじめに

持続した運動に伴い筋は、疲労と呼ばれる収縮力の低下をもたらす。また筋への負荷をかけることが筋肥大や萎縮の防止につながる。しかし、高重量を持つアスリートは走運動後の下肢の疲労感強く、走運動後の練習に支障が出るばかりか、

持続した運動に伴う筋出力の低下により、身体を支え保持する能力の低下を来し膝関節や足関節の外傷・障害の要因になることがある。

また反重力トレッドミル（以下 AlterG：Anti-Gravity Treadmill®；Alter-G, Inc.）に代表される Lower body positive pressure system (LBPPS) は大腿四頭筋を中心とした筋活動を抑制できることから下肢への負荷を軽減できる走運動が可能であ

ることが期待される。われわれは荷重量の軽減時には同じ速度での運動よりも心肺への負荷が少ないが、その免荷量ごとの反応は一定ではないこと、免荷量への反応は個体そのものが持つ等速度性膝伸展・屈曲筋力との相関はないことを報告している^{1) 2)}。

これまでには、荷重運動である走運動後の筋出力の変化を調べた研究は見当たらない。ましてや荷重負荷の増減をした後の筋出力の変化はもちろんである。本研究では荷重を変化させた走運動後の筋出力を等速度性膝伸展・屈曲筋力を指標として調査した。

II. 対象と方法

1 対象

19歳から22歳の男子大学生で、体育会などの運動部に所属しておらず、日常の運動頻度は週1から2回程度の健常者6名を対象とした。対象者は下肢の外傷・障害について、既往並びに現在愁訴などが全く存在しないものである。平均身長 173.6 ± 3.6 (169-177) cm、平均体重 70.7 ± 1.8 (68.6-73.5) kg、平均BM 23.5 ± 0.9 (22.7-24.3) である。等速度性膝伸展・屈曲最大トルク (PT) は伸展 218.5 ± 28.2 (180-254) N・m、屈曲 131 ± 21.7 (88/148) N・m、Q/H比は 59.9 ± 7.5 (48.9-71.3) であった。体重KgあたりのPT (PT/BW) は伸展 3.1 ± 0.3 (2.6-3.5) N・m/kg、屈曲 1.8 ± 0.3 (1.3-2.0) N・m/kgであった。また本研究の対象者には、本研究の参加にあたって、口頭及び書面にて十分に説明を行い、本人の署名によって同意を得た。なお、本研究は東海大学湘南キャンパスの「人を対象とする倫理委員会」の承認を得て実施した。

2 方法

一定速度、時間の走運動の後、20回連続した等速度性膝伸展・屈曲筋力の測定を行った。コントロールとして走運動を行わない等速度性膝伸展・

屈曲筋力の測定を行った。

1) 等速度性膝伸展・屈曲筋力の測定

能動型伸展・屈伸回転運動装置であるイージーテックプラス (インターリハ株式会社製) を用いて両側等速度性膝関節伸展屈曲を行った。被験者は、専用のシート上で座位姿勢をとり、体幹と大腿部をベルトで固定した。さらに足関節背屈可能な長さにあるアームを下腿に固定し、角速度60deg/secで右左の順番に膝関節の屈曲と伸展を20回ずつ行った。動作になれないものは十分に練習してから測定した。その一回の動作の中での最大トルク (PT) 値を等速度性最大筋力とした。

2) 等負荷走運動

走運動ならびに荷重量の調整はAlterGを用いて60%,80%,100%,120%の荷重条件で行った。100%は免荷重なし (0%免荷重) である。120%においては、測定直前の体重測定に基づき500g単位で調整できるウエイトジャケットを用いて体重の20%の重量を着用させた。走運動は時速8km、傾斜1度で30分間の等負荷走運動を行い、走運動中は心拍数 (10秒毎:ポラール・エレクトロ・ジャパン株式会社製)、主観的運動強度 (1分毎: Borg Scale) の測定をおこなった。

3) 解析

走運動の後の1回の伸展屈曲動作の最大トルク (PT) 値、体重あたりのPT (PT/BW)、筋疲労度を表すものとして最大PTに対する低下率をCLARKEらの報告に準じてStrength Decrement Index (SDI) として左右ごと伸展屈曲に分けて、60%,80%,100%,120%の荷重条件並びにコントロールとしての走運動をしない (走なし) 群を比較した。

