

東海大学  
第21号 **スポーツ医科学雑誌** 2009  
The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



Kai Higashi

イラスト 東 恵子

人は何処より来り何処に行かんとするか  
 それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた  
 しかし揺籃より墓場まで  
 それは生ける人々にとつてまきれもなき生の現実である  
 この現実の上には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ふ  
 精神と肉体との調和に生命を開拓しよう  
 かたくして希望と勝利の人生の街道を暴進しよう  
 これとありし日の少年の疑問は残る  
 人々よ  
 見よ人体構造の神秘を  
 見よこの作品の微妙さを  
 見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを  
 見よこの偉大なる造物主の力を  
 人々よ  
 身体髪膚これを父母にうく敢て毀傷せざるは孝の始めなり  
 人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ  
 これと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まきれもなき生の現実である  
 この現実の上には人々は喜び且つ哀しむ  
 そこに勝利と敗残の人々の生涯がある  
 人々よ  
 生命の現実を人生を肯定しよう  
 不屈の精神と逞しき体軀をつくろふ  
 精神と肉体との調和に生命を開拓しよう  
 かたくして希望と勝利の人生の街道を暴進しよう  
 これとありし日の少年の疑問は残る  
 人々よ  
 見よ人体構造の神秘を  
 見よこの作品の微妙さを  
 見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを  
 見よこの偉大なる造物主の力を  
 人々よ  
 身体髪膚これを父母にうく敢て毀傷せざるは孝の始めなり  
 人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ  
 これと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

【研究論文】

- ハンドボール競技における占有エリア解析法による攻撃能力の評価**  
栗山雅倫・花岡美智子・平岡秀雄 7
- ハンドボールの戦術的認知能力に関する評価基準の検討**  
—ボールや選手の位置に関する認識および戦術的先取りに着目して—  
平岡秀雄・栗山雅倫・花岡美智子・田村修治・寺尾 保 15
- 準高地における短期間競泳トレーニングの評価**  
—ラクトートカーブテストを用いて—  
加藤健志・横山 貴・今村貴幸・春日井亮太・塚田将吾・酒井健介・寺尾 保 21
- 女子柔道選手の競技力向上のためのトレーニング方法に関する研究**  
—ダンベルスナッチについて—  
有賀誠司・白瀬英春・山田佳奈・生方 謙 31
- 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**  
寺尾 保・小澤秀樹・三田信孝・桑平一郎・内田裕久 43
- 幼児の跳躍動作における「巧みさ」の獲得過程に関する三年間の縦断的研究(第2報)**  
—二次元映像解析より求めた下肢関節の屈伸の順次性—  
山田 洋・加藤達郎・西ヶ谷達則・植村隆志・知念嘉史・山下泰裕・長堂益丈 51
- 大学女子ハンドボール選手におけるコーディネーション能力について**  
花岡美智子・栗山雅倫・平岡秀雄 59
- 音楽呈示が生体に及ぼす影響**  
—音楽と心身のリラクセーション—  
小西 徹・高妻容一・寺尾 保 67
- 【症例報告】
- 大学体操選手の前胸部痛**  
中村 豊・赤羽綾子・大見博子・宮崎誠司・西村典子・吉田早織 75

---

スポーツ医科学研究所所報	83
--------------	----

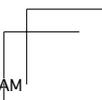
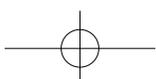
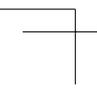
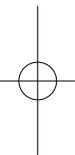
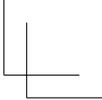
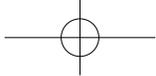
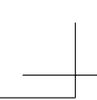
---

編集後記	89
------	----

---



表紙(画) 東 恵子



# ハンドボール競技における 占有エリア解析法による攻撃能力の評価

栗山雅倫 (体育学部競技スポーツ学科) 花岡美智子 (体育学部競技スポーツ学科)

平岡秀雄 (スポーツ医科学研究所)

## Evaluation of the Ability for Attack by the Occupation Area Analytical Method in the Handball Competition

Masamichi KURIYAMA, Michiko HANAOKA and Hideo HIRAOKA

### Abstract

In a handball competition, the importance of the tactical ability is high. However, it is not still established about evaluation method of the ability. Therefore, in this study, it was aimed at evaluating correspondence ability to the situation of the attack player by calculating an effective area occupation area of the attack.

Results of this study were follows.

- 1) The position collecting has relevance with a play to choose by chance in a solstice.
- 2) The utility of the selectivity of the play that accepted the situation is high.
- 3) The evaluation of the effective area occupation area is proper as one evaluation method of the performance.

Furthermore, in the follow-up survey that increased the number of the samples and different situation setting, it can be considered that the validity of a similar study method and it will seem that you should investigate the evaluation method of the performance in future. The evaluation method about the particularly tactical ability is still insufficient as having been a big problem so far, and the examination at various angles is necessary.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 7-14, 2009)

## I. 緒 言

近年の競技スポーツにおいて、発展傾向は目覚ましい。なかでも球技種目では、戦術的能力に代表されるような、プレーの習熟性は加速度的に高まっている。その背景として、戦術的な能力のトレーナビリティの追求があげられる。ハンドボール

種目においても同様のことがうかがえ、数々の調査や研究が散見されるようになった。

ヨアン・クンストはハンドボールの戦術的能力の重要性を提言している<sup>1)</sup>。また、ヤーンケルン<sup>2)</sup>は、戦術達成力が球技種目のパフォーマンスの決定要因として紛れもないとしている。

しかしながら一方では、その重要性の認識度の高さに対し、戦術達成力の定義の曖昧さが否めな

い事実がある。これまでもパフォーマンス能力の定量化による客観的評価は多く試みられているが、とりわけ戦術達成力に関して、客観的評価が成立されていない現状がある。

これまでも戦術的能力の客観的評価の指標作りを試みたが<sup>3,4)</sup>、いずれも決定要因の多様性が示唆され、攻撃の戦術的能力の指標として、距離のとり方など、攻撃の立場からの見方はできたが、相対関係に対応した能力の言及は出来なかった。

以上をふまえ、本研究では、攻撃プレイヤーの状況への対応能力を評価することを目的とした。

## II. 研究方法

対応能力を評価するため、1対1の攻撃局面を実験的に作り出し、最終的にボールを保持する前後の関係を検討することとした。

検討の方法として、攻撃にとって有効なエリアと思われる、以下の図1に示す範囲の攻撃プレー

ヤー占有エリア（以下、有効エリア占有面積）を主に題材とすることとした。

### 1. 被検者

表1に示すように関東学生ハンドボールリーグ1部所属チームの、T大学男子ハンドボール部の4名の被検者、2名の被検者と対峙する防御プレイヤー、及び関東学生ハンドボールリーグ女子1部リーグ所属のT大学女子ハンドボール部の4名の被検者、2名の被検者と対峙する防御プレイヤー、さらに攻撃プレイヤーへのパス者としてT大学女子ハンドボール部のコーチングスタッフ1名の参加を得て実験を行った。いずれの対象にも実験の趣旨を伝え、同意を得た上で、実験に参加してもらった。

### 2. 実験の設定

図2のように、あらかじめ攻撃が優位な状態を初期設定とし、攻撃者がパス者にパスをし、再びパス者からボールを受け取った瞬間にDFもコーンから離れることを許可した。

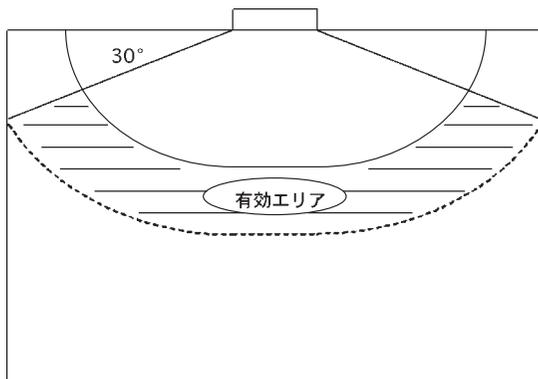


図1 有効エリア  
Fig. 1 Effective area

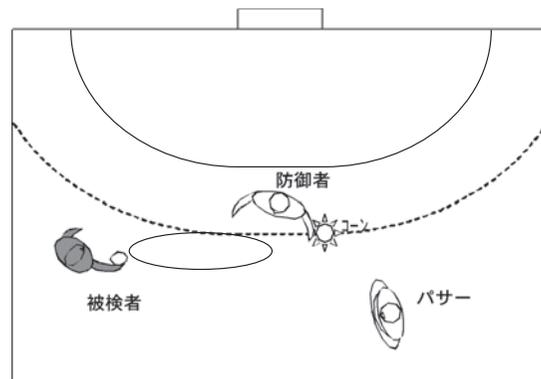


図2 実験設定  
Fig. 2 Experiment setting

表1 プロフィール  
Table 1 Profile

	Female				male			
	Y.Y	N.T	M.K	M.T	T.N	S.N	T.H	R.T
height(cm)	168	163	177	160	180	177	172	180
weight(kg)	61	62	66	57	72	68	60	73

攻撃プレイヤーの運動課題は、「あらかじめ優位である状況を利用し、まずは図2の左側にあたる方向、すなわちあらかじめ防御が位置しない側への突破を試み（以下、ダイレクトプレー）、そちら側への突破が不可能ならば逆方向への切り替えによる突破（以下、切り返しプレー）、さらに防御プレイヤーの上方からのシュートを試み、得点を目的とすること。」とした。

撮影は図2のAの位置から行った。

### 3. データ分析

各被検者はそれぞれ5回ずつの試技を行い、合計40試技を分析の対象とした。

実験により得られた映像は株式会社ディケイエイチ製のFrame-Diasを用い、二次元DLT法にて、図3、4のように、二次元データに変換した（サンプリング周波数15Hz）。

さらに得られた二次元データを、同じく株式会社ディケイエイチ製のハンドボールゲーム分析プログラムを用い、有効な攻撃占有エリア（有効エリア占有面積）を得た。

有効エリア占有面積とは、図5で示すエリア内でプレイヤーを中心とする半径2mの円が占有するエリアから、対峙する防御プレイヤーが占有するエリアを差し引いた面積を算出している。

有効エリア占有面積は、経時変化を求め、攻撃プレイヤーが最終的にボールを保持する直後の1秒間を特に分析対象とした。

### 4. 統計処理

各パラメータの比較検討のために、T検定を用い統計処理を施した。

## Ⅲ. 結 果

### 1. 各被検者の試技結果

選択プレーごとの、成功率の一覧を表2に示した。男子女子共に、ダイレクトプレーの選択が実験設定上多くなっている。

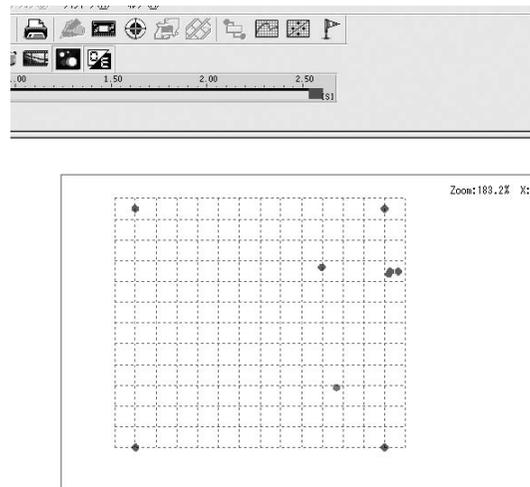


図3 二次元解析  
Fig. 3 Two dimensional analyses

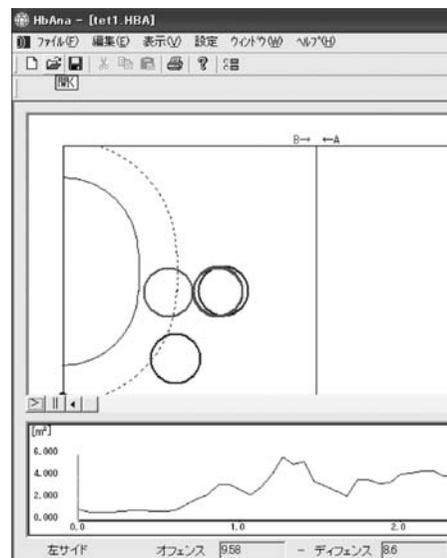


図4 エリア解析  
Fig. 4 Area analyses

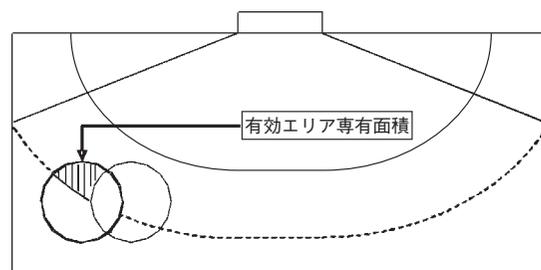


図5 有効エリア占有面積  
Fig. 5 An effective area occupation area

男子のダイレクトプレーを除いて、成功確率にも大きな差は見られず、男子のダイレクトプレーの成功率の高さも、実験設定が関与すると思われる。

### 2. 成功試技と失敗試技の関係

図6には、男子被検者における成功試技と失敗試技において、最終的にキャッチした瞬間（以下CM）の平均の有効エリア占有面積と標準偏差を示した。また、図7には同様に女子被検者のものを示した。双方共に、成功-失敗試技間の占有エリアに統計学的有意差は見られなかった。

### 3. 選択プレーと有効エリア占有面積の関係

成功試技と失敗試技を被検者間に、相違が見られた。図8、9に女子の成功確率が高い被検者において、選択プレー別のCMにおける有効エリア占有面積と成否の関係を示した。いずれの被検者においても、各プレー別の適切な占有面積があ

りうることを示唆している。

同様に、図10、11に男子の成功確率の高かった被検者のものを示した。女子とは異なる傾向を示すようだが、被検者T.Nは有効エリア占有面積が低い図10のA点においても、ダイレクトプレーが成功している。これはロングシュートを打っており、ダイレクトで突破して行くプレーとは質が異なるためと考えられる。また、被検者S.NはN.Tとは反対に、有効エリア占有面積が高い場合においても切返しプレーが成功している（B点）。しかしながら、このプレーの場合、CM後に更に防御プレーヤーとの距離をつめてから切返しのプレーをしており、やはり他の切返しプレーとは質が異なるといえる。

男女の成功率の低かった被検者の選択プレー別の有効エリア占有面積と成否の関係は、成功確率の高かった被検者と比較して、ある一定の傾向を示したとはいえない結果となった。

表2 試技結果  
Table 2 Attempts result

	Female				male			
	Y.Y	N.T	M.K	M.T	T.N	S.N	T.H	R.T
direct	1/1	1/2	0/1	0/1	2/3	2/2	0/2	2/4
turn	3/4	3/3	2/4	1/4	2/2	3/3	1/3	1/1

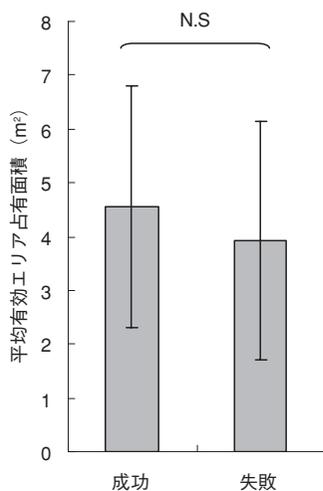


図6 平均有効エリア占有面積（女子）  
Fig. 6 An average occupation area in effective area (Female)

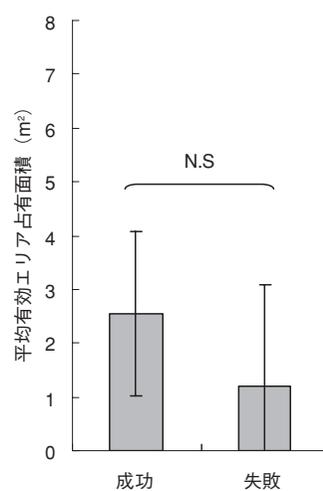


図7 平均有効エリア占有面積（男子）  
Fig. 7 An average occupation area in effective area (Male)

ハンドボール競技における占有エリア解析法による攻撃能力の評価

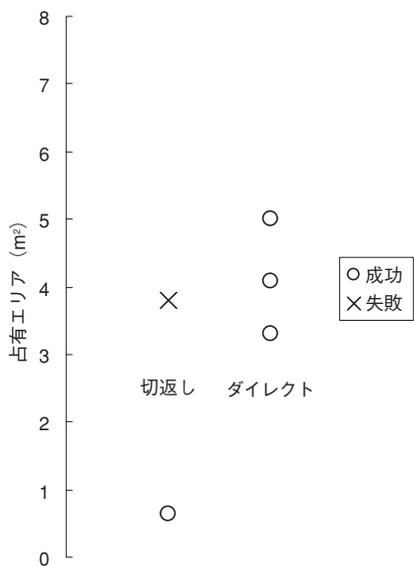


図8 占有面積と成否 (N.T)  
Fig. 8 An occupation area and the success or failure (N.T)

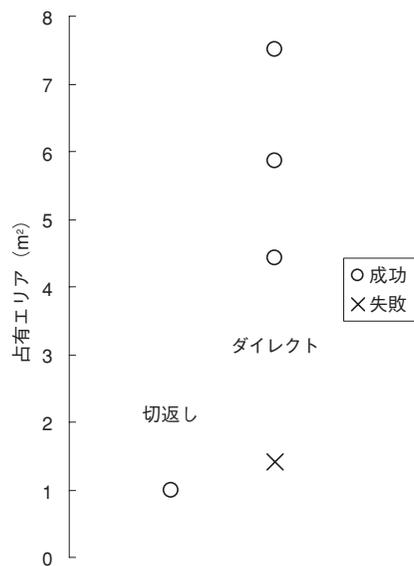


図9 占有面積と成否 (Y.Y)  
Fig. 9 An occupation area and the success or failure (Y.Y)

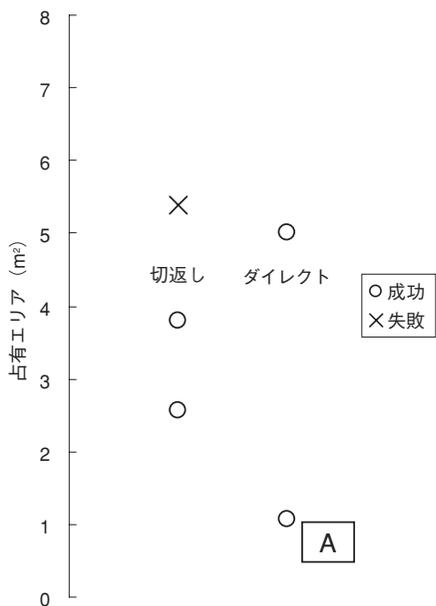


図10 占有面積と成否 (T.N)  
Fig. 10 An occupation area and the success or failure (T.N)

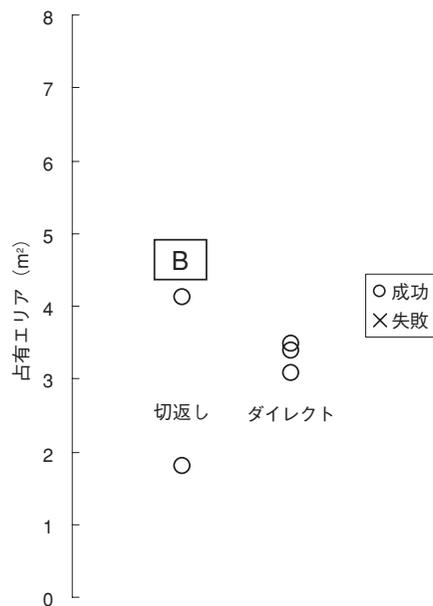


図11 占有面積と成否 (S.N)  
Fig. 11 An occupation area and the success or failure (S.N)

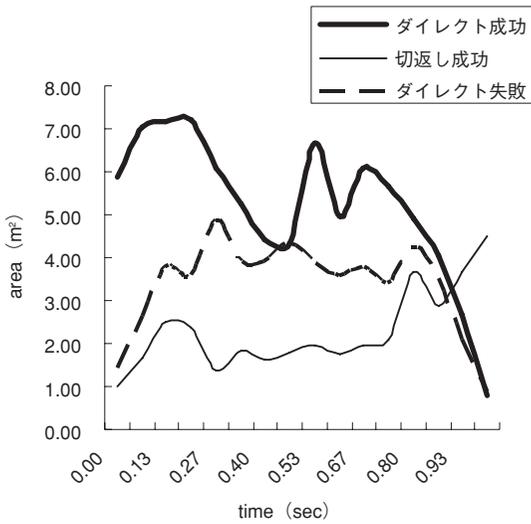


図12 占有面積の推移 (Y.Y)  
Fig. 12 The change of the occupation area (Y.Y)