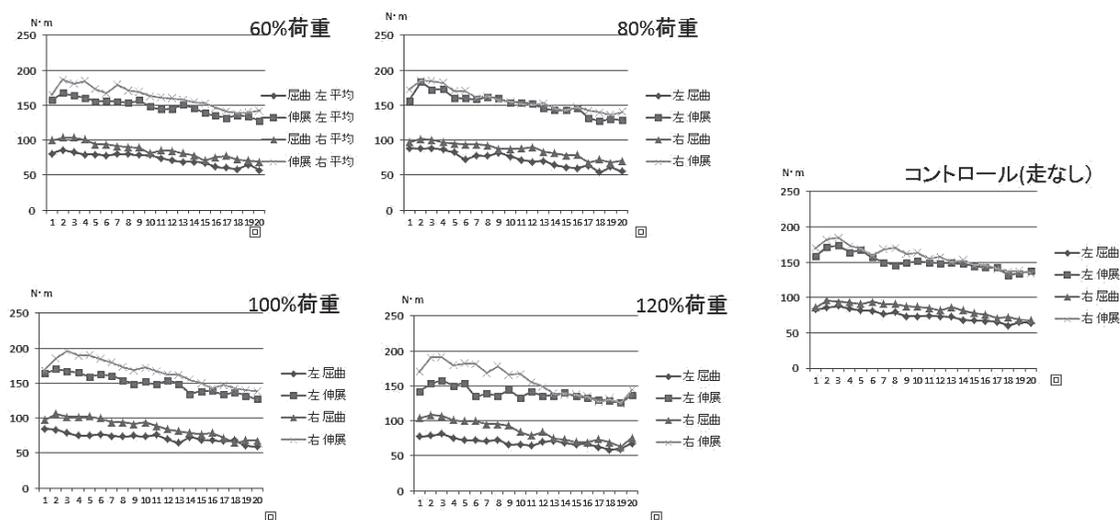


図1 走運動後のPT（ピークトルク値）の比較
Fig 1 average of PT after running

Ⅲ. 結果および考察

1. 最大トルク (PT) 値

20回の試技において走なし群、免荷量の変化をした走運動の後ではいずれも回数を増すごとにPTは低下していた(図1)。左右の筋力差は80%の荷重負荷の伸展以外すべての条件において有意差を認めた ($p < 0.05$, paired t-test)。伸展のPTにおいては最大値、平均値において右伸展の120%と80%の組み合わせ以外どの組み合わせやコントロールとの比較においても有意差は認めなかった ($P < 0.05$ one-way ANOVA)。屈曲においては走なし群と走運動をしたすべての荷重条件において有意差 ($P < 0.05$) を認めた。

2. 体重あたりの最大トルク (PT/BW) 値

120% 荷重負荷における伸展(右)のPT/BW ($N \cdot m / kg$) は平均 2.24 ± 0.38 (平均最大値 2.78 ± 0.31 、平均最小値 1.69 ± 0.41)、100% 荷重負荷における伸展(右)のPT/BW は平均 2.39 ± 0.35 (平均最大値 2.88 ± 0.47 、平均最小値 1.89 ± 0.30)、80% 荷重負荷における伸展(右)のPT/BW は平均 2.27 ± 0.51 (平均最大値 2.78 ± 0.53 、平均最小値

1.84 ± 0.43)、60% 荷重負荷における伸展(右)のPT/BW は平均 2.31 ± 0.44 (平均最大値 2.80 ± 0.47 、平均最小値 1.82 ± 0.41)、コントロール(走運動なし)の伸展(右)のPT/BW は平均 2.46 ± 0.26 (平均最大値 3.04 ± 0.35 、平均最小値 2.00 ± 0.19)であった。

120% 荷重負荷における伸展(左)のPT/BW は平均 2.03 ± 0.50 (平均最大値 2.39 ± 0.50 、平均最小値 1.65 ± 0.47)、100% 荷重負荷における伸展(左)のPT/BW は平均 2.17 ± 0.30 (平均最大値 2.57 ± 0.30 、平均最小値 1.75 ± 0.26)、80% 荷重負荷における伸展(左)のPT/BW は平均 2.23 ± 0.43 (平均最大値 2.70 ± 0.46 、平均最小値 1.79 ± 0.443)、60% 荷重負荷における伸展(左)のPT/BW は平均 2.13 ± 0.31 (平均最大値 2.48 ± 0.33 、平均最小値 1.69 ± 0.31)、コントロール(走運動なし)の伸展(左)のPT/BW は平均 2.21 ± 0.24 (平均最大値 2.66 ± 0.31 、平均最小値 1.80 ± 0.17)であった。

120% 荷重負荷における屈曲(右)のPT/BW は平均 1.20 ± 0.27 (平均最大値 1.55 ± 0.30 、平均最小値 0.84 ± 0.25)、100% 荷重負荷にPT/BW 屈曲(右)のPT は平均 1.21 ± 0.21 (平均最大値 1.54 ± 0.23 、平均最小値 0.81 ± 0.18)、80% 荷重負荷における屈曲(右)のPT/BW は平均 1.20 ± 0.19 (平

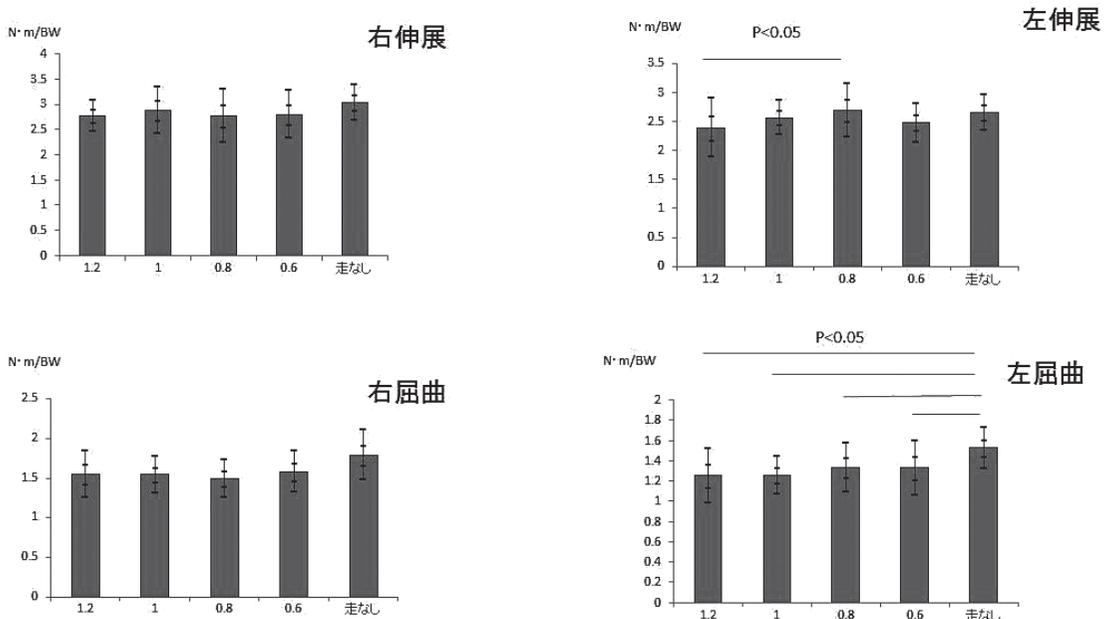


図2 走運動後のPT/BWの最大値の比較
Fig 2 maximum value of the PT / BW after running

均最大値 1.49 ± 0.24 、平均最小値 0.84 ± 0.22)、60%荷重負荷における屈曲(右)のPT/BWは平均 1.24 ± 0.24 (平均最大値 1.58 ± 0.26 、平均最小値 0.97 ± 0.26)、コントロール(走運動なし)の屈曲(右)のPT/BWは平均 1.41 ± 0.24 (平均最大値 1.79 ± 0.31 、平均最小値 1.01 ± 0.21)であった

120%荷重負荷における屈曲(左)のPT/BWは平均 0.98 ± 0.24 (平均最大値 1.25 ± 0.27 、平均最小値 0.73 ± 0.18)、100%荷重負荷にPT/BW屈曲(左)のPTは平均 1.03 ± 0.15 (平均最大値 1.25 ± 0.27 、平均最小値 0.73 ± 0.18)、80%荷重負荷における屈曲(左)のPT/BWは平均 1.04 ± 0.23 (平均最大値 1.33 ± 0.24 、平均最小値 0.68 ± 0.22)、60%荷重負荷における屈曲(左)のPT/BWは平均 1.09 ± 0.22 (平均最大値 1.33 ± 0.27 、平均最小値 0.79 ± 0.11)、コントロール(走運動なし)の屈曲(左)のPT/BWは平均 1.19 ± 0.16 (平均最大値 1.53 ± 0.20 、平均最小値 0.89 ± 0.12)であった。

20回の試技においてコントロール(走なし)、免荷量の変化をした走運動の後ではいずれも回数を増すごとにPT/BWは低下していた。左右の筋

力差は80%の荷重負荷の伸展以外すべての条件において有意差を認めた(p<0.05,paired t-test)。伸展のPT/BWにおいては最大値、平均値において右伸展の120%と80%の荷重条件以外 どの組み合わせやコントロールとの比較においても有意差は認めなかった(P<0.05 one-way ANOVA)(図2)。最小値は組み合わせやコントロールとの比較においても有意差は認めなかった。屈曲においては最大値、平均値においてコントロールと、60%,80%,100%,120%の荷重条件において有意差(P<0.05)を認めた。最小値は組み合わせやコントロールとの比較においても有意差は認めなかった。

3. 低下率 (SDI)

120%荷重負荷における伸展(右)のSDIは平均 39.6 ± 11.5 (26.9-59.2)、100%荷重負荷における伸展(右)のSDIは平均 34.4 ± 5.9 (22.5-38.0)、80%荷重負荷における伸展(右)のSDIは平均 34.4 ± 8.9 (21.4-46.5)、60%荷重負荷における伸展(右)のSDIは平均 35.4 ± 7.6 (23.1-46.9)、コントロール(走運動なし)の伸展(右)のSDIは平