#### 4. 有効エリア占有面積の経時変化

図12に、典型的な例として、女子被検者 Y.Y の有効エリア占有率の経時変化を示した。ダイレクトプレー成功時は、CM において高い有効エリア占有面積を示しており、高い占有面積を維持し、シュートに到達していた。一方で失敗時には、同じキャッチの瞬間でも低いエリア占有率であり、一旦はエリア占有率が上昇するものの、防御プレーヤーから逃げるように飛び込むため、十分なシュート態勢になれず、その結果シュートは失敗していた。切返しプレー成功時は、初期は有効エリア占有面積が低い、切り返すことによって、防御プレーヤーのプレッシャーから解放され、十分なシュート態勢をとれた。

## IV. 考 察

### 1. 有効な攻撃のための至適な距離

先行の調査<sup>3)</sup>において、攻撃プレーヤーにとって至適な距離があることが示唆されている。一方、今回の実験結果から、成功試技と失敗試技の間に、有効エリア占有面積としての統計学的有意

差は見られなかった。有効エリア占有面積の算出方法を勘案すると、攻撃－防御間の距離が当然反映されるものになる。しかしながら、相違が見られなかったことで、一概に至適な距離について否定することはできない。

今回の実験設定は、先の調査と設定が異なり、予め攻撃にとって有利な状態を作り出している。さらには、プレーの成功を得点と非得点とで分類しているため、前回とは評価の視点が異なる。

また、特に高い成功率を示した女子被検者において明らかだったのが、防御プレーヤーとの距離に応じたプレー選択と成否の関係であった。すなわちプレーごとの至適な距離が示唆され、男子被検者においても同様の傾向が見られたことは興味深い。

### 2. 状況に応じたプレー選択能力の有用性

マイネル<sup>5)</sup>は他者の運動を含めた状況の先取りについて、重要性を述べている。また、フェッツ<sup>6)</sup>は、運動の先取りを詳細に分類した上で、「相手の行動を見抜いて、それに自分の行動を最もうまく同調させる能力は、多くのスポーツ種目において高度の技能への不可欠な前提である。」としている。

本研究の結果からも、成功確率の高い被検者において、状況に応じたプレーの使い分けがあることがうかがえた。

それを裏付けるものとして、攻撃プレーヤーが最終的にパサーからのパスを受け取った瞬間の有効エリア占有面積における結果が示された。

さらに高次の運動の先取りを示す例として、被検者 S.N の例があげられる。図11の B 点のパフォーマンスは、最終パスキャッチの瞬間の有効エリア占有面積が高いながらも、切返しプレーでボールキャッチ後の行動によって防御プレーヤーの動きをコントロールし、新たに良い状況を作り出している。このように、球技種目における個々のパフォーマンスの成功は、その技能の習熟性と同時に、いわゆる戦術的能力の一つとして選択能力が大きく関与することがうかがえる。

### 3. 評価方法としての妥当性

有効エリア占有面積の算出は、結果の検討からパフォーマンス能力に関与することがわかった。従来のような距離だけを評価する方法では、有効エリアを勘案することができなかったのに対し、今回のような方法を採用することで、その問題は回避でき、新たな評価方法としての妥当性を後押しすると思われる。

## V. まとめ

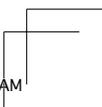
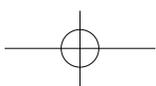
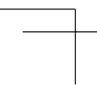
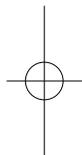
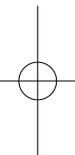
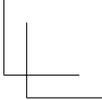
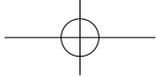
本研究の結果と考察から、以下のようにまとめることができる。

- 1) 選択するプレーと至適なポジション取りは関連性がある。
- 2) 状況に応じたプレーの選択能力の有用性は高い。
- 3) 有効エリア占有面積の評価は、パフォーマンスの一評価方法として妥当である。

今後は、さらにサンプル数を増やした追跡調査や、異なる状況設定の中で、同様の研究方法の妥当性を考慮し、パフォーマンスの評価方法を追及すべきと思われる。これまでも大きな課題だったように、特に戦術的能力に関する評価方法は依然不十分であり、様々な角度での検討が必要である。

### 参考・引用文献

- 1) ヨアン・クンスト＝ゲルマネスク著、木野実・杉山茂監修、中村一夫訳：ハンドボールの技術と戦術、ベースボールマガジン社、20-25、1981.
- 2) ヤーン・ケルン著、朝岡正雄・水上一・中川昭監訳：スポーツの戦術入門、大修館書店、1998.
- 3) 栗山雅倫：個人戦術能力評価に関する考察～ハンドボール競技「1対1局面に着目して」～ハンドボール研究、第8号、92-95、2006.
- 4) 栗山雅倫：個人戦術能力評価に関する考察～ハンドボール競技、防御局面に着目して～、東海大学スポーツ医科学雑誌、第20号、15-21、2008.
- 5) クルト・マイネル、金子明友訳：スポーツ運動学、大修館書店、228-235、1981.
- 6) F・フェッツ著、金子明友・朝岡正雄共訳：フェッツ体育運動学、不味堂出版、255-256、1979.





# ハンドボールの戦術的認知能力 に関する評価基準の検討

—ボールや選手の位置に関する認知

および戦術的先取りに着目して—

平岡秀雄 (スポーツ医科学研究所研究員) 栗山雅倫 (体育学部競技スポーツ学科)  
花岡美智子 (体育学部競技スポーツ学科) 田村修治 (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)

Evaluation of Cognitive Abilities Regarding Handball Tactics  
- Cognition of Players Position, Ball Position, and Tactical Anticipation -

Hideo HIRAOKA, Masamichi KURIYAMA, Michiko HANAOKA, Shuji TAMURA and Tamotsu TERAOKA



## Abstract

The purpose of this study was to confirm the validity of a scale for evaluating the cognitive abilities of players regarding positioning and tactical anticipation in handball. Participants were 88 athletes (age range: 18-21 years) who were divided into the following five groups according to handball skill: starting players in the student league, substitute players in the student league, un-registered players, players of other group ball games, and players of individual sports.

Videos of tactical activities in a handball game were shown to the subjects after editing to remove any image of the shot. The athletes were asked to draw the position of the players and the ball and circle an area that is suitable for attacking.

A five-item scale was used to evaluate cognitive ability and tactical anticipation. The mean scores in the high-level group were significantly higher than those in the low-level group when considering the athletes skill level in handball.

The present findings confirmed the validity of the five-item scale used in this study to evaluate the cognitive abilities of players. (Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 15-20, 2009)

## I. 研究の背景と目的

ハンドボールのような集団競技で、熟練したプレイヤーは各攻防場面において瞬時に3段階の思考段階を経た後、最適な行動を選択し実践すると

考えられる。まずプレイヤーおよびボールの位置を確認(第1段階=状況の認知)し、攻撃に有利な空間がどこにあるかを判断(第2段階=空間の認知)して、どのような攻撃または防御が展開されうるかを推察(第3段階=状況の先取り)する。そしてその状況に応じた行動が正しく実施さ

れるとともに、他の味方プレイヤーが同様の判断と行動をして初めて、個々の戦術的行動がチームプレーとして機能することになる。ところが多い場合、戦術行動が失敗に終わったとき、どの段階での認知・判断能力の不備が戦術的行動の成果に影響を与えたかを追及せず、トータルの結果としてプレーを評価し、トレーニング（体力的・技術戦術的練習）課題を設定する。プレイヤーがチームにとってより合理的な戦術的行動ができるように指導するためには、プレイヤーの戦術的な思考過程を段階的により詳細に分析し、各プレイヤーに合った課題解決のための方策を見出す必要がある。つまり、戦術的行動が失敗に終わったとき、その原因が“状況や空間認知の失敗”又は“状況の先取りの失敗”など思考過程によるものか、体力的能力に関わる“行動実践の失敗”によるものかを正しく見極め、それぞれの課題に適したトレーニング計画を立案し、実践するべきである。

位置や空間の認知能力に関する研究では、幼児が空間を認知する時機を探る研究<sup>1, 2)</sup>や、近年ではロボットによる空間認知の研究<sup>3)</sup>などが盛んに行われている。位置や空間に関わる認知能力の重要性は、スポーツ分野においても注目されている。岡本<sup>4)</sup>は、ハンドボール競技やラグビー競技を例に、1対1の攻防場面での空間認知能力について言及している。ところが、ハンドボール競技やラグビー競技のような集団競技では、敵味方全員およびボールの位置や空間を正しく認知して初めて、状況に応じた的確な行動を実施できるので、集団的戦術という視点による認知能力を検証することの意義は大きい。西原、生田<sup>5)</sup>らは、サッカーの指導者による空間認知状況とその予測に着目して検証し、「奥行きをもって観るワイドビューの図」として捉えられる点を報告しているが、その認知能力を評価するまでには至っていない。

本研究に先がけ、ハンドボールの試合場면을撮影し、その画像を編集することにより、選手の戦術的認知能力を評価できる点を示唆<sup>6)</sup>した。この方法を用いて、戦術的認知能力と先取り能力を

5段階で評価する方法を開発し、その有効性についても報告した<sup>7)</sup>。これは、VTR画像を編集し、ハンドボールの攻防場面を何度でも再現できるようにすることにより、多くの被験者に対して同一の実験条件下で客観的な評価ができるものであった。その際の評価基準は妥当性を示唆するものではあったが、被験者がハンドボールの経験者のみに限定されていたため、評価基準の妥当性をより詳細に検証する必要がある。

そこで、本研究はさまざまなスポーツ競技者を対象に、ハンドボールにおける戦術的状況の認知能力および先取り能力を調査し、評価基準の妥当性を検証した。

## II. 研究方法

本研究はすでに報告<sup>7)</sup>した、ハンドボールの熟練者による分析結果と、その他のスポーツ経験者の分析結果を比較するため、以前に採用した画像を用いるとともに、同一の評価基準で被験者の認知能力を評価した。研究の概要は以下に示した通りである。

### 1. 試合場面の撮影と編集

世界選手権大会の決勝場面を、コートの上から固定カメラで撮影した。撮影に際し、画像は研究のみに使用することを条件に、世界ハンドボール連盟の許可を得た。

撮影した各攻撃場面のうち、シュートに至る数秒前で画像が消失（マスクング）するように編集した。

### 2. 被験者

被験者は、すでに調査済みの学生1部リーグに所属するハンドボール競技者24名のほか、ハンドボール競技以外の集団球技経験者26名、集団球技以外の競技経験者38名の総計88名とした。

ハンドボール競技の経験者は、最も認知能力が高いと思われるスタート選手、認知能力がやや低

いと思われる試合の控え選手、試合未登録選手の3グループに分けていた。そこで、ハンドボール競技の選手ではないが、選手の位置や攻撃スペースなどの認知能力が要求されると思われる集団球技経験者グループと、集団戦術の認知能力を要求されないと思われる集団競技以外の競技経験者グループを加えた5グループを設定した。

### 3. 実験の手順

ハンドボールの攻防場面をプロジェクターにより大画面で映写した。被験者は各シュート場面の直前で消失した画像から得た情報をもとに、以下に示す内容について90秒間で記述するように指示された。

- 1) 攻撃者と防御者やボールの位置を瞬時に認知できる能力を検証するため、攻防場面が消失した瞬間の攻撃者（◎印）・防御者（△印）およびボールの位置（・印）を記述させた。
- 2) 攻撃または防御すべき空間を瞬時に認知できるかどうかを検証するため、攻撃で有利な地域（防御態勢に不備があると思われる地域）に大きな楕円を描かせた。
- 3) 画面消失後どのように攻撃が展開するかを推察する能力について検証するため、シュートに至る攻撃展開の可能性を記述させた。記述に際し、シュートに至る攻撃の可能性を複数ケース推察することが重要で、そのうちの1例が正解

であることが望ましい旨を伝えた。

解答用紙にはコート図が描かれており、プレーヤーやボールの位置を記号で示すよう指示した。図1は、実験前に被験者へ提示した解答例である。

### 4. 分析観点

本研究は、位置や空間の認知能力、攻撃展開の推察能力に関わる評価基準を追検証することであった。大学1部のハンドボール競技者を対象にはすでに検証し、その評価基準がハンドボールの競技レベルを評価する上で、有効であることを示唆した。その際、競技レベルに相当する評点を以下の五段階に設定した。

- 評点5…日本のトップレベルプレーヤー
- 評点4…日本リーグ・大学トップレベルプレーヤー
- 評点3…大学レベル・高校トップレベル・他の集団競技トップレベルプレーヤー
- 評点2…他の競技選手
- 評点1…競技スポーツの経験なし

そこで、この評価基準を用いて他競技者を評価し、ハンドボール競技者の評価と比較することにより、評価基準の妥当性を追検証した。

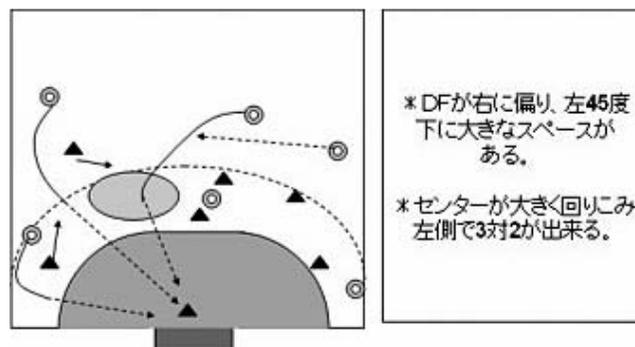


図1 回答例  
Fig. 1 Example written responses

## 5. 評価基準

表1はハンドボール競技におけるプレーヤーやボールの位置を認知する能力に関わる評価基準表(評点と評価内容)、表2は攻撃に有利な空間を認知する能力があるかを評価する際の評価基準表、表3は画面消失後の攻撃展開を推察する能力を評価するための評価基準表である。

## 6. 統計処理

被験者のうち、ハンドボール競技者を競技レベルで3群に、その他の競技者を集団球技の競技経験者1群、集団球技以外の競技経験者1群の計5群に分け、その評点について一元配置の分散分析を用いて比較した。

## Ⅲ. 結果と考察

以下に示す図2、図3、図4は、既に報告したハンドボール競技者の位置および空間の認知能力、戦術の先取りに関する分析結果<sup>7)</sup>に、ハンドボール競技以外の競技経験者の分析結果を加えたものである。

### 1. 位置の認知について

ハンドボール競技の攻防場面で、瞬時に位置を把握できるかどうかは、その後の適切な戦術行動を保障する上で重要である。そこで、シュート直前に画面が消失した際に、プレーヤーやボールが

表1 選手とボールの位置を認知する能力に関する評価基準  
Table 1 Criterion for evaluating the ability of a player to recognize player's positions on the court

評点	評価内容
5	選手やボールの位置を正しく認知し記述できる。
4	選手やボールの位置をある程度正しく記述できる。
3	選手やボールの位置を記述している。
2	選手やボールの位置を部分的に記述している。
1	選手やボールの位置がほとんど記述されていない。

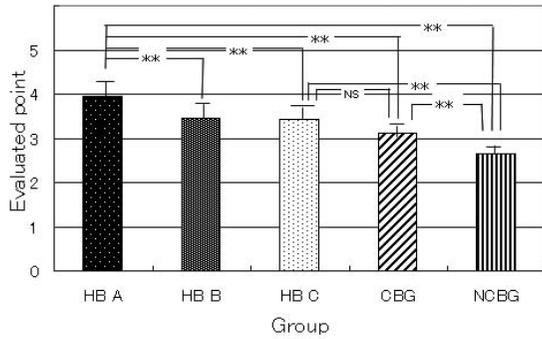
表2 攻撃に有利な空間を認知する能力に関する評価基準  
Table 2 Criterion for evaluating the ability of a player to recognize a zone in which an attack is suitable

評点	評価内容
5	攻撃に有利な空間を正しく認知できる。
4	攻撃に有利な空間をある程度正しく認知できる。
3	攻撃に有利な空間の方向(コート of 左・右)が合致している。
2	攻撃に有利な空間の方向(コート of 左・右)が逆である。
1	攻撃に有利な空間が記述されていない。

表3 攻撃の展開を推察する能力に関する評価基準  
Table 3 Criterion for evaluating the ability of a player to anticipate an attack

評点	評価内容
5	攻撃を正しく推察し、複数の展開例を記述できる。
4	攻撃を正しく先取りできているが、他の展開例がない。
3	推察される複数解答の1つが記述されている。
2	攻撃を推察し記述しているが正解が無い。
1	攻撃展開の記述がない。

ハンドボールの戦術的認知能力に関する評価基準の検討



HB A … Handball starting players group  
 HB B … Handball reserve players group  
 HB C … Handball 2nd-stringer players group … P < 0.01  
 CBG … Collective ball game group  
 NCBG … N on Collective ball game group

図2 選手とボールの位置を認知する能力に関する評点平均値  
 Fig. 2 Mean scores for players' ability to recognize other players and ball position

コートはどこに位置していたかを記述させ、評価した結果が図2である。

ハンドボール大学1部リーグにおける競技者のスタートプレイヤー (HB Aグループ) による位置に関する評点の平均値 ( $3.96 \pm 0.38$ ) は、スタートメンバー以外の選手 (HB Bグループ  $3.47 \pm 0.48$  HB Cグループ  $3.44 \pm 0.51$ ) に比べて、有意に高値を示した。ただ、ハンドボール競技のスタート選手以外のHB Cグループによる評点平均値が、集団球技以外の競技者による評点平均値 (NCBGグループ  $2.64 \pm 0.46$ ) に比べ、有意 ( $P < 0.01$ ) に高い数値を示したものの、ハンドボール競技以外の集団球技を専門とする競技者 (CBGグループ) による評点平均値の間に有意な差は見られなかった。これは、敵味方が入り乱れて攻防を展開するような集団競技では、コート上の選手やボールの位置を正しく認知することが要求されるので、ハンドボール競技の場面でも自己の競技経験による技能が生かされているものと思われる。CBGグループの評点平均値は、NCBGグループに比べ有意 ( $P < 0.01$ ) に高値を示した。

位置に関する評点は、ハンドボール競技における大学1部リーグのスタート選手のグループが最も高く、次にハンドボール競技のスタートプレイヤー以外のプレイヤー、ハンドボール競技以外の

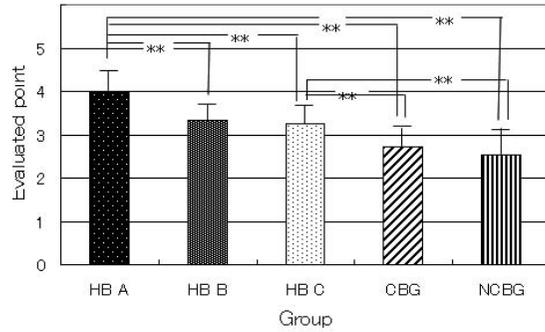


図3 攻撃に有利な空間を認知する能力に関する評点平均値  
 Fig. 3 Mean score for players' ability to recognize a zone in which an attack is suitable

集団競技プレイヤー、集団競技以外のプレイヤーの順に低い値を示した。この結果は、5段階評価による評価基準が妥当なものであることを示唆するものである。しかし、集団競技以外のプレイヤーの評点平均値 ( $2.64 \pm 0.46$ ) は、設定した評点2.0よりも大きな数値となったことから、より細かな評価基準の検討をも促すものとなった。

ただ、本研究で位置の認知能力を評価するために設定した評価基準は、以上の評価結果から、ハンドボールの競技レベルを評価する上で妥当であることを示したと言える。

## 2. 空間の認知について

シュートの直前に消失した瞬間のプレイヤーとボールの移動状況から、攻撃に適した箇所を推察し、解答図上に楕円でマークするように指示した結果を、評価基準に従い5段階評価し図3に示した。