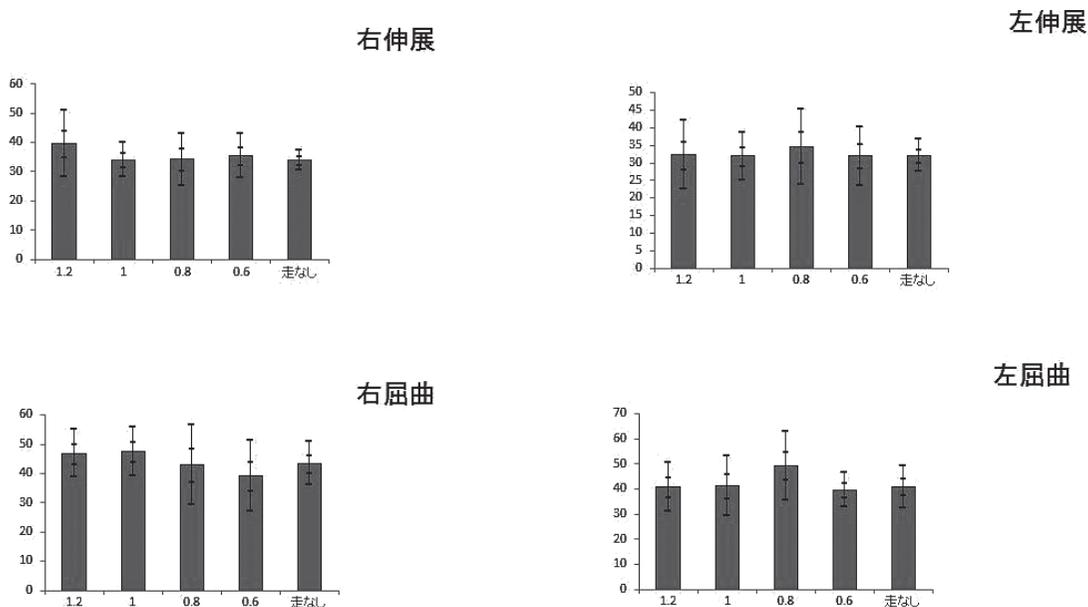


図3 走運動後のSDI (Strength Dcerement Idex) の比較
Fig 3 Comparison of SDI after running

均 34.0 ± 3.5 (29.3-38.2) であった。

100% 荷重負荷における伸展 (左) のSDIは平均 32.3 ± 9.7 (24.4-51.0)、100% 荷重負荷における伸展 (左) のSDIは平均 31.9 ± 6.8 (22.5-38.0)、80% 荷重負荷における伸展 (左) のSDIは平均 34.5 ± 10.8 (22.0-52.3)、60% 荷重負荷における伸展 (左) のSDIは平均 32.0 ± 8.4 (24.0-41.7)、コントロール (走運動なし) の伸展 (左) のSDIは平均 32.2 ± 4.6 (27.7-38.6) であった。

80% 荷重負荷における屈曲 (右) のSDIは平均 46.9 ± 8.2 (41.1-62.9)、100% 荷重負荷における屈曲 (右) のSDIは平均 47.6 ± 8.3 (38.5-59.6)、80% 荷重負荷における屈曲 (右) のSDIは平均 43.0 ± 13.6 (28.2-62.6)、60% 荷重負荷における屈曲 (右) のSDIは平均 39.1 ± 12.1 (17.6-53.1)、コントロール (走運動なし) の屈曲 (右) のSDIは平均 43.5 ± 7.5 (36.0-57.1) であった。

60% 荷重負荷における屈曲 (左) のSDIは平均 41.1 ± 9.7 (30.3-58.1)、100% 荷重負荷における屈曲 (左) のSDIは平均 41.5 ± 11.9 (24.5-53.6)、80% 荷重負荷における屈曲 (左) のSDIは平均

49.4 ± 13.6 (32.4-65.7)、60% 荷重負荷における屈曲 (左) のSDIは平均 40.0 ± 6.8 (32.2-52.1)、コントロール (走運動なし) の屈曲 (左) のSDIは平均 41.1 ± 8.4 (28.9-49.0) であった。

等速度性膝関節伸展屈曲筋力はすべてにおいて運動初期の最大PT値と最小PT値に差を認めたが、低下率の荷重負荷および組み合わせやコントロールとの比較においても有意差は認めなかった (図3)。

4. 運動中の心拍数と自覚的運動強度

最大心拍数は120% 荷重負荷においては平均 171.3 ± 15.8 (149-187) bpm, 100% 荷重負荷においては平均 151.3 ± 17.1 (132-176) bpm, 80% 荷重負荷においては平均 131.7 ± 15.1 (118-160) bpm, 60% 荷重負荷においては平均 121.7 ± 10.9 (112-141) bpm であった。荷重負荷の増加に伴い心拍数の増加を認めたが有意差は120%と60%、80%、100%と60%のみに認めた (図4)。

自覚的運動強度 (Borg scale) 120% 荷重負荷においては平均 16.7 ± 1.6 (15-19) ,100% 荷重負荷に

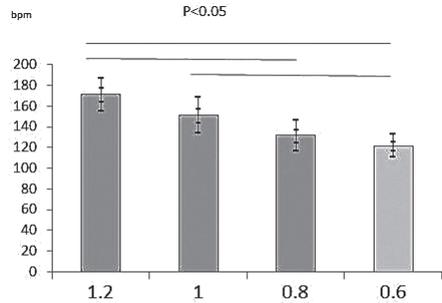
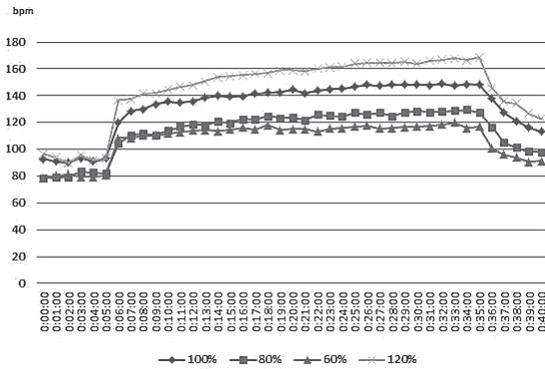