位置の認知に関する結果と同様、ハンドボール競技のスタートプレイヤーによる位置に関する評点平均値 (HB A  $3.98 \pm 0.43$ ) は、スタートメンバー以外のプレイヤーの評点平均値 (HB B  $3.33 \pm 0.26$ 、HBC  $3.26 \pm 0.49$ 、CBG  $2.72 \pm 0.37$ 、NCBG  $2.52 \pm 0.50$ ) に比べて、有意 ( $P < 0.01$ ) に高値を示すことが明らかとなった。ハンドボール競技者のうち、空間認知の評点平均値が低値を示したHB Cグループと、ハンドボール競技者以外の競技者 (CBGグループ、NCBGグループ)

の評点平均値の間に有意差 ( $P < 0.01$ ) が見られたが、ハンドボール競技者以外の CBG グループと NCBG グループ間の評点に有意差は見られなかった。

以上の結果から、本研究で採用した空間認知能力を評価するための評価基準は、ハンドボールの競技レベルを評価する上で有効な方法と言える。また、本研究で指摘する空間認知能力は、ハンドボール競技の特性を反映する技能であることを示唆するものとなった。

### 3. 戦術的先取りについて

敵味方やボールの位置を認知し、攻撃に有利な地域を見抜き、その後の攻撃がどのように展開されるかを推察し、解答用紙に記述するよう指示した結果を集計したものが図4である。

ハンドボール競技者グループ間の戦術的先取り能力は、位置の認知能力および空間の認知能力を評価した結果と同様、競技力の高いグループ (HBA  $3.94 \pm 0.37$ ) が競技力の低いグループ (HB B  $3.28 \pm 0.22$ 、HB C  $3.23 \pm 0.4$ ) に比べ評点の平均値は有意に高値を示した。

一方、ハンドボール競技者のうち、空間認知の評点が低値を示した HB C グループと、ハンドボール競技者以外の競技者 (CBG  $2.65 \pm 0.41$ 、NCBG  $2.73 \pm 0.76$ ) の評点の平均値間に有意差 ( $P < 0.01$ ) が見られたが、ハンドボール競技者以外の CBG グループと NCBG グループ間の評点の平均値に有意差は見られなかった。

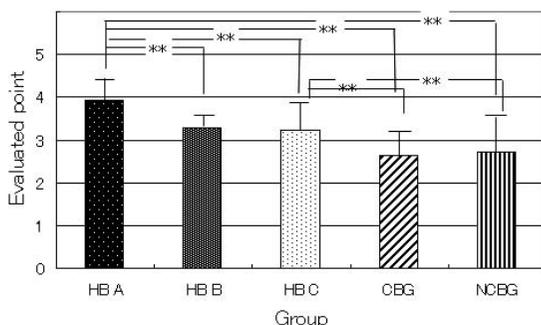


図4 攻撃の展開を推察する能力に関する評点平均値  
Fig. 4 Mean scores for players' ability to anticipate an attack

以上の結果から、本研究で採用した戦術的先取り能力は、ハンドボールの競技レベルを評価する上で有意な方法と言える。また、本研究で指摘する戦術的先取り能力は、ハンドボール競技の特性を反映する技能であると推察できることが分かった。

## IV. まとめ

ハンドボール競技者やその他の競技者を対象に、位置や空間の認知能力や戦術的先取り能力を評価した結果、ハンドボールの競技レベルが高いグループほど評点平均値が高値を示した。

以上のことから、本研究で採用したハンドボールの戦術的認知能力に関わる5段階評価の評価基準は、競技レベルを正しく評価する基準として妥当であることが明らかとなった。

### 参考文献

- 1) 杉村伸一郎：幼児の空間定位における知覚的過程と概念的過程，名古屋大学教育学部紀要，43，65-76，1996
- 2) 湯地広樹：幼児のコンピューターゲーム遊びと感覚運動技能および空間認知技術との関係，日本教育工学雑誌，19-3，141-149，1995
- 3) 幸島明男，Steven Phillips，仁木和久，錦見美貴子，和泉 潔，開 一夫，鈴木宏昭：認知発達のダイナミックスの研究，電子技術総合研究所彙報，64-6，2001
- 4) 岡本直輝：「かわす」動作の空間認知とパフォーマンスタイムの関係，体育学研究，37，196-202，1992
- 5) 西原康行，生田幸至：スポーツ指導者の状況認知に関する研究，日本教育工学会論文誌，31-4，425-434，2008
- 6) 平岡秀雄：ハンドボールの戦術に関する運動学的調査，東海大学紀要 体育学部，26，139-146，1996
- 7) 平岡秀雄，栗山雅倫，花岡美智子，田村修治，野口泰博：ハンドボールの戦術的認知能力に関する評価法，東海大学スポーツ医科学雑誌，20，7-13，2008



# 準高地における短期間競泳 トレーニングの評価 —ラクテートカーブテストを用いて—

加藤健志 (体育学部非常勤講師) 横山 貴 (体育学部非常勤講師) 今村貴幸 (体育学部非常勤講師)  
春日井亮太 (体育学部非常勤助手) 塚田将吾 (大学院体育学研究科)  
酒井健介 (城西国際大学薬学部) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

Effects of Short-term Moderate-altitude Training on Swimming Performance  
- Using the Lactate Curve Test -

Tsuyoshi KATO, Takashi Yokoyama, Takayuki IMAMURA, Ryota KASUGAI  
Shogo TSUKADA, Kensuke SAKAI and Tamotsu TERAO



## Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of 1-week moderate-altitude training on swimming performance in elite collegiate swimmers. The swimming performance was assessed by curve test, which is an important indicator of endurance exercise capacity. The curve test was conducted before(Pre) , during(Alt) and after(Post) the 1-week moderate-altitude training. As a result of these tests, there is no significant difference between swimming velocity at 2mM blood lactate concentration in Pre and Alt(V@2) . On the other hand, V@OBLA in Post was significantly higher than that in Alt. Moreover, at the same swimming speed of each test, borg scale and heart rate in Post were significantly decreased compared with those in Pre. These results suggested that short term training at moderate-altitude was improve the endurance swimming capacity in elite collegiate swimmers.  
(Tokai J. Sports Med. Sci. No.21, 21-30, 2009)

## I. 緒 言

いわゆる有酸素運動の代表的なスポーツ種目において、近年定着化されてきているトレーニング方法の一つに高地トレーニングがある。

特にマラソンやスケート種目におけるオリンピックのメダリストや日本代表チームなど、非常に高い競技能力を持つ選手たちの間で盛んに行われ

ている。

競泳においても<sup>1)</sup>1982年から日本代表チームが積極的に高地トレーニングを取り入れるようになり、2008年北京オリンピックでは、日本人初となるオリンピック2大会連続、2種目金メダル獲得を達成した北島康介選手が積極的に高地トレーニングに取り組んでいる事は周知の事実である。

高地トレーニングに期待される効果は、血液の酸素運搬能の向上、有気的作業能の向上と乳酸生

成の抑制、血液量の増大、筋の酸化的代謝能と緩衝能の亢進等による、平地に比べて高いレベルでの最大下運動の効率化や最大運動能の向上をもたらすことにある<sup>2)</sup>。

高地トレーニングが行われている標高は、1000mに満たない比較的低めから4000m近くの非常に高いところまで幅広い<sup>3)</sup>。日本水泳界で行われている過去の高地トレーニング実施場所を見ると、中国（昆明：1886m）やアメリカ（フラッグスタッフ：2102m、コロラドスプリングス：1600m）、スペイン（グラナダ：2380m）などがある。

高地トレーニングに適した標高を検討した研究<sup>1, 3, 4)</sup>もいくつかみられるが、生理的高地馴化のみを考えるのであれば標高が高いほどいいように思える。しかし、実際に選手たちが水泳のトレーニングを行う際にいかにいい泳ぎを繰り返し行う事が出来るかという点に関してはむしろ高すぎる標高条件では低圧低酸素の与える影響が大きく反映される。したがって、レースに求められるスピードでのトレーニングが不十分となり、技術レベルの低下を余儀なくされてしまうという危険性がある。

また、これまで行われてた高地トレーニングのほとんどが海外で実施されており、予算的な問題や、食事・生活環境を含め手軽に行える可能性は低い。重ねて、日本国内には標高1500m以上の水泳環境は見当たらず、国内における最も高い標高レベルでの水泳環境として長野県（草津温泉：約1300m、菅平高原：約1300m）新潟県（妙高高原：約1300m）などがある。つまり、国内での水泳環境としては標高1300mが最高レベルという事になる。したがって、国内でも実行可能な、いわゆる準高地トレーニング（標高1000-1500m）の効果を明らかにすることで、国内高地トレーニング環境の可能性を広げていく事は極めて重要な課題である。

最近いくつかの研究<sup>5, 6, 7)</sup>で国内準高地での競泳トレーニングによる効果も期待できる事が明らかにされてきているが、わずかな数例にすぎない。

また、高地トレーニングを実施するに当たって、最適な期間は3週間から5週間が良いとされている<sup>8, 9, 10, 11)</sup>。ただし、現実的には3週間以上ものスケジュールを空けられない、高額の予算を必要とするなどの問題点や、長期高地滞在によってオーバートレーニングや体調不良を引き起こす可能性があることから、短期間（1週間：7日間前後）での高地トレーニングの可能性や利点を見出す必要性が考えられる。

本研究では以上の事を踏まえ、国内において実現可能な標高1280mにおける競泳準高地トレーニングを7日間という比較的短期間実施した際の効果を明らかにし、今後の高地トレーニングの発展に貢献することを目的とした。

## II. 研究方法

### 1. 被験者

被験者はT大学水泳部に所属し、日本選手権優勝、アテネオリンピック出場、世界選手権入賞者を含む極めて競技レベルの高い男子6名、女子4名の計10名を対象とした。いずれも競技歴12年以上の経験を有しており、普段1週間当たり9回の水中トレーニングと、筋力トレーニングを含む陸上トレーニングを3回、計12回の専門的競泳トレーニングを実施している。表1に被験者の専門種目、身体的特徴および最大酸素摂取量を示した。

本研究の実施に当たっては被験者に対して、研究の目的、方法、危険性等について十分な説明を口頭で行い、同意を得てから実施した。なお、測定上の危険回避環境作りには終始徹底した。

### 2. 高地トレーニング適性検査

高地トレーニング適正として、低圧・低酸素状態に如何に対応できるかを、東海大学スポーツ医学研究所内にある低圧・低酸素トレーニング室にて、全ての被験者に対して高地トレーニング開始2週間前までに、海拔0mから標高2500m相

表1 被験者の身体的特徴  
Table 1 Subject characteristics

Subject	Gender	Style (S1)	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI	Fat (%)	VO2max (ml/kg/min)
G.I	Male	Br	25	172.0	67.5	22.8	12.4	43.9
K.M	Male	Fr	21	180.3	80.3	24.7	14.5	54.9
G.T	Male	Ba	20	181.2	72.0	21.9	12.2	52.4
S.U	Male	Fr	21	173.6	66.4	22.0	11.0	55.2
T.O	Male	Br	18	175.0	71.4	23.3	8.3	59.3
S.U	Male	Fr	19	183.0	74.5	22.2	11.5	55.4
N.T	Female	Br	19	156.6	52.4	21.4	21.5	56.7
Y.S	Female	Ba	23	172.1	68.6	23.2	23.2	42.9
M.K	Female	IM	19	166.0	63.6	23.1	24.4	49.1
S.T	Female	Ba	19	169.6	60.6	21.1	18.2	49.8
Mea			20.4	172.9	67.7	22.6	15.7	52.0
± SD			2.2	7.9	7.8	1.1	5.7	5.5

当の気圧になるまで1時間かけて徐々に気圧を低下させ、その時の心拍数 (HR: b/min)、動脈血酸素飽和度 (SpO2: %) および不整脈の出現の有無、意識の明暗、および顔色等を調査した。また、低圧室内に置いて1週間に1-2回約1ヵ月間の運動を行わせた。運動時間は約1時間に設定し、トレッドミル走、スイムベンチ、ボксаサイズの3種の運動を組み合わせて漸増負荷法を用いて高地トレーニングに慣れさせた。低圧室内における馴化期間のうち、どれか1項目でも異常が確認された場合には、高地トレーニング環境において危険が生じると判断し、対策をとった。なお、検査後全ての被験者において異常反応は確認されなかった。

### 3. トレーニング内容

#### 1) 場所

本研究は、長野県菅平高原標高1280mにあるホテル内の短水路 (25m) 室内温水プールを利用して行った。

#### 2) 期間

準高地滞在期間は2006年12月30日から2007年1月5日までの7日間であった。滞在期間中は、陸上トレーニングおよび水中トレーニングを組み合わせ実施した。

#### 3) 陸上トレーニング

水中練習前に、柔軟性の向上、また筋温の上昇や神経の促通作用、あるいは関節可動域を高める事などによる障害予防を目的に、毎回約30分間のストレッチを行った。さらにボディコアトレーニングを中心に、水泳選手の機能改善プログラムを適応したバランスボール、チューブトレーニング (インナーマッスル)、スタビライゼーション等のトレーニングプログラムも約1時間行った。

#### 4) 水中トレーニング

7日間の準高地トレーニング期間中、計10回の水中練習を行った。1回平均約2時間3685m 1日平均5264mで総泳距離は36850mであった。テクニクの向上を目的とする強度が低いものから、イベントレースを含む非常に高いものまで様々な強度を織り交ぜた短期強化合宿的な組み合わせで

表2 準高地トレーニング期間におけるトレーニング量 (各カテゴリー別における泳距離 (m) と割合 (%))

Table 2 Training volume of each category in swimming distance(m) and percentage(%) during moderate altitude training.

day	30		31		1		2		3		4		5		Total	avg	Category	%
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM				
Category		TECH	W-up	Race	OFF	LCT	EN1-2	OFF	EN2	AN3	AN2	TECH	AN2				Category	
A		2000	3700	2000		1950	3200		950	2240	2600	2000	2550		23190	2319	A	62.9%
EN1		300	100	500		600	200		1100	400	0	300	200		3700	370	EN1	10.0%
EN2		300	300	200		800	550		400	180	1150	300	200		4380	438	EN2	11.9%
EN3		0	0	0		200	0		1000	0	300	0	0		1500	150	EN3	4.1%
AN1		0	150	0		0	450		200	100	300	0	0		1200	120	AN1	3.3%
AN2		0	0	300		200	0		0	0	0	0	400		900	90	AN2	2.4%
AN3		100	200	100		200	500		100	480	0	100	200		1980	198	AN3	5.4%
Total	0	2700	4450	3100	0	3950	4900	0	3750	3400	4350	2700	3550	0	36850	3685		
day Total	2700		7550		3950		4900		7150		7050		3550		36850	5264		

表3 運動強度別 カテゴリー

Table 3 Category of each training in intensity.

カテゴリー	Level	生理的強度	Heart Rate(beat/min)	Blood Lactate(mmol/l)
Aerobic	A	ウォーミングアップやクーリングダウン相当の低強度トレーニング	0-120	0-2
Endurance	EN1	基礎的持久カトレーニング LT1レベルのトレーニング強度	120-140	1-3
	EN2	OBLA (有酸素性作業閾値) レベルの中強度トレーニング	140-180	3-6
	EN3	VO <sub>2</sub> max (最大酸素摂取量) 向上のやや高強度のトレーニング	160-	6-10
Anerobic	AN1	血中乳酸値が高くなる高強度の耐性トレーニング	MAX	6-15
	AN2	最大強度での最大乳酸生成トレーニング (約20秒から数分間)	MAX	10-
	AN3	最大努力でのスピード&パワートレーニング (20秒以内の)	関係なし	関係なし

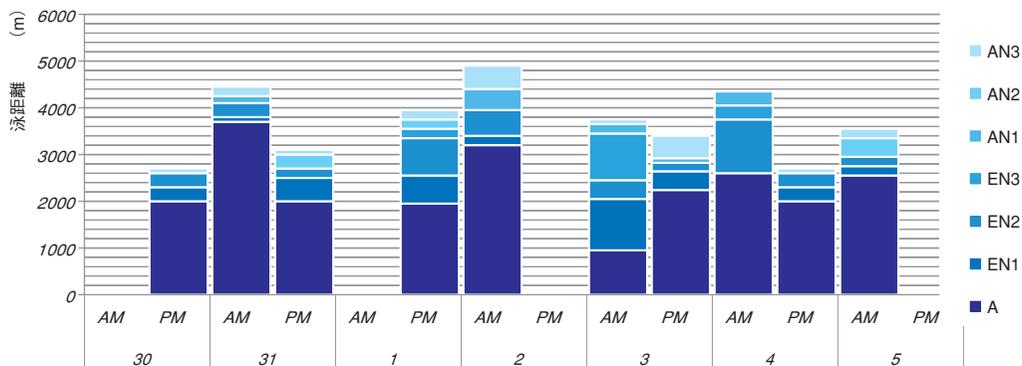


図1 準高地トレーニング期間におけるトレーニング量 (各カテゴリー別に置ける泳距離 (m) と割合 (%))

Fig. 1 Training volume of each category in swimming distance(m) and percentage(%) during moderate altitude training.

行った。なお各強度別にトレーニング量を表2および図1に示した。

5) 水中トレーニング強度の分類 (カテゴリー)

有酸素的トレーニング強度をAおよびENとし無酸素的トレーニング強度をANとし、それぞれ運動中の心拍数や血中乳酸濃度によってレベルを設定した。表3にその詳細を示した。

6) 測定内容

準高地トレーニング9日前 (以下Preとする。:2006年12月21日) に平地 (東海大学室内プール) において形態測定およびラクテートカーブテストを実施した。準高地トレーニング中は、滞在3日目 (以下ALTとする。:2007年1月1日) にラクテートカーブテストを行い、さらに平地に下りて8日後 (以下Postとする。:2007年1月13日) に再び平地 (東海大学室内プール) にてラクテートカーブテストを行った。計3回のカーブテストを行い、短期間準高地トレーニング効果の評価を行った。

(1) ラクテートカーブテスト

ラクテートカーブテストの手順を図2に示した。トレーニング効果を評価する方法として、水泳界では有酸素性作業能力から最大無酸素性作業能力まで幅広く評価する方法としてラクテートカーブテスト<sup>5, 9, 12)</sup>がある。

本テストは8分毎に200mを5本、各自の専門種目で泳がせた。泳速度は200mの全力泳に対し

て、1本目が73-75% 2本目は78-80%、3本目は83-85%、4本目は88-90%、最後5本目は全力泳という間欠的漸増方式とした。

各泳速に対する設定タイムを算出し泳ぐ前に各選手に伝え、出来る限り正確に泳ぐよう指示した。2回目および3回目のカーブテストは1-4本目までは初回 (2006年12月21日) に行ったカーブテスト時のタイムと出来る限り同じタイムで泳ぐよう指示し、5本目に関してはその時の全力を出し切るよう指示した。

HR (心拍数) は泳ぎ終わった直後に選手自身が触診法により10秒間測定し1分間あたりに換算した値を使用した。HRの測定に関して正確さを期すために普段のトレーニング中に常に各選手は自分自身で頸動脈による触診法を習熟させた。

(2) RPE (自覚的運動強度)

RPE (自覚的運動強度) は各セットHRの測定後直ちにBorgの20スケール<sup>13)</sup>を利用して被験者に口頭で回答させた。

(3) RPE (自覚的運動強度)

血中乳酸濃度は1本目と2本目は運動終了60秒後、3本目と4本目は運動終了90秒後、5本目は運動終了180秒後に、指先より20 $\mu$ l採血し携帯型自動分析機 (LactatePro, Arkly社製) を用いて分析した。

(4) V@OBLa

カーブテストの結果から泳スピードと血中乳酸濃度の関係 (V-La曲線) を明らかにするために、泳スピード (V) を独立変数、血中乳酸値 (La) を従属変数とする二次回帰分析により算出した。

持久的運動能力の指標として、有酸素性作業域値を示す血中乳酸値が4 mmol/lに相当する泳スピードをV@OBLaと定義した。

また、血中乳酸濃度2 mmol/l、4 mmol/l、6 mmol/l、8 mmol/l、10 mmol/lに相当する泳速度をV@2、V@OBLa、V@6、V@8、V@10として算出した。