図4 走運動中の心拍数の経過と最大値の比較
Fig 4 Heart rate of time course and the maximum rate in each running

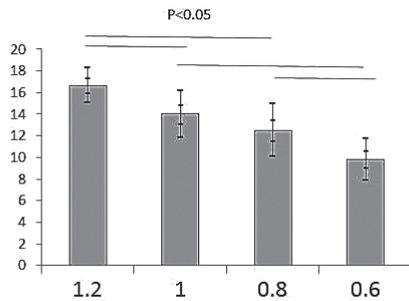
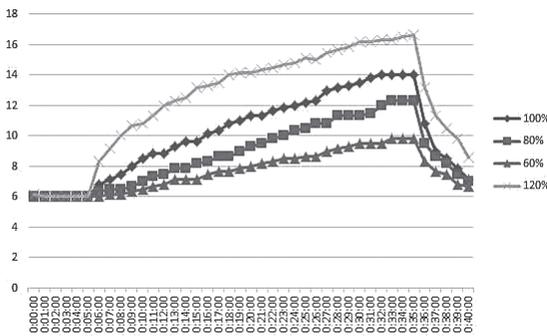


図5 走運動中の心拍数の経過と最大値の比較
Fig 5 Rate of Perceived Exertion of time course and the maximum value in each running

においては平均 14.0 ± 2.2 (10-16)、80% 荷重負荷においては平均 12.5 ± 2.4 (8-15)、60% 荷重負荷においては平均 9.8 ± 1.9 (6-11)であった。100%と80%の組み合わせ以外すべてに有意差を認めた(図5)。

を用いて容易に行うことができる。AlterGは Differential Air Pressure テクノロジーを使用し空気圧差技術を用いて上半身と下半身の空気圧差によって発生した持ち上げ作用によって利用者を持ち上げ、装置のなかで自重の100%~20%まで、1%単位で免荷を行うことができる装置である^{5) 6) 7)}。

IV. 考察

免荷した走運動は心拍数や自覚的運動強度を抑制することができる²⁾。さらに、免荷時には踵部の接触ピーク圧は免荷量の増加に伴い減少荷重変化と筋活動などの研究が行われている。免荷時には大腿四頭筋の負荷が減じ、ハムストリングや下腿の筋活動は変化しないという報告もある^{3) 4)}。免荷した走運動は反重力トレッドミル(以下 AlterG: Anti-Gravity Treadmill®: Alter-G, Inc.)

走運動だけでなく、運動後に筋疲労状態となり筋出力の低下をきたすことは運動選手ではよく見られる現象である。また筋疲労状態ではとくに下肢において身体を支持する機能に影響し、動的アライメントの変化をきたし、靭帯損傷や半月板などの関節外傷や骨、筋肉への外傷、障害も起こしやすい。本研究の設定である8kmというそれほど速くない運動においても膝屈筋は運動をしない状態と免荷重をしておきの運動にも差がみられた。筋疲労の研究は CLARKE らの SDI (Strength

Dcrement Index) がよく用いられる⁸⁾。筋出力の低下は神経筋移行部のアセチルコリン放出の低下や心肺機能のエネルギー源や酸素供給の低下などが考えられる。CLARKEらの研究では角速度180deg/secでの60回連続運動によるもので、今回は最大筋力に近い低速度60deg/secで行ったため20回でも十分な低下がみられた。またすべての試技は右→左の順に行い、しかも左右差がみられたのは神経筋移行部のアセチルコリン放出量では説明できない。ATP合成能の差である可能性が高く、それには局所の代謝機能と血流に伴う酸素・エネルギー供給の相対的低下によるものと考えられる。

本研究において走運動後の等速度性膝伸展屈曲筋力においては大腿4頭筋を中心とした膝伸展筋力はAlterGを用いた免荷ならびに過荷重後も差はなく運動前と比べても落ちることはなかった。

しかしハムストリングを中心とした膝屈曲運動は走運動の免荷重・過荷重量に変わず走ることによって低下を見ている。免荷量に伴う荷重量の低下や、心肺機能の軽減特に自覚的強度の軽減は運動初期の導入に有用であるが、免荷重をしても膝屈曲は疲労状態になりやすいことを考慮すべきである。しかし、膝伸展筋には免荷をすることで負荷を減らすことができる。これは、屈筋よりも筋肥大や筋出力の回復が遅れがちである四頭筋は委縮がみられる段階でも走運動が可能と考える。また靭帯や軟骨の外傷・障害、術後に関節に荷重負荷をかけたくない状況や心拍を上げる運動の導入においては走るという地面を中心とした closed kinetic chain である膝、股関節までの運動をこれまでよりも早期にできるものとする。

いものとの有意差は認めなかった。屈曲は荷重量の変化の中では有意差はないが、免荷量に関係なく走運動を行った場合と行わない場合に優位に差を認めた。

本研究は東海大学スポーツ医科学研究所個別プロジェクト研究として助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 宮崎 誠司, 位高駿夫, 廣川彰信, 小山孟志, 上水研一朗, 井上康生, 内山秀一, 西川康, 高木一正, 柴田ちひろ: 膝等速性膝伸展・屈曲筋力と走運動における荷重負荷変化時の心肺機能との関係について, 東海大学スポーツ医科学雑誌: 26, PP121-126.2014
- 2) 位高駿夫, 西川康, 高木一正, 柴田ちひろ, 宮崎誠司: 反重力トレッドミルによる体重負荷の違いの検討-乳酸値・心拍数・酸素摂取量の分析-, 東海大学スポーツ医科学雑誌: 26, PP127-132.2014
- 3) 松木仁志, 福林徹, 広瀬統一. 免荷トレッドミル(米Alter-G社製)上でのジョギング時における筋放電パターンの検討, 日本臨床スポーツ医学会誌: 18: p4 2010
- 4) 井上夏香, 武捨友里恵, 福林徹. 荷重免荷歩行・走行時の科学的基礎研究. 日本整形外科スポーツ医学会誌, 32, p565, 2012.
- 5) Alena M. Grabowski: Metabolic and Biomechanical Effects of Velocity and Weight Support Using a Lower-Body Positive Pressure Device During Walking. Arch Phys Med Rehabil. 91, pp 951-957.2010
- 6) AlterG® Differential Air Pressure (DAP) Technology for Assisted Exercise p1-5
- 7) Alena M. Grabowski Effects of velocity and weight support on ground reaction forces and metabolic power during running: J Appl Biomech. 24 pp288-97. (2008)
- 8) Clarke HH, Shay CT, Mathews DK. Strength decrement index: a new test of muscle fatigue. Arch Phys Med Rehabil: 36. pp376-8. 1955

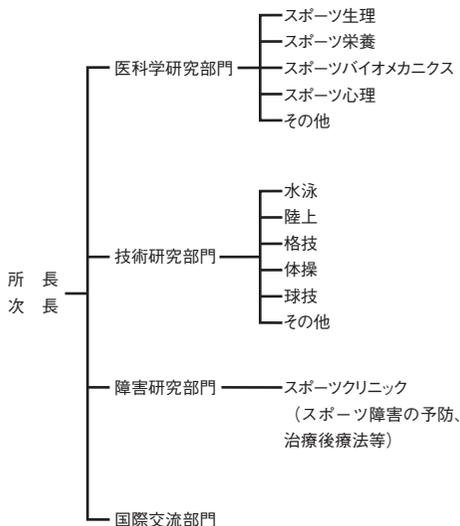
V. まとめ

6人の健常若年者を対象に体重の60、80、100、120%の荷重負荷の走運動後に60deg/secで20回の等速度性膝伸展・屈曲筋力を測定した。伸展は20回の運動で低下するものの走運動を行わな

スポーツ医科学研究所 所報

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：Sport Medical Science Research Institute,
Tokai University
2. 所在地
東海大学湘南校舎
3. 設置年月日
昭和62年10月1日
4. 設置目的
本研究所の設置の目的は、スポーツ・運動および、それに関連する健康の維持向上等に関する基礎的、応用的研究を行うとともに、競技力の向上、スポーツ障害の予防、対策等の新手法、新技術の開発とその応用の具体化、発展を期するところにある。
このために総合大学としての特性を生かし、学際的知識を結集、総合的視野の上立った研究を推進する。
5. 研究所組織



東海大学スポーツ医科学研究所規程

1987年10月1日 制定
2004年4月1日 改訂

第1章 総則

(定義)

第1条 この規程は、東海大学研究所規程第3条に基づき、東海大学（以下「本学」という。）付置研究所である、スポーツ医科学研究所（以下「本研究所」という。）の適正な運営と組織について定めるものとする。

(目的)

第2条 本研究所は、本学の総合大学としての特性を活かし、研究活動は広く学際的な視点からスポーツの実践と科学を融合させることを重要な基盤とし、スポーツにおける心身の効果的な育成と競技力向上のための基礎的・応用的研究及び、スポーツ障害の予防・治療技術の開発等、実践的研究を中心に推進する。また、その研究による成果は、単に本学の発展のみに留まらず、広く社会に還元し、人類の福祉と繁栄に貢献していくことを目的とする。

(事業)

第3条 本研究所は、前条の目的を達成するために次の事業を行う。

- (1)調査及び研究
- (2)調査及び研究の結果の発表
- (3)研究資料の収集、整理及び保管
- (4)研究会、講演会及び講習会等の開催
- (5)調査、研究の受託または指導
- (6)大学院レベルの学外機関研究者・研修員の教育及び研究指導
- (7)外部研究資金によるプロジェクト研究チームの公募及び支援
- (8)プロジェクト研究の支援
- (9)学内スポーツ振興のためのスポーツ医科学にかかわる支援

(10)地域住民を対象としたスポーツ医科学にかかわる支援

(11)その他、本研究の目的を達成するために必要な事項

(調査研究)

第4条 本研究所における調査研究の分野を次のとおり定める。

(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・体力研究分野

バイオメカニクス、心理学、運動技術の向上と指導法、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、理学及び作業療法、その他