(5) 統計処理

測定値は平均 $\pm$ 標準誤差で示した。各測定項目における準高地トレーニング前 (Pre)、準高地ト

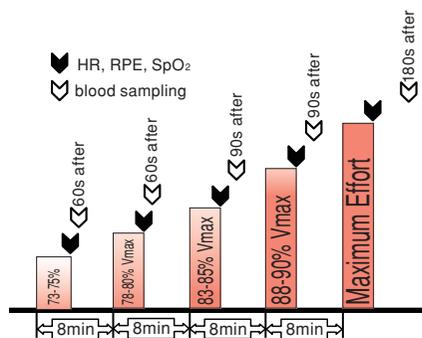


図2 乳酸カーブテストの手順  
Fig. 2 Protocols for Lactate Curve Test

レーニング期間 (Alt), および準高地トレーニング後 (Post) の経時的変化の検定については反復一元配置分散分析を行い、多重比較は Bonferroni を用いた。検定は分散分析により有意差が認められた項目についてのみ実施した。本研究における有意水準は 5%未満とした。

### Ⅲ. 結 果

1. 3 回のカーブテストにおける泳速度 (V) と血中乳酸値 (La) (V-La 曲線) の関係を図 3 に示した。単純にカーブテストの結果を見ると Pre に比べて ALT でカーブが左にシフトし、ALT と Post を比較するとカーブは右側にシフトし、Pre よりさらに右に移動している。

2. 各カーブテスト 5 本目の最大努力泳時のデータを観察してみると

- ①パフォーマンス (泳タイム) を比較すると、  
Pre : 2 分 17 秒 57 ± 9.13 秒に対して Alt : 2 分 15 秒 14 ± 11.46 秒、Post が 2 分 11 秒 45 ± 13.01 秒と Pre よりも Alt、Alt よりも Post で速い値を示した。
- ②血中乳酸値で見ると、Pre は  $9.32 \pm 2.30$  mmol/l、Alt =  $11.45 \pm 2.34$  mmol/l、Post =  $11.75 \pm 3.17$  mmol/l と、ここでも Pre よりも Alt、Alt より Post で高い値を示した。

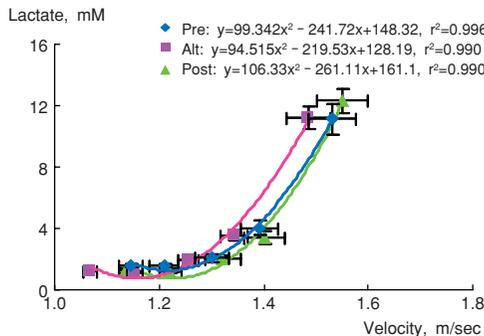


図 3 速度に対する乳酸の関係  
Fig. 3 Relationship between swimming velocity vs. lactate concentration

③HR に関しては、Pre が  $185.3 \pm 8.69$  bpm、Alt は  $186.00 \pm 9.22$  bpm、Post は  $186.50 \pm 8.66$  bpm で同様に Post において最高値を記録した。

④RPE をみると、Pre は  $18.4 \pm 0.68$ 、Alt が  $18.8 \pm 1.53$ 、Post は  $18.9 \pm 1.31$  であり、前述した各項目と全て同じで Pre よりも Alt、Alt よりも Post で高い値を示した。

3. La と V の関係 (V@2, V@OBLA, V@6, V@8, V@10) 図 4 に示した。

V@2 については Pre から Alt においては有意な低下は見られなかったものの、Alt から Post では有意に高い値を示した。Pre から Post では有意ではないものの V で 0.03m/sec、200m のタイムで 3.6 秒も向上した。

V@OBLA に関しては、Pre に比べ Alt で有意に低い値を示し、Alt に対して Post は有意に高い値を示した。トレーニングの中でも持久力の最も重要な指標となる V@OBLA は、Pre の 200m のタイムが 2 分 24 秒 3 から Alt に滞在中は 2 分 28 秒 6 まで低下を示し、Post になると 2 分 22 秒 8 まで約 5.8 秒も向上した。

V@6, 8, 10 では、どれも同じ傾向で Pre に対して Alt は有意に低下を示し、Alt に対して Post では有意に能力を向上させている

V@2-10 まで 5 段階中、どのポイントにおいても有意ではないものの Pre に比べて Alt で低

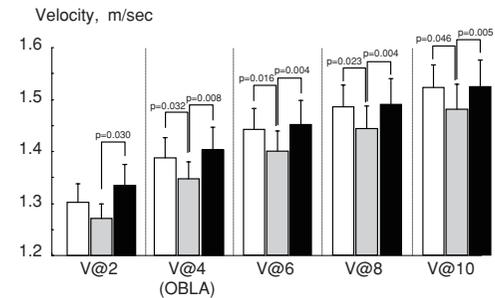


図 4 カーブテストより得られた V@2, V@OBLA, V@6, V@8 及び V@10 における Pre: ALT: Post の関係  
Fig. 4 Relationship between Pre: ALT: Post in V@2, V@OBLA, V@6, V@8 and V@10

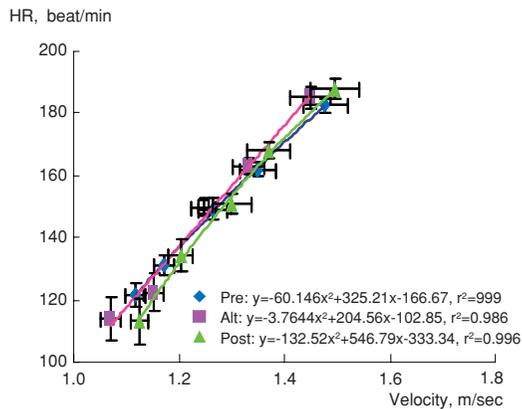


図5 泳速度に対するHRの関係  
Fig. 5 Relationship between swimming velocity vs. HR

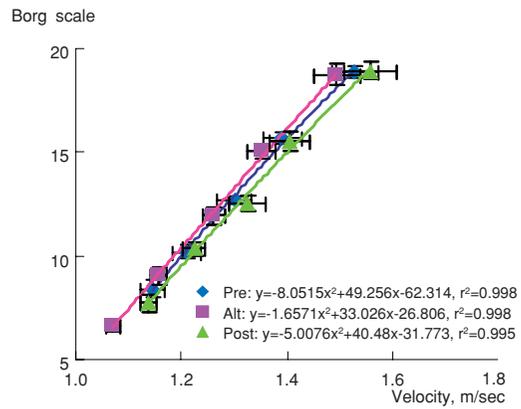


図6 泳速度に対するRPEの関係  
Fig. 6 Relationship between swimming velocity vs. RPE

下を示し、Altに対してPostは高い値を示した。またPreに比べてPostで高い値を示した。

#### 4. VとHRの関係を図5に示した。

Preに対してAlt、Altに対してPostの方がグラフが右にスライドしている。このことから、同一泳速度に対するHRは低値を示している。特に強度の低い有酸素ゾーンで顕著にその傾向が表れている。

#### 5. VとRPEの関係を図6に示した。

RPEに関しては、Preに比してAltではグラフが左にスライドし、同じ泳速でも少し高くなる傾向を示した。Altに対してPostではグラフが右にスライドし、速い泳速度でもRPEが低下している事が分かる。

は15週間の漸進的に持久的トレーニングを積みませ準高地トレーニングに十分耐えうる持久力を身に付けさせた。

Pre(高地に上がる前9日前)とAlt(準高地滞在3日目)およびPost(平地に下りて8日後)の計3回のカーブテストにおける泳速度と血中乳酸値(V-La曲線)の関係をみた。

単純にカーブテストの結果を見るとPreに比べてAltでカーブが左にシフトしている。このことは準高地環境下(標高1280m)でも、身体が低圧低酸素の影響を受け、有酸素性エネルギー供給が不十分となって速度の低いレベルから解糖系(無酸素性)のエネルギー供給が必要となり、その結果、乳酸の産生と蓄積が生じたためと考えられる。この事は、Terrados<sup>14)</sup>が鍛錬者では標高1500mを下回る準高地であっても呼吸循環器系への刺激は平地と異なるトレーニング効果が期待できるとしている部分と同一の見解がみられる。

また、AltとPostを比較するとカーブはPreよりもさらに右側に大きくシフトしている。これは同じ速度で泳いだとしても血中乳酸が溜まり難くなっている事を示し、有酸素性作業能力の向上を意味している。Grassi<sup>15)</sup>らおよび後藤ら<sup>16)</sup>が報告している、同一負荷における血中乳酸濃度は高地滞在后平地に戻ると滞在前よりも低くなるとしている内容と一致する。

Ogita<sup>17)</sup>らは、低圧低酸素環境における高強度

## IV. 考 察

本研究では競技経験が長く、極めて競技力の高い大学生水泳選手(男子6名女子4名:計10名)を対象として、7日間という比較的短期間の準高地(標高1280m)トレーニングを実施し、そのトレーニング効果についてラクテートカーブテストを用いて検討した。

準高地トレーニングに入る前段階で選手たちに

のインターバルが無酸素能力の指標となる最大酸素借を有意に改善させるとしており、持久力種目のみならずスプリント要素の多い無酸素的運動種目においても低酸素トレーニングが有効である可能性を示唆している。このことから標高の比較的低い今回の準高地でのトレーニングは低圧低酸素環境下でありながら、カーブテストのグラフが有意に低下しないことがわかる。したがって、平地と変わらない高強度でのトレーニングを遂行出来るため、有酸素と無酸素の双方の体力を向上させられる可能性が明らかになった。

本来高地トレーニングに求められていた効果は高地馴化による血液性状の変化に伴った酸素運搬系の改善であった。しかし、研究が進み高地トレーニングによって筋の緩衝能力の向上やエネルギー供給能力の改善、換気能力の増大などいくつかのトレーニング効果があるとすれば、高地トレーニングの利用価値がさらに高まる事が期待される。

## V. 総 括

今回、全国大会優勝者を含む全日本学生選手権出場という極めて競技力の高い大学生男女競泳選手10名に対して標高1280mの準高地で7日間のトレーニングを行い、トレーニング効果について検討するため、ラクトートカーブテストを用いて評価を行った。

その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) Pre と Alt で V@2に関して、有意な差が見られなかった。これは準高地という事で低酸素状態ではあるものの身体負担度がそれほど大きなものではなく、平地と比べてトレーニング強度を下げることなく実現できたことによるものだと考えられる。
- 2) Alt と POST で V@OBLA を比較すると、Post において有意に高い値を示した。このことは準高地における短期間の競泳トレーニングが持久的泳能力において、高いトレーニング効果をも

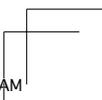
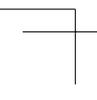
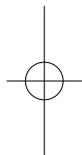
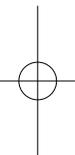
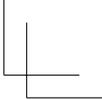
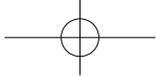
える可能性を示唆している。

- 3) V@2からV@10まで全ての生理的運動強度においても運動能力が改善された。つまり、低い強度の有酸素運動から、最大努力運動（高い強度）での無酸素運動まで、準高地における短期間のトレーニングはそのどちらにおいても貢献することが示唆された。

## 参考文献

- 1) 武藤芳照、宮下充正、渡部厚一：水連での取り組み、臨床スポーツ医学 8 (6)、610-615、1991
- 2) 浅野勝己：高地トレーニングの基礎—その生理学的効果について—、臨床スポーツ医学、8 (6)、585-597、1991
- 3) 小林寛道：高地トレーニングと低酸素トレーニングの発展、体育の科学、51 (4)、260-265、2001
- 4) 青木純一郎、小倉裕司：低酸素トレーニングの歴史、臨床スポーツ医学、21 (1)、1-11、2004
- 5) 森谷暢、加藤健志、高橋雄介、藤原寛康、今村貴幸：競泳選手における準高所トレーニングの可能性、中央大学保健体育研究所紀要、23：2005。
- 6) 今村貴幸、森谷暢、加藤健志：短期間準高所トレーニングが呼吸循環応答に及ぼす影響、中央大学保健体育研究所紀要、24：2006。
- 7) Benjamin D. Levine and James Stray-Gundersen: "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. J. Appl. Physiol. 83: 102-112, 1997.
- 8) J.A.L.Calbet, G.Radegran, R.Boushel, H, Sondergaard, B.Saltin and P.D.Wagner: Effect of blood haemoglobin concentration on  $\dot{V}O_2$ , max and cardiovascular function in lowlanders acclimatised to 5260m. J. Physiol. (2002), 545.2, pp.715-728.2002.
- 9) 宮下充正、有吉讓、若吉浩二：競泳選手の高所トレーニング医・科学サポート—高地トレーニングにおける血液性状の変化—、平成7年度 日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告 - 第5報 - 4 -25、1995
- 10) 若吉浩二、奥野景介、有吉讓、立正伸、藤森善尚：水泳競技シドニーオリンピックに向けて、平成12年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告 - 第10報 - 8 -23、2000
- 11) 山地啓司：高地・低酸素環境トレーニングに関する

- るレビュー；—高地トレーニングの是非論について—、*体育の科学*、51 (4)、266 - 271、2001
- 12) 椿本昇三、小島勝徳、下山好充、仙石康雄、野村武男、競泳コーチングにおける持久期トレーニングの評価—乳酸カーブテストを用いて—
- 13) Borg, G.A. Phycophysical bases of perceived exertion. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 14: 377-388, 1982
- 14) Terrados, N., Mizuno, M. and Anderson, H. Reduction in maximal oxygen uptake at low altitudes ; role of training status and lung function. *Clin.Physiol.* 5 : S75-79.1985
- 15) Grassi, B., M.Maruzorati, B.Kaysar, M.Bordini, A.Colombini, M.Conti, C.Maruconi, and P.Cerretelli. Peak blood lactate and blood lactate vs. workload during acclimatization to 5, 050m and in deacclimatization. *J.Appl.Physiol.*80(2): 685-692, 1996
- 16) 後藤真二、野村孝路：準高地トレーニングが水泳中の生理的応答に及ぼす影響、*水泳水中運動科学*、4 : 25-29, 2001.
- 17) Futoshi Ogita: Oxygen uptake during swimming in a hypobaric a hypobaric hypoxic environment. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65: 192-19、1992





# 女子柔道選手の競技力向上のための トレーニング方法に関する研究 —ダンベルスナッチについて—

有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 白瀬英春 (体育学部武道学科)  
山田佳奈 (立命館大学) 生方 謙 (芝浦工業大学)

A Study on the Training Method for Improving Women Judoists' Athletic Ability  
- With Specific Reference to Dumbbell Snatching -

Seiji ARUGA, Hideharu SHIRASE, Kana YAMADA and Ken UBUKATA



## Abstract

The purpose of this study is to obtain some basic data on the training method for increasing women judoists' pulling power with a view to developing a simple and convenient way to measure their power of pulling. The subjects in this study are women judoists, whose maximum weight of dumbbells snatched was measured. Also examined was the relationship between those results and their weight class, body shape, physical strength measurements, performance in competitions, along with the technical characteristics of their judo skills. The findings are as follows:

- 1) The average measurement value of their dumbbell snatching 1RM was  $27.5 \pm 4.3$ kg for the right hand and  $26.0 \pm 3.6$ kg for the left hand, which were found to be 70% of men judoists' average reported in the past.
- 2) There was a significant positive correlation between their dumbbell snatching 1RM and their weight ( $p < 0.01$ ), but it was found that there was a significant negative correlation between their dumbbell snatching 1RM and their 1RM to weight ratio ( $p < 0.01$ ).
- 3) There was a significant positive correlation between their dumbbell snatching 1RM and their bench press 1RM as well as their squatting 1RM. On the other hand, there was no significant correlation between their dumbbell snatching 1RM and their power clean 1RM.
- 4) There was a significant positive correlation between their dumbbell snatching 1RM and their power of grip ( $p < 0.01$ ).
- 5) The measurement value of their right-hand dumbbell snatch was significantly higher than that of their left-hand dumbbell snatch ( $p < 0.01$ ), and there was no particular relation to their way of grappling (i.e., KUMITE).
- 6) The average measurement value of the dumbbell snatching 1RM for the group of those with the left-hand KUMITE as their forte (TOKUIWAZA) tended to show higher values than those with the right-hand KUMITE as their forte.
- 7) The average measurement value of the dumbbell snatching 1RM for those 'ace' class judoists who have experiences in international competitions was significantly higher than those in the general judoists' group who have never competed internationally ( $p < 0.05$ ).

These results suggest that dumbbell snatching can be used as a way to improve judoists' performance and also as a useful indicator of the measurement and evaluation of their ability. (Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 31-42, 2009)

## I. 緒 言

柔道の立ち技において、適確に技を遂行するためには、柔道着を掴んで引き上げたり、引っ張ったりすることによって相手の身体を有利な体勢に崩す「引き手」や「釣り手」と呼ばれる技術が重要である<sup>1,2)</sup>。実戦で技を掛ける場面では、相手が技を阻止するために抵抗する状況が生じることから、「引き手」や「釣り手」においては、相手が抵抗する前に瞬時に動作を行う能力や、相手が抵抗した力（負荷）に対して、より大きな力をすばやく発揮する爆発的パワー<sup>3,4)</sup>が必要とされる。

柔道の「引き手」や「釣り手」の爆発的パワーを高めるためのトレーニング手段としては、従来、床に置いたバーベルを両手で握り、肩または頭上まで一気に挙上する「クリーン」や「スナッチ」のような「クイックリフト」<sup>5)</sup>と呼ばれるエクササイズが多く用いられてきた。スポーツ選手が競技パフォーマンスの向上を目的として筋力トレーニングを実施する際には、トレーニングの特異性を踏まえ、実際の競技動作とできるだけ類似した動きを採り入れることが重要であるが<sup>6-8)</sup>、バーベルを用いたクイックリフトの場合には、柔道の立ち技の「引き手」や「釣り手」を行う際にみられる体幹の捻りや、左右異なる方向への引き動作（片手は垂直方向、反対側の手は水平方向に引く動作など）を再現することが困難である。このような問題に対応した専門的な筋力トレーニング法として、近年、ダンベルを片手に保持して素早く挙上するダンベル・クイックリフト<sup>9-13)</sup>が注目され、柔道選手の動作パワー向上のための筋力トレーニング法として導入されるようになった<sup>14)</sup>。

ダンベル・クイックリフトは、柔道の立ち技における「引き手」や「釣り手」の動作にみられる体幹の回旋動作を伴うほか、片手による一側性の動作が可能であるなどの面において、バーベルによるクイックリフトと比較して、柔道の立ち技の動きとの関連性が高いと考えられる。ダンベル・クイックリフトの中でも、片手に保持したダンベ

ルを膝下の高さから一気に頭上まで挙上する「ダンベルスナッチ」は、柔道の国内一流選手の間で多く採用されており<sup>15)</sup>、最大挙上重量の測定は、2000年より財団法人全日本柔道連盟・強化委員会科学研究部が実施する強化選手を対象とした体力測定の一項目として採用されている<sup>16)</sup>。

柔道選手の筋力発揮特性に関する報告としては、握力計や背筋力計を用いて発揮された筋力を測定したものの<sup>17,18)</sup>、等尺性脚伸展力を測定したものの<sup>19,20)</sup>、等速性筋出力測定装置を用いて膝関節の屈曲伸展動作の筋出力を測定したものの<sup>21-24)</sup>など、一般的な動作において発揮された筋力を測定したものが多く、柔道と関連のある動作で発揮された筋力に関する報告<sup>25-28)</sup>は僅かである。また、柔道選手における筋力トレーニングの効果について検討を行った報告については、ベンチプレスのような一般的動作の筋力トレーニング種目を対象としたもの<sup>29,30)</sup>がみられるが、柔道と関連のある動作による筋力トレーニングの効果に関する報告<sup>31)</sup>はきわめて少ない。有賀ら<sup>32)</sup>は、大学男子柔道選手を対象に、ダンベルスナッチの最大挙上重量を測定し、体重や他の筋力トレーニング種目の最大挙上重量、競技成績などとの関連が認められたことを報告しているが、現在のところ女子選手を対象とした研究は行われていない。

これらのことから、本研究では、柔道選手の引く動作のパワー向上を目的とした専門的トレーニング法や、引く動作のパワーを簡便に測定・評価するための手段として近年導入が進んでいるダンベルスナッチに関する基礎資料を得ることを目的に、女子柔道選手を対象としてダンベルスナッチの最大挙上重量を測定し、階級や形態、他の体力測定項目の測定値、柔道の競技成績や技術特性などとの関連について検討を行った。

## II. 方 法

### 1. 被験者

本研究の被験者は、T大学柔道部に所属する女

子選手33名であった。対象となった選手の所属階級の内訳は、48kg級 3名、52kg級 4名、57kg級 7名、63kg級 8名、70kg級 7名、78kg級 2名、78kg 超級 2名であり、全体のうち10名が国際試合の経験者であった。被験者の階級別の身体的特徴は表1の通りである。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た。なお、本研究では、48kg級と52kg級を軽量級、57kg級と63kg級と70kg級を中量級、78kg級と78kg 超級を重量級として扱った。

## 2. 最大挙上重量の測定

### 1) 測定の種目と手順

#### (1) 測定種目

最大挙上重量（以下1RM）の測定は、ダンベルスナッチ、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの4種目を対象とした。ダンベルスナッチについては、ダンベルを左右どちらかの手に保持して行われるため、左右の両方について測定を実施した。本研究で採用された4つの測定種目に

ついては、全被験者が半年以上のトレーニング経験を有していた。なお、ダンベルスナッチを除く3つの測定種目の動作は、日本トレーニング指導者協会<sup>33)</sup>のガイドラインに基づいて規定した。

#### (2) 測定手順

各種目の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、過去のトレーニング経験から1RMと推測される重量の挙上を試みた。これに成功した場合には、さらに重量を増加して試技を継続し、挙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。

### 2) 測定種目の動作

#### (1) ダンベルスナッチ

片手に1個のダンベルを保持してしゃがみ、ダンベルのシャフトを膝蓋骨の下端よりも低い位置

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(%)
軽量級(48kg・52kg級)	7	155.9±4.3	52.1±3.8	18.3±2.4
中量級(57kg・63kg・70kg級)	22	163.0±3.9	63.3±4.9	20.9±1.6
重量級(78kg・78kg 超級)	4	165.6±2.3	92.2±17.1	26.7±4.5
全体	33	161.8±4.9	64.4±13.3	21.2±3.3



写真1 ダンベルスナッチの動作  
Photo 1 Motion of Dumbbell Snatch

で保持して静止した開始姿勢をとる。次に、両足で床を蹴って上体を起こしながら、全力スピードでダンベルを頭上まで一気に挙上し、直立して静止できた時に成功とした(写真1)。ダンベルを頭上まで挙上できなかった場合、頭上にダンベルを挙上した時に肘が曲がっていた場合、頭上でダンベルを静止せずに下ろした場合には失敗とした。

#### (2) ベンチプレス

ベンチに仰向けになり、バーベルを肩幅より広い手幅で握り、肩の上に肘を伸ばして静止した開始姿勢から、バーベルが胸に触れるところまで下ろし、次いでバーベルを開始姿勢まで押し上げ、両肘を完全に伸ばして静止できた時に成功とした。バーベルを開始姿勢まで挙上できなかった場合、バーベルを挙上して静止した時に肘が完全に伸びていなかった場合、バーベルが胸に触れなかった場合には失敗とした。

#### (3) スクワット

バーベルを肩にかつぎ、両足を左右に肩幅程度に開いて直立した開始姿勢から、大腿部上端が床面と平行になるところまでしゃがみ、直立姿勢まで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、動作中に腰背部の姿勢が崩れた場合には失敗とした。

#### (4) パワークリーン

プラットフォームの中央に置いたバーベルの前に両足を腰幅に開いて立つ。次に、しゃがんだ姿勢でバーベルを肩幅の広さで握り、床をキックして上半身を起こしながらバーベルを挙上し、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。バーベルが挙上中に落下した場合、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。

### 3. 握力の測定

スメドレー式握力計を用いて、文部科学省新体力テストの実施要項に従って測定を実施した。左

右交互に2回ずつ測定し、それぞれの高い数値を測定値として採用した。

### 4. 統計処理

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

## Ⅲ. 結 果

### 1. ダンベルスナッチ1RMと所属階級の関係

図1に右手によるダンベルスナッチ1RMの階級別の平均値を示した。各階級の平均値は、軽量級(48kg級と52kg級)は $24.5 \pm 3.3\text{kg}$ 、中量級(57kg級、63kg級、70kg級)は $28.7 \pm 3.6\text{kg}$ 、重量級(78kg級と78kg超級)は $32.4 \pm 5.4\text{kg}$ であった。軽量級の平均値は、中量級及び重量級の平均値と比べて有意に低く( $p < 0.05$ )、中量級の平均値は、重量級の平均値と比べて有意に低い値であった( $p < 0.05$ )。なお、左手によるダンベルスナッチ1RMの各階級の平均値についても、右手による結果と同様に、体重の軽い階級が重い階級と比べて有意に低い値を示した( $p < 0.05$ )。

### 2. ダンベルスナッチ1RM体重比と所属階級の関係

図2にダンベルスナッチ1RM体重比の階級別の平均値を示した。各階級の右手によるダンベルスナッチ1RM体重比の平均値は、軽量級(48kg級と52kg級)は $0.48 \pm 0.05$ 、中量級(57kg級、63kg級、70kg級)は $0.45 \pm 0.10$ 、重量級(78kg級と78kg超級)は $0.35 \pm 0.04$ であり、体重の軽い階級は重い階級と比べて高い値を示す傾向がみられた。軽量級と中量級の平均値間には有意な差は見られなかったが、重量級と軽量級及び重量級と中量級の平均値間には有意な差がみられた(ともに $p < 0.05$ )。なお、左手によるダンベルスナッチ1RM体重比の各階級の平均値についても、右

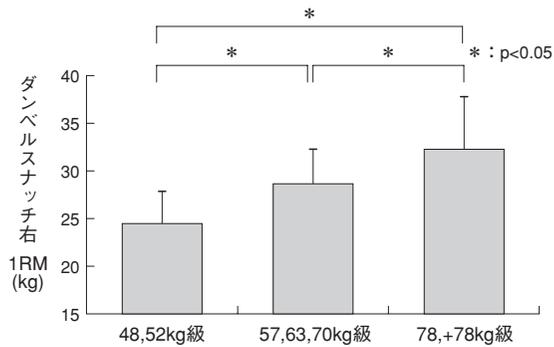


図1 ダンベルスナッチ1RM (右) の階級別平均値  
Fig. 1 Dumbbell snatch 1RM in each weight categories

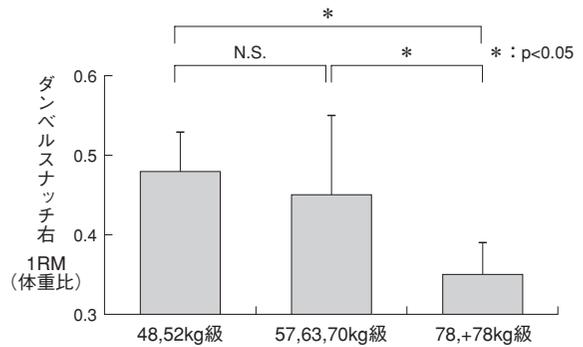


図2 ダンベルスナッチ1RM 体重比 (右) の階級別平均値  
Fig. 2 Dumbbell snatch 1RM/body weight in each weight categories

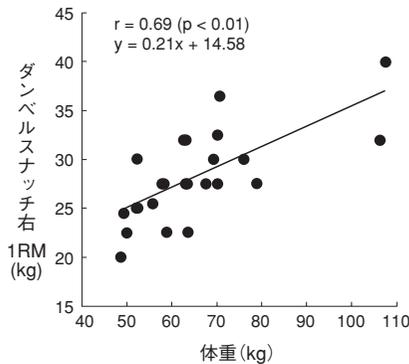
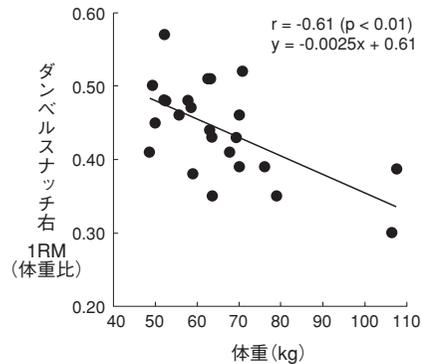


図3 ダンベルスナッチ1RM 及びダンベルスナッチ1RM 体重比と体重の関係

Fig. 3 Relationship between dumbbell snatch 1RM and body weight (Left)  
Relationship between dumbbell snatch 1RM/ body weight and body weight (Right)



手による結果と同様に、重量級と軽量級及び重量級と中量級の平均値間に有意な差がみられた (ともに  $p < 0.01$ )。

### 3. ダンベルスナッチ1RM 及び1RM 体重比と体重の関係

図3に、右手によるダンベルスナッチ1RM 及び1RM 体重比と体重の関係を示した。ダンベルスナッチ1RM (右) と体重との相関係数は、 $r = 0.69$ であり有意な正の相関関係が認められた ( $p < 0.01$ )。左手によるダンベルスナッチ1RM と体重との間にも有意な正の相関が認められた ( $r = 0.67$ ,  $p < 0.01$ )。一方、ダンベルスナッチ1RM 体重比 (右) と体重との相関係数は、 $r = -0.61$ であり有意な負の相関関係が認められた ( $p <$

$0.01$ )。左手によるダンベルスナッチ1RM 体重比と体重との間にも有意な負の相関が認められた ( $r = -0.49$ ,  $p < 0.01$ )。

### 4. ダンベルスナッチ1RM とベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RM の関係

図4に、右手によるダンベルスナッチ1RM とベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RM の関係を示した。ダンベルスナッチ1RM (右) とベンチプレス1RM との相関係数は  $r = 0.57$ であり、有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。左手によるダンベルスナッチ1RM についても同様に有意な正の相関が認められた ( $r = 0.47$ ,  $p < 0.05$ )。

ダンベルスナッチ1RM (右) とスクワット

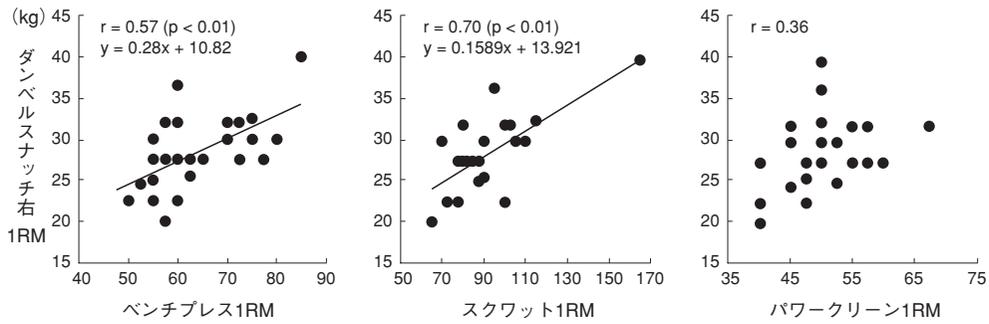


図4 ダンベルスナッチ1RM とベンチプレス1RM、スクワット1RM、パワークリーン1RM の関係  
 Fig. 4 Relationship between dumbbell snatch 1RM and bench press 1RM (Left)  
 Relationship between dumbbell snatch 1RM and squat 1RM (Center)  
 Relationship between dumbbell snatch 1RM and power clean 1RM (Right)

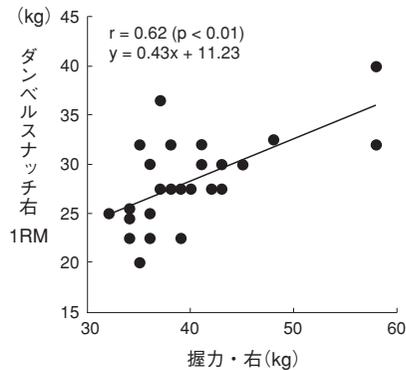


図5 ダンベルスナッチ1RM と握力の関係  
 Fig. 5 Relationship between dumbbell snatch 1RM and grip strength

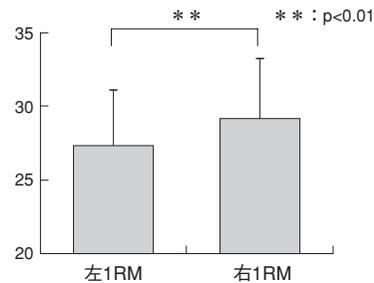


図6 ダンベルスナッチ1RM の左右の相違  
 Fig. 6 Difference of dumbbell snatch1RM between right and left

1RM との相関係数は  $r = 0.70$  であり、有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。左手によるダンベルスナッチ1RM についても同様に有意な正の相関が認められた ( $r = 0.77, p < 0.01$ )。

右手及び左手によるダンベルスナッチ1RM とパワークリーン1RM との間には有意な相関は認められなかった。

### 5. ダンベルスナッチ1RM と握力の関係

図5に、右手によるダンベルスナッチ1RM と右手の握力との関係を示した。両測定値間の相関係数は  $r = 0.62$  であり、有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。左手によるダンベルスナッチ1RM と左手の握力との間にも有意な正の相関が認められた ( $r = 0.68, p < 0.01$ )。

### 6. ダンベルスナッチ1RM の左右差

図6に、ダンベルスナッチ1RM の左右の平均値について示した。ダンベルスナッチ1RM の平均値は、右が  $29.1 \pm 4.1\text{kg}$ 、左が  $27.3 \pm 3.8\text{kg}$  であり、右の平均値は左と比べて有意に高い値を示した ( $p < 0.01$ )。

### 7. 同一組み手群内におけるダンベルスナッチ1RM の左右の相違

図7は、各被験者の最も得意とする技の組み手が「左組」の群 ( $n = 10$ 、以降「左組群」) と「右組」の群 ( $n = 23$ 、以降「右組群」) のそれぞれにおいて、ダンベルスナッチ1RM の左右の平均値を比較したものである。左組群と右組群の両方において、右手によるダンベルスナッチ1RM の

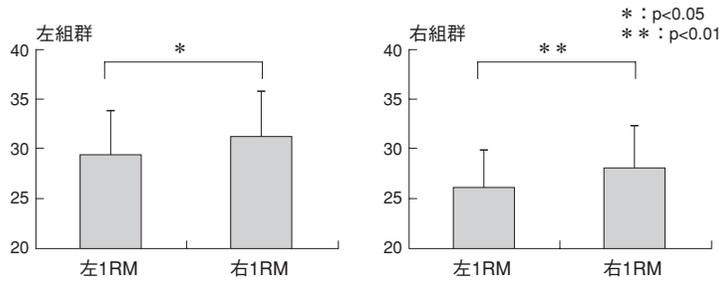


図7 同一組み手群内におけるダンベルスナッチ1RMの左右の相違  
Fig. 7 Difference of dumbbell snatch 1RM between right and left in same judo-KUMITE

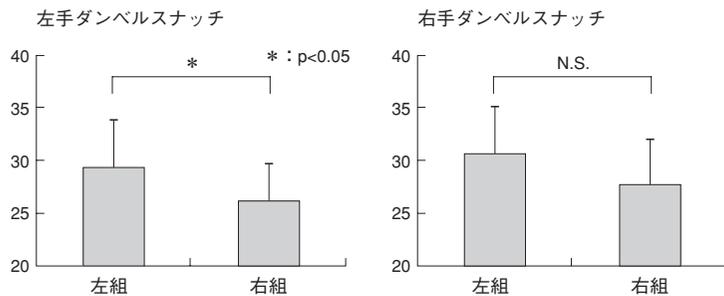


図8 柔道の組み手とダンベルスナッチ1RMの関係  
Fig. 8 Relationship between judo-KUMITE and dumbbell snatch 1RM

平均値が、左手によるダンベルスナッチ1RMの平均値よりも有意に高い値を示した（左組群： $p < 0.05$ 、右組群： $p < 0.01$ ）。

## 8. ダンベルスナッチ1RMと柔道の組み手の関係

図8は、左右のダンベルスナッチの1RMについて、左組群と右組群の平均値を比較したものである。左右のダンベルスナッチ1RMのいずれについても、左組群の平均値の方が右組群の平均値と比べて高い値を示す傾向がみられ、左手によるダンベルスナッチ1RMについては、左組群の平均値が右組群よりも有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。

## 9. ダンベルスナッチ1RMと柔道の競技成績との関係

図9は、国際試合の出場経験がある被験者（優秀選手群： $n = 7$ ）と、それ以外の被験者（一般選手群： $n = 26$ ）における、右手によるダンベル

スナッチ1RMの平均値を比較したものである。両群の平均値及び標準偏差は、優秀選手群が $31.8 \pm 5.1$ 、一般選手群が $27.9 \pm 4.0$ であり、優秀選手群の平均値は一般選手群の平均値よりも有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。左手によるダンベルスナッチ1RMについても、優秀選手群が $29.7 \pm 4.9$ 、一般選手群が $26.4 \pm 3.5$ であり、優秀選手群の平均値は一般選手群の平均値よりも有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。

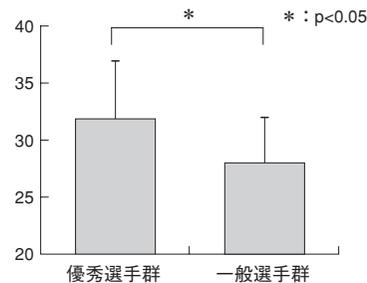


図9 競技成績とダンベルスナッチ1RMの関係  
Fig. 9 Relationship between level of athlete and dumbbell snatch 1RM

## IV. 考 察

### 1. 測定値と測定上の問題点

本研究における大学女子柔道選手を対象としたダンベルスナッチ1RMの平均値は、右 $27.5 \pm 4.3\text{kg}$ （最大値 $40.0\text{kg}$ 、最小値 $20.0\text{kg}$ ）、左 $26.0 \pm 3.6\text{kg}$ （最大値 $38.5\text{kg}$ 、最小値 $20.0\text{kg}$ ）であった。パワー向上を目的として使用する重量はクイックリフトの場合、1RMの75～85%であることから<sup>33)</sup>、今回の対象については、通常のトレーニングにおいて20kg以上のダンベルが必要であることがわかった。国内の柔道選手が、所属にて20kg以上のダンベルを使用できる機会は比較的少ないことから、ダンベルスナッチを適切な重量で実施するためには、高重量のダンベルが整備されたトレーニング施設を利用することが必要であると考えられる。

1RMの測定においては、全被験者が半年以上のダンベルスナッチの実施経験を有していたため、高重量のダンベルを使用した際にも、動作中にバランスを崩したり、ダンベルが身体に接触したりするケースは見受けられず、安全に測定を実施することができた。一方、ダンベルの挙上に失敗した場合には、床にダンベルが落下するケースがみられたことから、実施にあたっては、床やダンベルの破損を防ぐために、床にラバーなどの衝撃緩衝材を敷設することや、ラバーコーティングされたダンベルを使用することなどが必要であると思われた。

有賀ら<sup>32)</sup>が大学男子柔道選手49名を対象として行った先行研究においては、ダンベルスナッチ1RMの全被験者の平均値が右 $39.3 \pm 5.4\text{kg}$ 、左 $38.6 \pm 5.6\text{kg}$ であったことが報告されており、今回の女子選手を対象とした測定値は、男子選手に対して右が69.8%、左が67.3%の値となり、女子選手の測定値は男子選手の70%以下であることが明らかとなった。

### 2. 階級や体重との関連

本研究では、ダンベルスナッチ1RMと体重との間に有意な正の相関が認められたが、ダンベルスナッチ1RM体重比と体重との間には有意な負の相関が認められ、前項の男子選手を対象とした先行研究と同様の結果となった。また、先行研究の男子の測定結果と階級別に比較してみると、右手による測定値については、女子軽量級（48kg級と52kg級）は男子軽量級（60kg級と66kg級）の69.6%、女子中量級（57kg級、63kg級、70kg級）は男子中量級（73kg級、81kg級、90kg級）の73.6%、女子重量級（78kg級と78kg超級）は男子重量級（100kg級、100kg超級）の72.8%の値であった。左手による測定値については、男子の測定値に対して軽量級68.6%、中量級71.5%、重量級73.4%であり、軽量級に比べ、中量級と重量級の方が男子に対する女子の測定値の割合が高くなる傾向がみられた。

階級間の比較を行ってみると、本研究における女子のダンベルスナッチ1RM（右）の階級別平均値は、体重の重い階級ほど有意に大きな値を示しており、軽量級は中量級の85.4%、重量級の75.6%であり、中量級は重量級の88.5%であった。上述の男子を対象とした報告では、軽量級は中量級の90.3%、重量級の79.1%、中量級は重量級の87.6%であり、今回の女子の測定結果は男子と類似したものであったが、女子の方が男子と比べて軽量級と中量級の平均値の差が大きい傾向がみられた。