(4)その他の分野

国際交流及び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、スポーツ競技に関する器具、機械、施設等の開発とその安全性、その他

(位置)

第5条 本研究所は、本学湘南校舎内に置く。

第2章 組織

(所長・次長)

第6条 本研究所の所長に関しては、本学研究所規程第4条によるものとする。

第7条 本研究所の次長に関しては、本学研究所規程第5条によるものとする。

第8条 本研究所の事業経過及び事業計画に関しては、本学研究所規程第6条によるものとする。

(研究所員)

第9条 本研究所の研究所員に関しては、本学研究所規程第8条によるものとする。

(研究員)

第10条 本研究所の研究員に関しては、本学研究所規程第9条によるものとする。

(嘱託)

第11条 本研究所の嘱託に関しては、本学研究所規程第10条によるものとする。

(職員)

第12条 本研究所の事務職員に関しては、本学研究所規程第11条によるものとする。

(審査委員会)

第13条 本研究所に所員の研究活動、教育活動、学内活動、社会的活動等を多面的に評価審査することを目的として審査委員会を置くことができる。

2 審査委員会の委員は、学内外の学識経験者・有職者から構成するものとし、学長の承認を得て委託する。

3 審査委員会の規程については、別にこれを定める。

(プロジェクト研究チーム)

第14条 本研究所のプロジェクト研究チームを構成するものとする。チームメンバーは公募により選出し、審査委員会で審査を行い学長の議を経て選定されるものとする。

第3章 運営

(研究所員会議)

第15条 本研究所の研究所員会議に関しては、本学研究所規定第12条・第13条によるものとする。

2 ただし、本研究所の研究所員会議は、本学研究所規程第13条第2項により次の事項について審査する。

(1)人事に関する事項

(2)研究生及び研修員に関する事項

第4章 経理

(会計)

第16条 本研究所の経理に関しては、本学研究所規程第14条によるものとする。

第17条 本研究所の会計年度に関しては、本学研究所規程第15条によるものとする。

(外部研究費)

第18条 本研究所の外部研究費の受け入れに関しては、本学研究所規程第16条によるものとする。

(予算)

第19条 本研究所の予算に関しては、本学研究所規程第17条によるものとする。

(決算)

第20条 本研究所の決算に関しては、本学研究所規程第18条によるものとする。

第5章 知的財産

第21条 本研究所の事業において発生した知的財産に関しては、本学研究所規程第19条によるものとする。

第6章 補足

第22条 この規程を改訂又は変更する場合には、研究所所員会議、本学研究所運営委員会の議を経て学長の承認を得るものとする。

付則

この規程は、昭和63年4月1日から施行する。

付則（2004年4月1日）

この規程は、2004年4月1日から施行する。

「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規程

2004年4月1日

I. 和文規程

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・カラーとわかないが、仕上がりは白黒のみとする。(但し、仕上がりをカラーで希望する場合及び特別な費用を要した場合は寄稿者の負担とする。)
8. 図や表には、それぞれに必ず通し番号と、タイトル(表の場合、上方に、図の場合、下方に、和文を上として、和欧両文で記入)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る。なお、引用及び注記は本文中文献引用箇所の右肩に、1)、2)のごとく、引用文献数字を挿入する。
10. 総説、原著論文、研究資料の原稿には、必ず別紙として、欧文規程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四丁目1番1号
「東海大学スポーツ医科学研究所」編集委員会

II. 欧文規程

1. 2. 3. 4. は、和文規程に同じ

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、和文規程に同じ。

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、和文規程に同じ。

附則 この規程は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 (2014. 4. 1)

- 1 委員長 寺尾 保
- 2 委員 三田 信孝
- 3 委員 小澤 秀樹
- 4 委員 有賀 誠司
- 5 委員 山田 洋
- 6 委員 小山 孟志

2014年度スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

- | | | |
|---------|-------|----------------|
| 1. 所長 | 寺尾 保 | スポーツ医科学研究所 |
| 2. 専任 | 有賀 誠司 | スポーツ医科学研究所 |
| 3. 特任 | 宮崎 康文 | スポーツ医科学研究所 |
| 4. 特任 | 小山 孟志 | スポーツ医科学研究所 |
| 5. 所員 | 山下 泰裕 | 体育学部(武道学科) |
| 6. 所員 | 小澤 治夫 | 体育学部(体育学科) |
| 7. 所員 | 陸川 章 | 体育学部(競技スポーツ学科) |
| 1. 研究員 | 寺尾 保 | スポーツ医科学研究所 |
| 2. 研究員 | 有賀 誠司 | スポーツ医科学研究所 |
| 3. 研究員 | 宮崎 康文 | スポーツ医科学研究所 |
| 4. 研究員 | 小山 孟志 | スポーツ医科学研究所 |
| 5. 研究員 | 山下 泰裕 | 体育学部(武道学科) |
| 6. 研究員 | 灰田 宗孝 | 東海大学医療技術短期大学 |
| 7. 研究員 | 瀧澤 俊也 | 医学部(内科学系) |
| 8. 研究員 | 小澤 治夫 | 体育学部(体育学科) |
| 9. 研究員 | 陸川 章 | 体育学部(競技スポーツ学科) |
| 10. 研究員 | 中村 豊 | 体育学部(生涯スポーツ学科) |
| 11. 研究員 | 吉川 政夫 | 体育学部(生涯スポーツ学科) |
| 12. 研究員 | 三田 信孝 | 体育学部(生涯スポーツ学科) |
| 13. 研究員 | 高妻 容一 | 体育学部(競技スポーツ学科) |
| 14. 研究員 | 内山 秀一 | 体育学部(体育学科) |
| 15. 研究員 | 両角 速 | 体育学部(競技スポーツ学科) |
| 16. 研究員 | 小澤 秀樹 | 医学部(内科学系) |
| 17. 研究員 | 宮崎 誠司 | 体育学部(競技スポーツ学科) |
| 18. 研究員 | 山田 洋 | 体育学部(体育学科) |
| 19. 研究員 | 栗田 太作 | 情報教育センター |
| 20. 研究員 | 栗山 雅倫 | 体育学部(競技スポーツ) |