### 3. 他のエクササイズの1RMとの関連

本研究では、ダンベルスナッチ以外の筋力トレーニングのエクササイズとして、ベンチプレス、スクワット、パワークリーンの1RMの測定を実施した。ダンベルスナッチの1RMとベンチプレス及びスクワットの1RMの間には有意な正の相関が認められたが、パワークリーンの1RMの間には有意な相関は認められなかった。ダンベルスナッチは、しゃがんだ姿勢から床を蹴ってウェイトを上方にすばやく挙上するという動作特性

において、バーベルを床から肩の高さまで一気に挙上するパワークリーンと類似していることから、両者には有意な正の相関関係が認められることが予想されたが、今回は反する結果となった。この要因としては、ダンベルスナッチとパワークリーンの相違点として、体幹の捻りの有無や、一側性と両側性といった動作特性の違いが関与している可能性があり、今後はこれらについても検討する余地があろう。

#### 4. 握力との関連

本研究ではダンベルスナッチの1RMと握力との間には有意な正の相関が認められた。有賀ら<sup>28)</sup>は、鉄棒に掛けた柔道着の襟を握ってぶら下がった状態で行う懸垂腕屈伸運動(柔道着懸垂)の反復回数と握力との間には相関関係が認められなかったことを報告し、この要因として柔道選手には握力計を握る「能動的握力」よりも、握った手を引き離そうとする力に耐える「受動的握力」に優れている特性があることについて考察している。今回測定を行ったダンベルスナッチの動作は、柔道着ではなくダンベルのバーを握って行われることから、ダンベルスナッチの挙上能力には受動的握力よりも能動的握力の大きさが関与した可能性があることが示唆された。

#### 5. 測定値の左右差と組み手との関連について

本研究の被験者の組み手の内訳は、全被験者33名中、左組群が10名、右組群が23名であり、日常生活における利き手(ペンを持つ手)は、32名が右利きであり、左利きは1名のみであった。ダンベルスナッチの1RMは、右手による測定値の方が左手による測定値と比べて有意に高い値を示し、前述の男子を対象とした先行研究と同様の結果であった。また、同一組み手群内において左右の相違について検討した場合においても、右手による測定値の方が左手による測定値と比べて有意に高かった。柔道においては、引き手と釣り手が存在し、釣り手の動作がダンベルを上方に引き上げる動作に類似していることから、組み手の左右

とダンベルスナッチの1RMとの間に関連があることが予想されたが、今回の結果では組み手にかかわらず、左手よりも右手によるダンベルスナッチ1RMの方が高い値を示す結果となった。この要因としては、柔道の組み手よりも、日常生活の利き手が関与している可能性が考えられた。

ダンベルスナッチ1RMの、左組群と右組群の平均値を比較してみると、左右のどちら側についても、左組群の平均値の方が右組群と比べて高い値を示す傾向が見られた。この要因については本研究では明らかにすることができなかったが、今回の被験者の左組の被験者の中に国際試合への出場経験がある選手が含まれる割合が高かったことが関与している可能性が考えられた(左組40%、右組13%)。今後、左右差を検討する際には、組み手の左右ばかりでなく得意技の種類についても検討要因に加えることが必要であると思われる。

#### 6. 競技成績との関連

優秀選手群のダンベルスナッチ1RMの平均値は、一般選手群よりも有意に高い値を示し、男子を対象とした先行研究と同様の結果となった。ダンベルスナッチ1RMは、男子柔道選手とともに女子柔道選手においても競技成績との関連が認められ、柔道選手のための競技力向上のためのトレーニング法として活用しうる可能性が示唆された。

## V. 要 約

本研究では、女子柔道選手の引く動作のパワー向上のためのトレーニング法や、引く動作のパワーを簡便に把握するためのテスト法に関する基礎資料を得ることを目的に、女子柔道選手を対象としてダンベルスナッチの最大挙上重量を測定し、階級や形態、他の体力測定項目の測定値、柔道の競技成績や技術特性などとの関連について検討を行い、次のような知見を得た。

1) ダンベルスナッチ1RMの全被験者の平均値

は右 $27.5 \pm 4.3\text{kg}$ 、左 $26.0 \pm 3.6\text{kg}$ であり、過去に報告された男子選手の測定値の70%程度の値であった。

- 2) ダンベルスナッチ1RMと体重との間には有意な正の相関 ( $p < 0.01$ ) が認められたが、1RM 体重比については有意な負の相関 ( $p < 0.01$ ) が認められた。
- 3) ダンベルスナッチ1RMとベンチプレス1RM及びスクワット1RMとの間には有意な正の相関 ( $p < 0.01$ ) が認められたが、パワークリーン1RMとの間には有意な相関は認められなかった。
- 4) ダンベルスナッチ1RMと握力の間には有意な正の相関 ( $p < 0.01$ ) が認められた。
- 5) ダンベルスナッチ1RMの右手による測定値は、左手による測定値と比べて有意に高く ( $p < 0.01$ )、組み手との特別な関係は認められなかった。
- 6) 得意技の組み手が左組の選手のダンベルスナッチ1RM 平均値は、右組の選手と比較して、高い値を示す傾向がみられた。
- 7) 国際試合の出場経験がある優秀選手群のダンベルスナッチ1RMの平均値は、国際試合の出場経験がない一般選手群の平均値よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

これらの結果から、ダンベルスナッチの1RMは、柔道選手の競技力向上のためのトレーニングの手段として、また、パワーの測定・評価の指標として活用し得る可能性が示唆された。

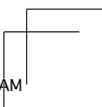
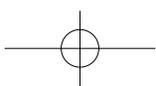
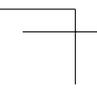
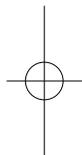
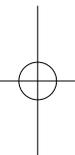
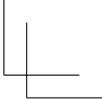
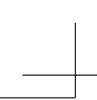
## 謝 辞

本稿を終えるにあたり、測定に協力していただいた東海大学サポートスタッフの飯塚ひとみさんと行成沙織さんに深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 佐藤宣踐：柔道技の大百科 (1), ベースボール・マガジン社, 1999.
- 2) 池田光輝：柔道立ち技テクニック, 文芸社, 2001.
- 3) Donald A. Chu: Explosive Power & Strength, Human Kinetics, 1996.
- 4) 有賀誠司：パワー獲得トレーニング, 新星出版社, 2007.
- 5) Harvey Newton: Explosive Lifting for Sports Human Kinetics, 2006.
- 6) 有賀誠司：筋力トレーニングのスポーツ選手への適用, Japanese Journal of Biomechanics in Sports & Exercise, 6, 227-239, 2002.
- 7) 有賀誠司：自分でつくる筋力トレーニングプログラム, 山海堂, 2004.
- 8) 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.
- 9) Shewokis, T., B. Takano, and I. Javorek.: The dumbbell. power clean. NSCA Journal 12 (1) :17-19. 1990.
- 10) Auferoth, S.J., and J. Joseph.: The dumbbell power clean. NSCA Journal 12 (5), 47-48. 1990.
- 11) Hedrick, A.: Dumbbell training for football at the U.S. Air Force Academy. Strength and Conditioning 20 (6):34-39. 1998.
- 12) 有賀誠司：専門的筋力トレーニングの負荷手段を整理する, 月刊トレーニング・ジャーナル, 23 (3), 61-67, 2001.
- 13) 有賀誠司：ダンベルエクササイズの実践, 月刊トレーニング・ジャーナル, 23 (12), 10-19, 2001.
- 14) 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.
- 15) 有賀誠司：競技スポーツに活かすウエイトトレーニング, 月刊ボディビルディング, 34 (4), 19-24, 2001.
- 16) 有賀誠司, 小山勝弘, 射手矢岬, 中村波雄, 小田千尋, 田村尚之：柔道選手の体力測定法に関する研究～全日本男子強化選手に実施した新測定項目について～, 柔道科学研究, 第7号, 12-23, 2002.

- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 金久博昭: 武道系選手の体力特性, Jpn.J.Sports sci., 4, 690-696, 1990.
- 20) 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.
- 21) 木村昌彦, 山本洋祐, 佐藤宣践, 中西英敏, 柏崎克彦, 野瀬清喜, 山崎俊輔: 等速性筋出力からみた大学生柔道選手の筋力特性, 柔道科学研究, 1, 25-29, 1993.
- 22) 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.
- 23) 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.
- 24) 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.
- 25) 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.
- 26) 藪根敏和, 野原弘嗣, 上村守: 引手, 釣手の牽引力からみた柔道投技練習法の検討～内股について～, 京都教育大学紀要. Vol.85, 63-77, 1994.
- 27) 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, 第18号, 44-53, 2006.
- 28) 有賀誠司, 白瀬英春, 山田佳奈, 生方謙: 女子柔道選手における柔道着懸垂について, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第20号, 33-41, 2008.
- 29) 清野哲也, 春日井淳夫, 青山陽紀, 山本浩貴, 吉見浩二, 佐藤伸一郎, 高野裕光, 青柳領: 階級別柔道選手におけるベンチプレス・トレーニング法の検討, 柔道科学研究, 3, 29-34, 1995.
- 30) 有賀誠司, 寺尾保, 中村豊, 恩田哲也, 山下泰裕, 中西英敏, 佐藤宣践, 白瀬英春, 橋本敏明, 古谷嘉邦: 柔道競技におけるトレーニング方法に関する研究——一流柔道選手の階級増を目的としたトレーニングの実践例とその効果——, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 第10号, 60-70, 1998.
- 31) 有賀誠司, 恩田哲也, 山下泰裕, 中西英敏: 一流柔道選手におけるサーキット・ウエイトトレーニングの効果, 日本武道学会第33回大会研究発表抄録, 日本武道学会, 2000.
- 32) 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, 第14号, 23-33, 2002.
- 33) 日本トレーニング指導者協会: トレーニング指導者テキスト実践編, ベースボール・マガジン社, 2007.





# 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

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 小澤秀樹 (医学部内科学系総合内科学)  
三田信孝 (体育学部生涯スポーツ学科) 桑平一郎 (医学部内科学系呼吸器内科学)  
内田裕久 (工学部エネルギー工学科)

The Effects of Walking Exercise in Hypobaric Hypoxic Environments  
on the Autonomic Nervous System and the Arterial Stiffness of Post-exercise  
in Middle-aged and Elderly Persons

Tamotsu TERAOKA, Hideki OZAWA, Nobutaka MITA, Ichiro KUWAHIRA and Hirohisa UCHIDA



## Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of walking exercise in hypobaric hypoxic environments on the autonomic nervous system and artery stiffness in middle-aged and elderly persons. Seven male adults volunteered for this study. The subjects walked for 45-60 minutes on a treadmill in three environments ; normobaric normoxic environment (NE) at sea level ; hypobaric hypoxic environments at 1500m (HE1) ; and 2000m (HE2) simulated altitude. The following parameters were measured during exercise and 30 minutes post exercise in NE, HE1 and HE2 ; arterial oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), the autonomic nervous system by determining the subjects relative pupil radius, and arterial stiffness index (baPWV). Our results were as follows : (1) The SpO<sub>2</sub> during exercise in HE2 was significantly lower than that in NE and HE1 ( $p < 0.01$ ). (2) The relative pupil radius after 30 minutes post-exercise in HE1 was significantly lower than that in NE and HE2 ( $p < 0.05$ ). (3) The baPWV after 30 minutes post-exercise in HE1 was significantly lower than that in NE ( $p < 0.05$ ). (4) HE2 showed a tendency higher than that in the other two environments. The baPWV can be temporarily improved by acute walking exercise in HE1. These results suggest that walking exercise in hypobaric hypoxic environment at 1500 m altitude may be a useful method for stimulating the activity of the autonomic nervous system and improvement of arterial stiffness in middle and elderly persons.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 43-50, 2009)

## I. 緒 言

以前より、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・改善および健康増進に貢献する可能性のあること<sup>1,2,3)</sup>を報告している。さらに、私たちの先行研究では、人工的高地環境システムの低圧室を用い、標高1500mに相当する低圧環境下での歩行運動は、身体的にも安全で安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあること<sup>4)</sup>、また、低圧低酸素環境下と常圧常酸素環境下（平地）の併用による歩行運動は、単に、常圧常酸素環境下の歩行運動に比較して、長期間にわたって継続することで安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあること<sup>5,6)</sup>等も報告している。

循環器疾患に関する評価法としては、心電図および血圧の検査とともに血液循環動態の良否を判断するものとして、指尖容積脈波を二次微分した加速度脈波は、非観血的な末梢循環動態の一つの指標になること<sup>7,8,9)</sup>が報告されている。さらに、身体運動と加速度脈波からみた末梢の血液循環動態とに密接な関係があること<sup>10,11,12)</sup>も報告されている。私たちの低圧低酸素環境と運動に関する先行研究では、加速度脈波および皮膚温度からみた末梢循環の動態から、標高1500 mに相当する低圧低酸素環境下における一過性の歩行運動は、運動終了後、末梢循環が一時的に改善されること<sup>13,14)</sup>、さらに、定期的な歩行運動が安静時の末梢循環を比較的早期に改善すること<sup>15)</sup>等が認められている。

従来、生活習慣病と環境条件との関連から、標高1000～3000mの高地住民には、冠心疾患や高血圧症などの発生率が低く、また、長寿者の多いこと<sup>16)</sup>や、生活習慣病、とくに虚血性心疾患および脳血管疾患などの循環器系疾患に対する身体運動の有効性も多く報告されている。循環器系疾

患の原因の一つに動脈ステイフネスの増加による動脈硬化<sup>17)</sup>があげられる。高地環境と運動に関する先行研究では、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における歩行運動は、比較的短期間でもbaPWVを低下させること<sup>18,19)</sup>を報告している。

本研究では、その研究の一環として、これまでの成績（標高1500mにおける歩行運動の有用性）を踏まえ、主に中高年者を対象に、高地（低圧低酸素環境下）における一過性の歩行運動を行った場合、標高の違いが運動中の動脈血酸素飽和度の応答、運動終了後の自律神経系（交感神経および副交感神経）の変化、さらには動脈機能（動脈ステイフネス）の動態にどのような影響を及ぼすかを検討した。

## 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、成人の男子7名（年齢 47.0 ± 13.9歳、身長170.5 ± 8.8cm、体重77.8 ± 21.5kg、BMI 26.3 ± 4.9）を被験者とした。被験者は、常圧常酸素環境と低圧低酸素環境（標高1500mおよび2000m）に分け、それぞれに歩行運動を行わせた。なお、被験者には、研究の目的、内容を十分に説明し、自主的な参加の同意を書面にて得た。

### 2. 環境条件

常圧常酸素（NE）および低圧低酸素環境（標高1500m；HE1、標高2000m；HE2）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、NE（気圧760mmHg）、HE1（標高1500mに相当する気圧634mmHg）HE2（標高2000mに相当する気圧596mmHg）にそれぞれ調

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を整して行った（室温20℃、相対湿度50%）。

### 3. 運動強度の判定

予備実験では、HE1を基準として、トレッドミルを用い、目標心拍数（ $(220 - \text{年齢}) \times 0.75$ ）、動脈血酸素飽和度（90~94%）および自覚的運動強度 RPE（11~13）の3つの指標から、それぞれの示してある範囲内になるように歩行速度とトレッドミル傾斜角を求めた。なお、NE および HE2 の運動強度は、HE1の歩行速度と傾斜角を用いた。

### 4. 歩行運動実験

各環境条件下での歩行運動は、それぞれ45~60分間とした。実験では、NE、HE1およびHE2の運動中の動脈血酸素飽和度、運動終了30分後の自律神経系（初期瞳孔径；虹彩の瞳孔反応で交感神経と副交感神経の働きやバランスを推測）および動脈スティフネス（脈波伝播速度；baPWV）の動態を測定した。運動中のRPEを測定するため、Borgのスケールを用い、各環境下での歩行運動終了直後に、被験者に対して口答で求めた。

### 5. 初期瞳孔径および脈波伝播速度（baPWV）の測定

実験手順は、運動終了30分後に常圧環境下（気圧760mmHg、室温25℃、相対湿度55%）で、瞳孔反応測定器を用いて、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。その後、baPWVの測定は、被験者を仰臥位にて安静状態に保持させた後、両足首および両腕に血圧脈波検査装置のカフを装着し、上腕収縮期血圧、拡張期血圧、脈圧および上腕動脈から足首動脈間のbaPWVの測定を行った。

### 6. 測定方法

初期瞳孔径の測定は、ストレスメーターDM-2010（アイリテック）を使用した。

baPWVは、血圧脈波検査装置（form PWV/ABI、日本コーリンメディカル社）を用いて測定した。動脈血酸素飽和度は、パルスオキシメータ

（PULSOX-3i、ミノルタ）、心拍数がハートレートモニター（RS800、ポラール）をそれぞれ用いて測定した。

### 7. 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表した。3つの環境条件間（NE、HE1およびHE2）における各測定項目の比較には、対応のある一元配置分散分析を行った。有意差が認められた場合に、Bonferroni法による多重比較を行った。RPEについては、Friedman検定において有意差が認められた後、多重比較検定（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. 一過性の歩行運動中におけるSpO<sub>2</sub>の変化

常圧常酸素環境下における安静時のSpO<sub>2</sub>は、97%であった。一過性の歩行運動中におけるSpO<sub>2</sub>の変化を図1に示した。SpO<sub>2</sub>は、NE、

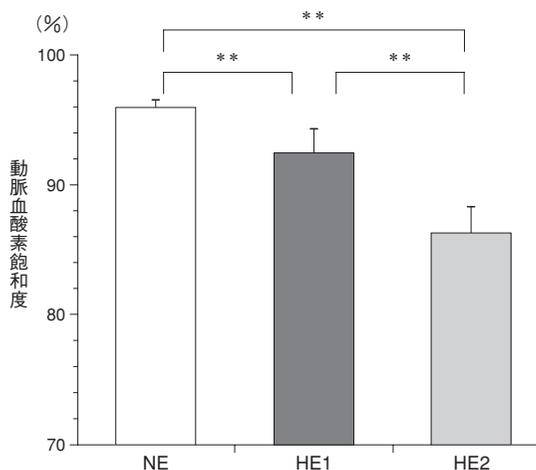


図1 一過性の歩行運動中における動脈血酸素飽和度の変化  
Fig. 1 Changes in arterial oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) during exercise in three environments. Values are expressed as means ± SD. NE (sea level) ; normobaric normoxic environment, HE1 ; hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude, HE2 ; hypobaric hypoxic environment at 2000 m simulated altitude. \*\* p < 0.01

HE1、HE2の順で有意に低値を示した（いずれも  $p < 0.01$ ）。

## 2. 一過性の歩行運動中における RPE の変化

図 2 に一過性の歩行運動終了直後における RPE の変化を示した。RPE は、NE、HE1、HE2 の順で有意に高値を示した（いずれも  $p < 0.05$ ）。

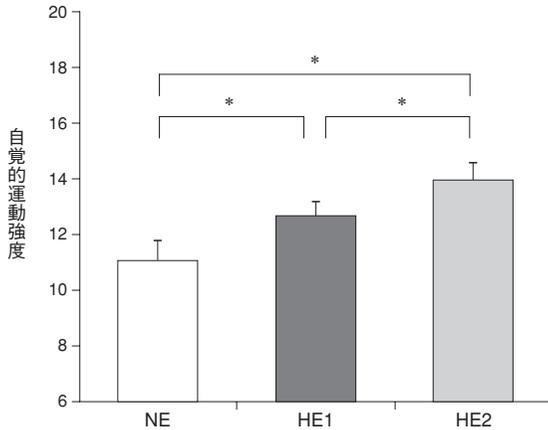


図 2 一過性の歩行運動中における自觉的運動強度 (RPE) の変化

Fig. 2 Changes in RPE during exercise in three environments. Values are expressed as means  $\pm$  SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE1; hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude, HE2; hypobaric hypoxic environment at 2000 m simulated altitude. \*  $p < 0.05$

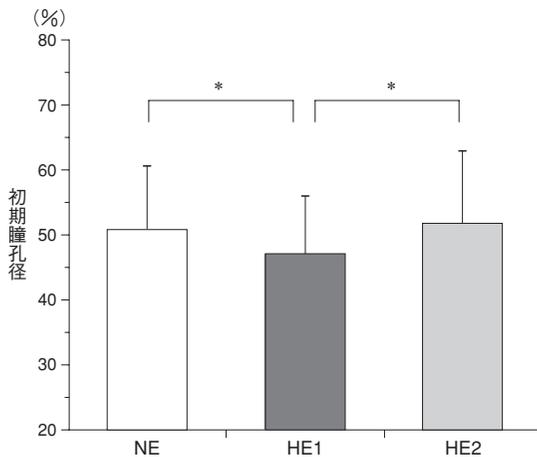


図 3 一過性の歩行運動後における初期瞳孔径の変化

Fig. 3 Changes in relative pupil radius after 30 minutes post-exercise in three environments. Values are expressed as means  $\pm$  SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE1; hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude, HE2; hypobaric hypoxic environment at 2000 m simulated altitude. \*  $p < 0.05$

## 3. 一過性の歩行運動後における自律神経の変化

図 3 に一過性の歩行運動終了30分後における初期瞳孔径の変化を示した。初期瞳孔径は、HE1がNE および HE2に比較して、有意な低値を示した ( $p < 0.05$ )。

## 4. 一過性の歩行運動後における動脈スティフネスの変化

図 4 に一過性の歩行運動終了30分後における baPWV の変化を示した。baPWV は、HE1がNE に比較して、有意な低値を示した（それぞれ  $p < 0.05$ ）。HE2については、個人差はあるが高値傾向を示した。

# IV. 考 察

本研究では、これまでの成績（標高1500m における歩行運動の有用性）を踏まえ、主に中高年者を対象に、高地（低圧低酸素環境下）における一過性の歩行運動を行った場合、標高の違いが運動中の動脈血酸素飽和度の応答、運動終了後の自律神経系（交感神経および副交感神経）の変化、

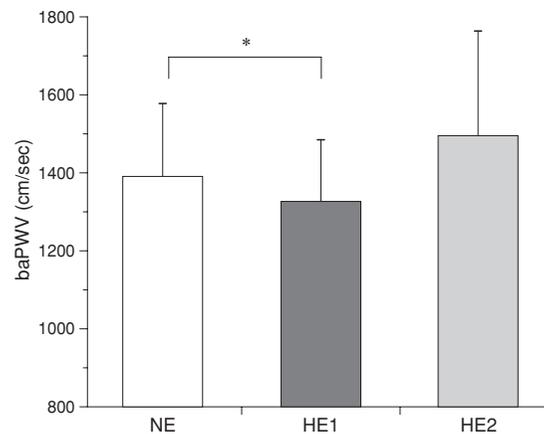


図 4 一過性の歩行運動後における動脈スティフネスの変化

Fig. 4 Changes in baPWV after 30 minutes post-exercise in three environments. Values are expressed as means  $\pm$  SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE1; hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude, HE2; hypobaric hypoxic environment at 2000 m simulated altitude. \*  $p < 0.05$

さらには動脈硬化度（動脈スティフネス）の動態にどのような影響を及ぼすかを検討した。

その結果、歩行運動中のSpO<sub>2</sub>は、標高に応じてNE、HE1、HE2の順で有意に低値を示した。逆に、RPEは、標高に応じてNE、HE1、HE2の順で有意に高値を示した。高地環境における運動による生理的応答（被験者個々の生理的負担度と自覚的運動強度）は、標高、運動強度および運動を行う者の特性（年齢、鍛錬度、経験度等）によって異なる。SpO<sub>2</sub>の低下の程度は、NEでは安静時とほぼ同じ値を示したが、HE1では平均92.4%（91～95%）、さらに、HE2では平均86.3%（83～89%）と大きく低値を示した。また、HE2では、HE1に比較して、SpO<sub>2</sub>の低下の度合いには個人差が大きくなる傾向を示した。したがって、とくに中高年者を対象とした高地環境下での運動は、安全性を考慮する場合、HE2がHE1に比べて、過度の低圧低酸素負荷がかかり、生体負担度が大きく、RPEも高くなることが示唆された。さらに、標高の違いによる歩行運動時のSpO<sub>2</sub>の応答は、次の運動終了後の自律神経系および動脈機能に影響を及ぼしていた。

一般的に運動時は、自律神経系が交感神経優位の平衡を保った状態が維持されると考えられる。運動終了後は、自律神経系も標高の違いや行った運動の強度等に比例して交感神経緊張を維持した後、安静状態になるとともに副交感神経優位となる。そこで、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。瞳孔は、普段は直径3～4mmであるが、大きさは交感神経と副交感神経の緊張のバランスで決まり、安静時、すなわち、副交感神経緊張が増加したとき（交感神経緊張減少）に縮小し、興奮時、すなわち、交感神経緊張が増加したとき（副交感神経緊張減少）に散大する。そこで、歩行運動終了30分後の初期瞳孔径は、HE1がNEおよびNE2に比較して、有意な低値を示した。つまり、初期瞳孔径は、標高1500mにおける歩行運動終了後が他の環境よりも有意に縮小した。このことは、安静時には副交

感神経が亢進し、瞳孔が縮小するという報告<sup>20)</sup>と同様に、本研究においても回復時の運動終了30分後には、同様な結果が得られ、他の環境条件よりも副交感神経活動が亢進状態にあることを示していた。すなわち、前述のSpO<sub>2</sub>で示したように、標高1500mにおける歩行運動時には、生体に適度な低酸素負荷がかかり、運動終了後には速やかに副交感神経活動の亢進（交感交換神経活動の抑制）がみられ、リラックス効果も得られたと考えられる。この副交感神経活動の亢進は、末梢血管の拡張、内臓活動の亢進、さらには運動で消耗した状態の回復に適している状態にあると考えられる。これらの効果は、私たちがすでに報告している低圧低酸素環境と加速度脈波および皮膚温度による末梢循環に関する研究<sup>13, 14)</sup>と密接に関連づけることができる。標高1500m程度の低圧低酸素環境下における運動の方が平地での運動よりも、運動終了後、加速度脈波および皮膚温度の変化からも末梢循環動態に速やかに応答し、さらに、効果がより長く維持することを報告している。すなわち、運動終了後の皮膚温度は、HE1がNEに比較して、30分後から皮膚温度の上昇がみられ、胸部、腹部、背部および手掌部などに高温のエリアが拡大され、60分経過した後もなお高温の状態を維持していた。これらの結果は、標高1500m程度の低圧低酸素環境が末梢の血流増加の効果にも大きく関与することが示唆される。したがって、先行研究および本研究の結果から推察すると、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下で一定強度の運動を一定時間負荷すると、適度な低圧低酸素刺激と運動刺激の相乗作用が運動終了後に、速やかに副交感神経活動が亢進し、末梢血管の拡張、血流量の増加等から、末梢循環を一時的に改善することが考えられる。しかし、標高2000m程度の歩行運動では、中高年者にとって個人差も大きく、とくに、初期の運動環境としては過度の低圧低酸素負荷がかかり、生体負担度も大きく、運動終了後も交感神経が緩和され、副交感神経の働きが優位な状態になるまである程度の時間を要することが示唆された。

次に、baPWVについては、近年、動脈スティフネスの指標として、動脈硬化度の評価に広く利用されている。動脈スティフネスは、加齢とともに増加するが日常生活の改善、とくに有酸素運動の習慣化（運動様式、運動強度、持続時間、運動頻度に影響を及ぼす）によって予防・改善が期待できること<sup>17, 21, 22)</sup>が報告されている。一方、高強度のレジスタンストレーニングは、動脈スティフネスを上昇させること<sup>23)</sup>も報告されている。高地環境と運動に関する先行研究では、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における歩行運動は、比較的短期間でもbaPWVを低下させること<sup>18, 19)</sup>を報告している。一過性の運動に対する循環器系に及ぼす影響については、有酸素性運動後に動脈スティフネスは一時的に低下するのに対し、レジスタンス運動後では動脈スティフネスが30～60分間増加すること<sup>24)</sup>が報告されている。これには、運動中の血圧や血流の動態の違いが関係していると考えられる。歩行運動終了30分後のbaPWVは、HE1がNEに比較して、有意な低値を示した。HE2については、個人差はあるが高値傾向を示した。本研究では、高地環境における生理応答が標高の違いによっても出現時期が異なっていたことも推察される。baPWVの低下には、動脈壁の機能的変化と器質的变化が関与していること<sup>17, 21, 22)</sup>が考えられる。そこで、本研究のような運動環境、運動負荷条件および運動時間で得られた一過性の影響については、動脈壁の機能的変化によるものであり、おそらく血管平滑筋の緊張度などを介するものが主体であると考えられる。すなわち、血管平滑筋の緊張度は、血管内皮細胞由来の血管作動物質や自律神経系に影響される。本研究の結果では、標高1500m程度の歩行運動終了30分後により生じる交感神経活動の低下および副交感神経活動の亢進が血管平滑筋の緊張度を低下させ、その効果がbaPWVの低下に寄与した一つであると考えられる。その他、一過性の運動による循環血流量の増加が血管壁への力学的刺激（Shear stress）となって血管内皮細胞から血管弛緩物質である一酸化窒素（NO）の放出を高める

こと<sup>17)</sup>も報告されている。標高2000m程度の歩行運動では、中高年者にとって個人差も大きく、身体的ストレスも過剰になり、他の環境条件に比べて、運動終了30分後も交感神経活動の亢進が持続され、血管平滑筋の緊張度も緩和されず、baPWVが高値傾向を示していたと考えられる。

以上、本研究の成績から、中高年者に対する標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における歩行運動は、運動終了後、速やかに副交感神経活動の亢進がみられ、動脈スティフネスを一時的に改善することが示唆された。

## V. まとめ

本研究では、これまでの成績（標高1500mにおける歩行運動の有用性）を踏まえ、主に中高年者を対象に、高地（低圧低酸素環境下）における一過性の歩行運動を行った場合、標高の違いが運動中の動脈血酸素飽和度の応答、運動終了後の自律神経系（交感神経および副交感神経）の変化、さらには動脈硬化度（動脈スティフネス）の動態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とおりである。

- 1) 一過性の歩行運動中におけるSpO<sub>2</sub>は、NE、HE1、HE2の順で有意に低値を示した（いずれも $p < 0.05$ ）。
- 2) 一過性の歩行運動中におけるRPEは、NE、HE1、HE2の順に有意な高値を示した（いずれも $p < 0.05$ ）。
- 3) 一過性の歩行運動後における初期瞳孔径は、HE1がNEおよびHE2に比較して、有意な低値を示した（ $p < 0.05$ ）。
- 4) 一過性の歩行運動後におけるbaPWVは、HE1がNEに比較して、有意な低値を示した（それぞれ $p < 0.05$ ）。HE2については、個人差はあるが高値傾向を示した。

以上、本研究の成績から、中高年者に対する標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における歩行運動は、運動終了後、速やかに副交感神経活

動の亢進がみられ、動脈スティフネスを一時的に改善することが示唆された。

#### 参考文献

- 1) 寺尾保, 恩田哲也, 中村豊, 有賀誠司: 低圧環境下における持久的トレーニングがスポーツ選手の形態, 身体組成および脂質代謝に及ぼす効果, 体力科学, 46 (6): 916, 1997
- 2) 寺尾保, 木村季由, 湯浅康弘, 袋館龍太郎, 恩田哲也, 有賀誠司, 中澤一成, 山並義孝, 中村豊, 齋藤勝: スポーツ選手の減量に対する低圧環境下の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝に及ぼす影響, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 11: 22-29, 1999
- 3) 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
- 4) Terao, T., Onda, T., Aruga, S., Yamanami, Y.: Effects of walking exercise in a hypobaric environment on the body composition and energy metabolism of obese subjects. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, 4 (4): 161, 1999
- 5) 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
- 6) 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 für Sportmedizin*, 33 (2): 26-31, 2003
- 7) 高沢謙二, 伊吹山千春, 加速度脈波, 現代医療, 20: 948-955, 1988
- 8) 高沢謙二, 伊吹山千春, 加速度脈波の有効性, 臨床検査, 33: 858-862, 1989
- 9) 鈴木明裕, 山川和樹, 藤沼秀光, 須藤秀明, 小川研一, 弾性動脈の伸展度 (Distensibility) と, 加速度脈波との関係についての検討, 日本臨床生理学雑誌, 20: 113-123, 1990
- 10) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺剛, 西田明子, 小山内博, 加速度脈波による血液循環の評価とその応用, 労働科学, 61 (3): 129-143, 1985
- 11) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺剛, 西田明子, 小山内博, 加速度脈波による血液循環の評価とその応用 (第2報) — 波形の定量化の試み —, 体力研究, 68: 17-25, 1988
- 12) 佐野裕司, 片岡幸雄, 小山内博, 身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響 (その2) — 長期トレーニングの影響 —, 千葉体育学研究, 16: 47-53, 1993
- 13) 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
- 14) 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
- 15) 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
- 16) 浅野勝己: 高所トレーニングの生理的意義と最近の動向, 臨床スポーツ医学, 16 (5): 505-516, 1999
- 17) 松田光生: 4. 脈波速度の臨床治療への応用 非薬物治療: 運動, 食事, 食塩制限, 禁煙など, 脈波速度, 小澤利男, 増田善昭編集, メジカルビュー社, 128-135, 2002
- 18) 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
- 19) 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鎚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

- 20) 後藤由夫, 本郷道夫: 自律神経の基礎と臨床, 改訂3版, 医学ジャーナル社, 東京, 122-127, 2006
- 21) Maeda,S., Miyauchi,T., Kakiyama,T., Sugawara,J., Iemitsu,M., Irukayama-Tomobe,Y., Murakami,H., Kumagai,Y., Kuno,S., Matsuda,M. : Effects of exercise training of 8 weeks and detraining on plasma levels of endothelium derived factors, endothelin-1 and nitrite/nitrate, in healthy young humans. *Life Sci.*, 69:1005-1016, 2001.
- 22) 三浦哉, 青木さくら: 低強度のサーキットトレーニングが成人女性の動脈スティフネスに及ぼす影響, *体力科学*, 54 (3) :205-210, 2005
- 23) Miyachi,M., Kawano,H., Sugawara,J., Takahashi, K., Hayashi,K., Yazaki,K., Tabata,I. and Tanaka,H. : Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance a randomized intervention study. *Circ.*, 110 : 2858-2863, 2004
- 24) 宮地元彦: 循環系応答から見たレジスタンストレーニング —エビデンスを基に効果と安全を考える— (シンポジウム2: 呼吸循環系応答からより良い運動の方法を考える), *体力科学*, Vol.55 (No.1), 35, 2006



# 幼児の跳躍動作における「巧みさ」の獲得過程 に関する三年間の縦断的研究（第2報）

—二次元映像解析より求めた下肢関節の屈伸の順次性—

山田 洋（東海大学体育学部）

加藤達郎（東海大学体育学部） 西ヶ谷達則（秦野市スポーツ振興財団）

植村隆志（東海大学総合経営学部） 知念嘉史（東海大学体育学部）

山下泰裕（東海大学体育学部） 長堂益丈（株式会社クリアサイト）

Longitudinal Study for 3 Years about an Acquisition Process of  
“Skill” in Jump Movement of Infant

–The Order of Extension and Flexion Characteristics of a Lower Leg Joint Calculated Using  
by Two-Dimensional Picture Analysis–

Hiroshi YAMADA, Tatsuro KATO, Tatsunori NISHIGAYA, Takashi UEMURA, Yoshifumi CHINEN,  
Yasuhiro YAMASHITA and Masutomo NAGADOU



## Abstract

The purpose of this study was to evaluate an acquisition process of vertical jump movement of infant. Using two-dimensional picture analysis, the order of flexion / extensions of a lower leg joint was examined. 11 kindergarteners in Yokohama-shi, Kanagawa participated in this study. The measurement was carried out for the same subject in March, 2007 in February, 2006 in February, 2005. Similar measurement was performed for ten healthy university students as a control group. Phases of “squatted down” and “stand up” were analyzed in jump movement. For a hip joint / a knee / an ankle, a timing of flexure was compared with an extension between 4 years old, 5 years old, 6 years old. As a result, we began to “squat down” with a growth development, and the difference was not seen in a timing of flexion. A timing of an extension in a knee and an ankle became late in the phases of “stand up”, indicating that a change in acquisition of movement will occur. These results suggested that “skill” of jump movement acquired with a growth development of infant was able to be evaluated using two-dimensional picture analysis.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 51-58, 2009)

## I. はじめに

スキヤモンの発育発達曲線にみられるように、幼児期には神経系の発達が著しく<sup>1)</sup>、動作の「巧みさ」が獲得される時期であると考えられる。しかしながら、これまで幼児期における動作の「巧みさ」を評価する研究はほとんど行われていない。この「巧みさ」の評価に関して、マイネル<sup>2)</sup>は「巧みな運動では、それぞれの四肢や関節に明らかな順次性が認められる」と述べ、これを「運動伝導」と定義している。

我々はこの運動伝導の考えに基づいて、ヒトの基本的な動作のひとつである「跳躍」をとりあげ、幼児における動作の「巧みさ」の獲得過程を縦断的に評価することを試みた。すなわち、幼児に跳躍動作を行わせた際に矢状面からの二次元映像解析を行い、しゃがみ始めから踏み切りまでの下肢関節が動く順序（順次性）を、同一幼児における時間経過の中で比較した。ここでは、垂直跳び動作の中で、幼児が能動的に下肢関節の屈伸を行う「しゃがみ始め」と「伸び上がり」に着目し、その際に、成人における下肢関節が動く順次性を「巧みさ」の指標として変化の程度を判断した。その結果、1年間の時間経過に伴い、同一幼児において跳躍動作の変容が生じていることを既に報告している<sup>3)</sup>。今回はさらに、同一被験者を対象として3年間の動作の変容を横断的観点および縦断的観点から検討した。

## II. 方 法

### 1. 被験者

被験者は幼稚園児11名（男児6名、女児5名）とした。1回目の測定は2005年1月に行い、年齢3歳10ヶ月～4歳8ヶ月であった（以下、4歳とする）。2回目の測定は2006年2月に行い、年齢4歳11ヶ月～5歳9ヶ月であった（以下、5歳とする）。3回目の測定は2007年2月に行い、年齢

は5歳11ヶ月～6歳9ヶ月であった（以下、6歳とする）。幼稚園及び保護者には、予め実験の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。

動作の発達の一般的な傾向を把握するために、成人の垂直跳び動作における下肢関節屈伸の順次性を知る必要があると考えた。そこで、成人においても同様の垂直跳び動作の測定を行った。成人被験者は男性10名（23±1.2歳）であった。なお、被験者には、予め実験の趣旨を十分に説明して同意を得た。

### 2. 形態および跳躍高の測定

幼児の形態の経年変化を検討するために、生年月日、身長、および体重を聴取した。また、運動能力の発達の指標として跳躍高を算出した。跳躍高は、跳躍時の耳珠点の最高値と立位時の値との差で求めた。

### 3. 跳躍動作の測定および分析方法

測定に先立ち、被験児に対して幼稚園教諭から測定についての説明がなされた。その後、各被験児にデジタイズ用の標点を貼付した。標点に用いるマーカーは発泡スチロールの半円で、直径は3 cmと1.5 cmであった。マーカーの色は黒および黄色とし、それぞれの被験者の各部位の背景の色を考慮し、最も目立つ色を選択した。これらのマーカーは、被験者の頭頂と胸骨上縁、左右の耳珠点、肩、肋骨下端、肘、大転子、手首、手先、膝、外果、母指球、踵、爪先に貼付した。測定時には、被験児に対しできるだけ高くジャンプするように丁寧に説明をして、練習を数回行わせた。跳躍の際、被験者には上肢の動作を制限せず、最大跳躍高に達するように指示した。本番の試技は3回行わせた。同様に、成人被験者にも跳躍動作の測定を行った。

1台のカラービデオカメラ（SSC-DC690、SONY）を用いて、垂直跳び動作を側方から每秒30コマで撮影し、ビデオデッキ（SR-DVM70、Victor）に収録した（図1）。得られた映像データをオフラインで処理・解析した。每秒30コマで

画像取り込みシステム（Ultra EDIT、Canopus）を用いてコンピュータ（Dimension 3000、Dell）に取り込んだ。3回の跳躍で一番高かった記録を検討資料とし、しゃがみ込み開始から離地までの時期を分析対象とした。二次元映像解析システム（Frame DIAS II、DKH社）を用いて解析を行い、股関節・膝関節・足関節の角速度を算出した。なお、Filterは残差解析により、Bryant: 6Hzとした。