- 学科)
21. 研究員 八百 則和 体育学部(競技スポーツ学科)
22. 研究員 花岡美智子 体育学部(競技スポーツ学科)
23. 研究員 西出 仁明 体育学部(競技スポーツ学科)
1. 研究員 横井 人輝 硬式野球部
2. 研究員 平岡 秀雄 学外
3. 研究員 枝川 宏 学外
4. 研究員 金藤 理絵 学外

2014年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

コアプロジェクト

- スポーツ選手の競技力向上及び一般人の健康維持増進に関する総合的研究
(課題：スポーツ選手の競技力向上のための高地トレーニングに関する研究：「箱根駅伝強化プロジェクト」、「平塚競輪場所属選手強化プロジェクト」、一般人の健康維持増進に関する高地トレーニング処方の研究、低酸素環境下の運動における脳機能及び筋代謝に関する研究、競技力向上の心理的サポート)

個別プロジェクト

- スポーツ選手の競技力向上のための体力トレーニング法と効果のチェック法に関する研究
- 東海大学付属学校園対象生活習慣改善プロジェクト
- トップアスリートの“スキル”評価に関するバイオメカニクス的研究
- 東海大学学生アスリートを対象としたコンディショニングに関する研究
- 反重力トレッドミルの生理的影響の解明
- スポーツ選手のサイドステップによる側方移動動作のバイオメカニクス的研究

編集後記

2020年には、東京オリンピック、パラリンピックが開催されます。すでに、2014年度のスポーツ医・科学に関連する学会大会等では、東京オリンピックに向けて、競技力向上および医・科学サポートについて多くのシンポジウムが実施されました。2015年以後も、オリンピックに関連するイベントやシンポジウムが多く企画されることでしょう。日本を代表するエリートアスリートを輩出するために、競技団体別や都道府県別で身体能力の優れた中・高校生を発掘・育成するとともに、国際大会で活躍できるアスリートを育成するためのプログラム、タレント発掘・育成事業など、ジュニアアスリートへの対応が盛んに実施されています。2020年大会の特徴の一つは、オリンピックの開催が7月24日から8月9日の17日間の予定であり、1964年10月の東京オリンピック時のさわやかな秋風がそよぐ環境と異なり、高温多湿の環境で競技が行われることが想定されます。日本の夏の猛暑に対する主催者・出場選手・観戦者のいずれもが熱中症予防のために種々の対策を講じて準備する必要があります。スポーツ医・科学に携わるものとしては、大会そのものが成功するとともに、日本選手団の活躍、さらに、東海大学学園および卒業生から一人でも多くの選手が出場され、素晴らしい成績が挙げられることを期待しています。

本研究所では、東海大学独自のスポーツサポートシステム（トレーニング部門、科学サポート部門、メディカル部門、メンタルサポート部門、栄養サポート部門）により、総合的立場から各競技団体や選手強化に関する支援活動の更なる充実を図り、その成果がスポーツ現場により多く活かされるよう努力していきたいと考えています。

さて、東海大学スポーツ医科学雑誌は、本年度で第27号の刊行となりました。本号には、前号と同様にスポーツサポートシステムおよび人工的高地トレーニングシステムにおける重点活動から得られた研究成果を含めて、運動生理学、バイオメカニクス、スポーツ方法学、トレーニング方法学、体育教育学、臨床スポーツ医学などの広範囲なスポーツ医科学の領域で、10編の論文が掲載されています。

今後もスポーツ医科学に関する基礎的な研究は勿論、競技力向上、健康維持増進や社会還元に貢献できるような実践的な研究も投稿されることを期待しています。本誌発展のために、皆様方の益々のご協力と積極的なご意見をお寄せ頂きますようお願い致します。

最後に第27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あげます。

編集委員長 寺尾 保

「東海大学スポーツ医科学雑誌」

編集委員

委員長 寺尾 保
委員 三田 信孝
〃 小澤 秀樹
〃 有賀 誠司
〃 山田 洋
〃 小山 孟志

東海大学スポーツ医科学雑誌 第27号 2015

発行日 2015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 寺尾 保
〒259-1292 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号
TEL 0463-58-1211

製作 東海大学出版部

印刷・製本 港北出版印刷株式会社