「しゃがみ始め」局面は、股関節・膝関節・足関節のいずれかが屈曲を始める瞬間から、3つの関節すべてが屈曲を始めるまでとした。「伸び上がり」局面は、それら3つの関節のうちいずれかが伸展を始める瞬間から、3つの関節すべてが伸展を始めるまでとした。

下肢関節屈伸の順次性については、「しゃがみ始め」局面において、3つの関節のうち最初に屈曲を始めた瞬間を基準に時機の相違を検討した。

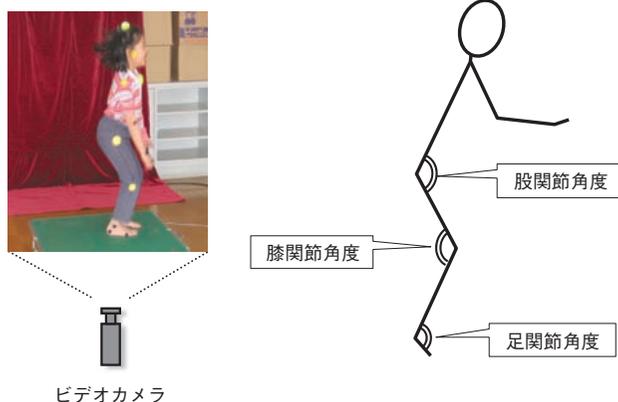


図1 測定概略図および関節角度定義  
Fig. 1 Measurement schematic representation and a definition of joint angle

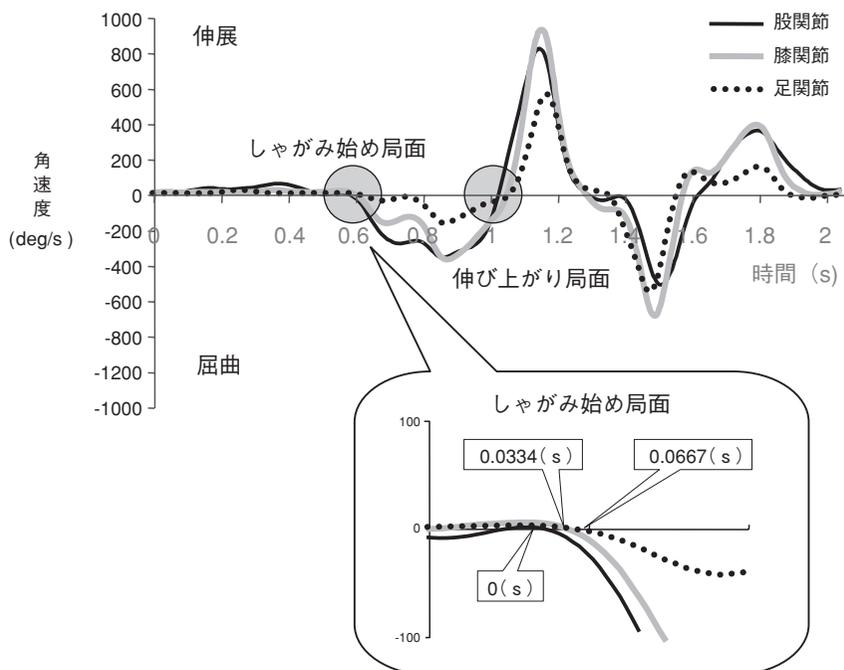


図2 動作局面の区分と下肢関節が動く順序の定義  
Fig. 2 A definition of the order that a lower leg joint moves

「伸び上がり」局面においても同様の方法で伸展を始める時機の相違を検討した。なお、屈伸を始める時機及び相違については、関節角速度から算出した。その際、角速度の正值を伸展、負値を屈曲とした（図2）。

順次性の検討については、これまで宮丸ら<sup>4)</sup>が幼児期では動作様式の発達に性差がないと報告していることから、幼児11名の平均値を代表値とした。成人については10名の平均値を代表値とした。

#### 4. 統計処理

身長・体重及び跳躍高の全国平均値との比較では、母平均と標本の平均との差に対するt検定を用いた。各関節の屈伸順次性の検討は、統計処理ソフト（SPSS 11.5、エス・ピー・エス・エス社）を用いて、有意水準は5%未満で検討した。

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. 形態および跳躍高

表1上段に男児の形態（身長・体重）および跳躍高を、下段に女児の値を示す。身長・体重は男女ともに全国平均値<sup>5)</sup>との間に有意な差は見ら

れなかった。したがって本研究の被験児は、年齢相応の発育をしていたといえる。

一方、跳躍高は、男児の4歳児において全国平均値より有意に小さかったが、5歳・6歳では全国平均値との間に有意差は認められなかった（ $p < .05$ ）。よって、男児は4歳では年齢相応の運動能力より劣っていたが、5歳・6歳で年齢相応の運動能力を獲得していた。また、女児における跳躍高は、4歳・5歳で全国平均値との間に有意な差が認められなかったが、6歳では全国平均値より有意に大きい値であった（ $p < .01$ ）。よって、女児は4歳・5歳では年齢相応の運動能力を獲得していたが、6歳では年齢の相応より運動能力が優れていたと言える。

これらの結果から、本研究に参加した幼児は全国的にみてほぼ平均的な形態を持ち、順調な発育発達をしているといえる。宮丸<sup>6)</sup>は、幼児の運動能力の評価に関して「成人と異なり、いかに上手に、安定した状態で安全に成就できるかであり、力強さや素早さではない」と述べている。これらの考えをふまえ、本研究では跳躍高（パフォーマンス）を全国平均値と比較することによって本被験児の発育発達の程度を確認した上で、「力強さ」や「素早さ」という観点ではなく、「巧みさ」に焦点をあてて詳細に跳躍動作の検討を行った。

表1 幼児の形態および運動能力の経年変化  
Table 1 Height, weight and exercise capacity in infant

男児	身長(cm)	身長の 全国平均値	体重(kg)	体重の 全国平均値	跳躍高(cm)	跳躍高の 全国平均値
4歳	104.6 ± 1.31	104.6 ± 4.36	18.3 ± 1.60	16.7 ± 2.15	10.5 ± 4.37*	16.2 ± 4.8
5歳	112.0 ± 2.79	111.0 ± 4.61	19.4 ± 1.51	18.8 ± 2.50	16.7 ± 5.08	18.7 ± 4.3
6歳	117.5 ± 2.88	116.4 ± 4.96	21.8 ± 2.05	21.2 ± 2.94	20.3 ± 4.71	21.6 ± 4.3

\* $p < .05$ , vs 跳躍高の全国平均値

女児	身長(cm)	身長の 全国平均値	体重(kg)	体重の 全国平均値	跳躍高(cm)	跳躍高の 全国平均値
4歳	101.8 ± 5.15	103.1 ± 4.75	17.0 ± 1.87	16.3 ± 1.87	14.4 ± 3.78	15.0 ± 4.00
5歳	109.2 ± 5.93	109.6 ± 4.94	18.9 ± 2.45	18.4 ± 2.30	20.6 ± 3.20	17.9 ± 3.80
6歳	115.4 ± 5.52	115.6 ± 5.12	21.2 ± 3.35	20.4 ± 2.90	26.0 ± 2.55**	19.6 ± 3.70

\*\* $p < .01$ , vs 跳躍高の全国平均値

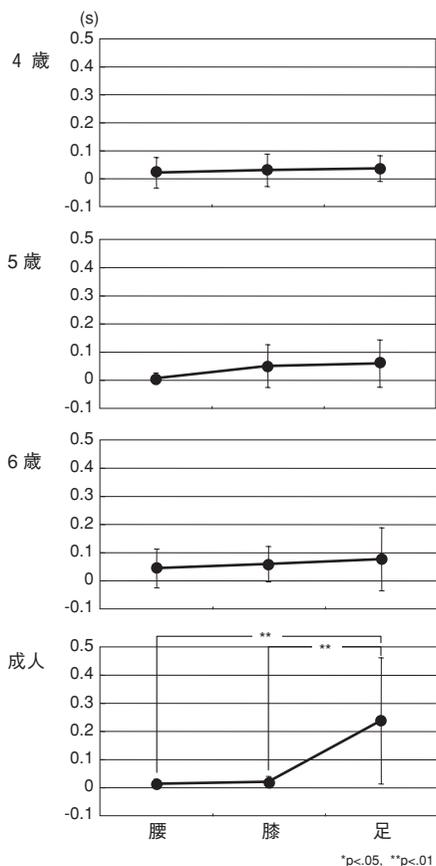


図3 「しゃがみ始め」における下肢関節が動く順次性 (幼児 n=11, 成人 n=10)  
Fig. 3 The order that a lower leg joint in "squat down" moves

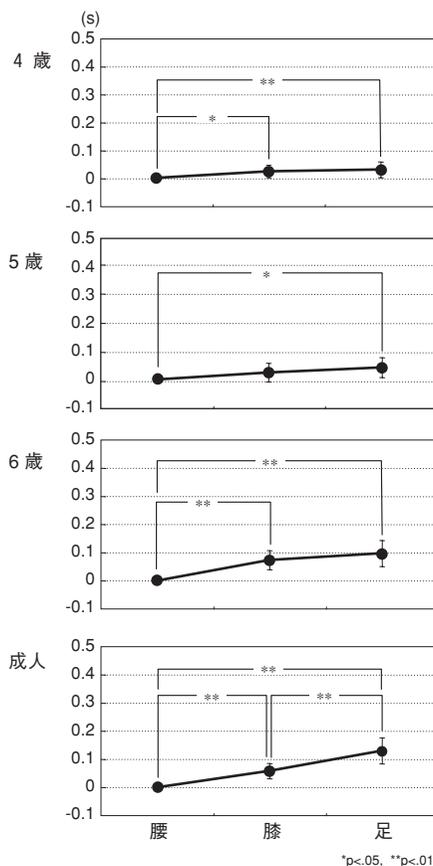


図4 「伸び上がり」における下肢関節が動く順次性 (幼児 n=11, 成人 n=10)  
Fig. 4 The order that a lower leg joint in "growth rise" moves

## 2. 年齢毎の順次性の検討

横断的な観点から4歳から6歳の幼児を年齢毎の群として捉え、順次性を検討した。その際、3つの関節の屈伸時機を要因とした対応のない一要因の分散分析を行った。統計学的な有意差がない場合は順次性がないと判断し、有意差が生じた場合には、順次性があると判断した。

### 1) 「しゃがみ始め」局面について

図3は、「しゃがみ始め」局面における下肢関節が動く順次性を示している。4歳の幼児における下肢関節屈曲の順次性は、股関節が0.021秒に屈曲し、膝関節が0.030秒に屈曲し、足関節が0.036秒後に屈曲していた。しかし、屈曲時機に有意な差が認められなかった(図3)。よって、4歳の幼児には順次性が見られなかった。5歳・

6歳においても同様に有意な差が認められず、順次性は見られなかった。

一方、成人について同様の方法を用いて検討したところ、下肢関節屈曲の順次性は「股・膝→足」であった( $p < .01$ )。これらの結果から、4歳から6歳の幼児において「しゃがみ始め」局面に順次性は見られなかった。しかし、成人には「股・膝→足」という順次性が見られたことから、「しゃがみ始め」局面の順次性は、6歳以降に獲得されると示唆される。

### 2) 「伸び上がり」局面について

図4は、「伸び上がり」局面における下肢関節が動く順次性を示している。4歳の幼児における下肢関節伸展の順次性は、股関節が0.002秒に伸展し、膝関節が0.026秒に伸展し、足関節が0.032

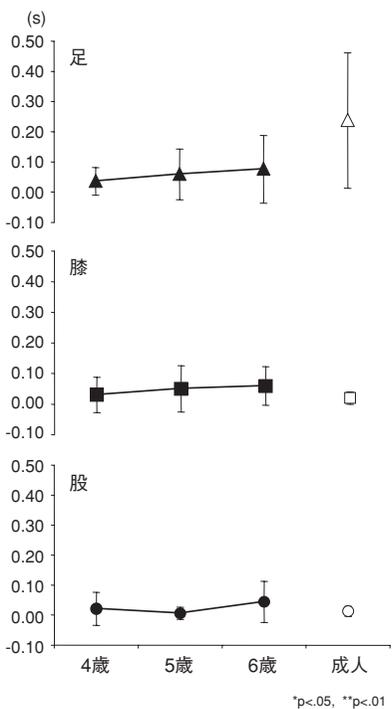


図5 「しゃがみ始め」における屈曲時機の経年変化 (幼児 n=11, 成人 n=10)  
Fig. 5 Changes of a timing of a flexion in "squat down" with a development

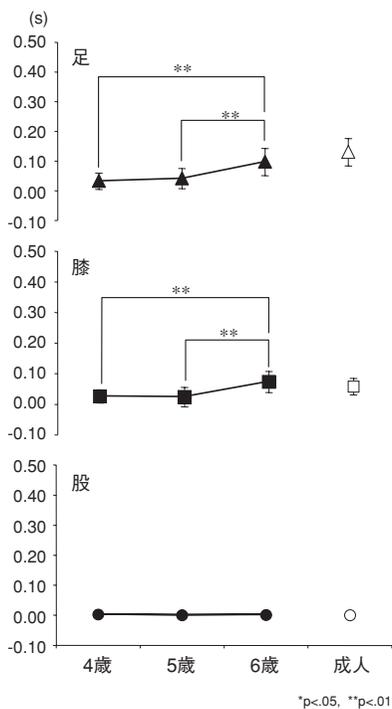


図6 「伸び上がり」における伸展時機の経年変化 (幼児 n=11, 成人 n=10)  
Fig. 6 Changes of a timing of an extension in "growth rise" with a development

秒に伸展していた ( $p < .05$ )。6歳も同様に伸展していた ( $p < .01$ )。5歳では、股関節が伸展した後に足関節が伸展していた ( $p < .05$ )。よって、4歳と6歳の幼児の「伸び上がり」局面の順次性は「股→膝・足」であったが、5歳においては、「股→足」であった。

一方、成人について同様の方法を用いて検討したところ、順次性は「股→膝→足」であった ( $p < .01$ , 図10)。これらの結果から、4歳から6歳の幼児における「伸び上がり」局面の順次性は、股関節が最初に伸展するという点で成人の順次性と共通していた。また、膝関節と足関節の順次性は6歳以降に獲得されると示唆される。なお、年齢毎の群において下肢関節の伸展時機に有意な相違が認められた(4歳:主効果,  $F(2, 30) = 6.558$ ,  $p < .01$ , 5歳:  $F(2, 30) = 6.491$ ,  $p < .01$ , 6歳:  $F(2, 30) = 25.170$ ,  $p < .01$ )。

### 3. 関節毎の屈伸時機の経年変化

縦断的な観点から同一幼児が年齢を重ねるにしたがって、関節毎の屈伸時機に変化がみられるか否かを検討した。その際、年齢と3つの関節の屈伸時機を要因とした二要因の分散分析を反復測定で行った。その後の検定として、年齢を要因とした対応のある一要因の分散分析を行った。

図5に「しゃがみ始め」局面における関節毎の屈曲時機の経年変化を示す。股関節の屈曲時機は、4歳では0.021秒、5歳では0.006秒、6歳では0.044秒に屈曲を始めていた。しかし、年齢を重ねても屈曲時機に有意な相違はみられず、成人との間にも差はみられなかった。膝関節・足関節においても同様に有意な屈曲時機の相違はみられなかった。これらの結果から、「しゃがみ始め」局面において、年齢を重ねることによる関節毎の動作の変容はみられないと思われる。

図6に「伸び上がり」局面における関節毎の伸展時機の経年変化を示す。股関節の伸展時機は、

4歳では0.002秒、5歳では0秒、6歳では0秒であった。したがって、年齢を重ねても伸展時機に有意な差はみられず、年齢に関係なく必ず股関節が一番最初に伸展することを示していた。膝関節の伸展時機は、4歳では0.026秒、6歳では0.073秒であり、両者に有意な差がみられた ( $p < .01$ )。また、5歳と6歳の間にも有意な差がみられ ( $p < .01$ )、4歳、5歳と比較して6歳における伸展時機が有意に遅いことを意味していた。足関節も同様に、4歳と6歳の間、5歳と6歳の間に有意差がみられ ( $p < .01$ )、いずれも6歳において伸展時機が遅くなったことを意味していた。このように、年齢を重ねることにより、膝関節、足関節の伸展時機が遅くなり、成人の値に近づいた。なお、各関節の伸展時機に有意な相違が認められた（交互作用、 $F(1, 30) = 13.386$ ,  $p < .01$ )。伸展時機の相違については、膝関節及び足関節において有意な相違が見られた（主効果、膝関節： $F(2, 20) = 9.428$ ,  $p < .01$ 、足関節： $F(2, 20) = 10.946$ ,  $p < .01$ )。

これらの結果から、5歳から6歳になる過程で、膝関節と足関節において、成人の動作様式により近づいたであろうことが推察される。辻野ら<sup>6)</sup>は、垂直跳びの動作パターンは、4歳から8歳が成人動作様式への移行期であると述べている。本研究は、幼児の4歳から6歳までを縦断的に観察したものである。そのため、辻野らが述べる成人動作様式への移行期間だったと言える。その成人動作様式への変容が、「伸び上がり」局面における下肢関節伸展の順次性の観点から伸展時機が遅くなるという点で明らかになった。

4歳から6歳の幼児を年齢毎の群として捉え、同一幼児の経年変化を縦断的な観点から検討した結果、5歳から6歳の間で「伸び上がり」局面において膝関節と足関節の伸展時機の遅れが大きくなり、成人と同様の順次性になることが明らかになった。これらの順次性は、マイネル<sup>2)</sup>の唱えた「運動伝導」の考え方に合致しており、「巧みさ」のひとつの指標に成り得るのではないかと考えられる。さらに、本研究の結果は、二次元映像

解析を用いて、幼児の発育発達にともなって獲得される跳躍動作の「巧みさ」を定量化できたことを示唆していた。

#### 4. 結 論

4歳から6歳の幼児を年齢毎の群として捉え、横断的な観点から検討した結果、成人との相違がみられた。また、同一幼児の経年変化を縦断的な観点から検討した結果、5歳から6歳の間で「伸び上がり」局面において膝関節と足関節の伸展時機の遅れが大きくなった。これらのことから、幼児の動作の発達過程を検討するにあたり、群間での比較ではなく、個体内の変容を検討する必要性が示唆された。

## IV. まとめ

本研究は、幼児が垂直跳びをする際の下肢関節屈伸の順次性について、3年間の始め・中・終わりにおける経年変化を同一幼児について追跡して観察した。その際、垂直跳び動作の「しゃがみ始め」局面と「伸び上がり」局面に着目し、変化の度合いを成人のそれと比較した。下肢関節屈伸の順次性については、「しゃがみ始め」局面において、3つの関節のうち最初に屈曲を始めた瞬間を基準に時機の相違を検討した。「伸び上がり」局面においても同様の方法で伸展を始める時機の相違を検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 4歳から6歳の幼児において「しゃがみ始め」局面の順次性を年齢毎に検討した結果、順次性は見られなかった。しかし、成人には「股・膝→足」という順次性が見られたことから、「しゃがみ始め」局面の順次性は、6歳以降に獲得されると考えられる。
- 2) 4歳から6歳の幼児において「伸び上がり」局面の順次性を年齢毎に検討した結果、股関節が最初に伸展するという点で成人の順次性と共通していた。

- 3) 「しゃがみ始め」局面の関節毎の経年変化を検討した結果、年齢を重ねることによる関節の屈曲時機の変化はみられなかった。
- 4) 「伸び上がり」局面の関節毎の経年変化を検討した結果、5歳から6歳になる過程で、膝関節と足関節の伸展時機が遅くなることで動作の変容が起きているであろうことが示唆された。  
これらの結果から、幼児の動作の発達過程を検討するにあたり、横断的な群間での比較ではなく、縦断的な個体内の変容を検討する必要性が示唆された。

#### 引用・参考文献

- 1) 高石昌弘：発育発達と子どものからだ，子どもと発育発達，1，9-12，2003.
- 2) クルト・マイネル：スポーツ運動学，第13版，190-212，大修館，2002.
- 3) 山田 洋，加藤達郎，知念嘉史，相澤慎太，三上恭史，植村隆志，塩崎知美，長堂益丈：幼児の跳躍動作における「巧みさ」の獲得過程に関する縦断的研究—二次元映像解析より求めた下肢関節の屈伸の順序性—，東海大学スポーツ医科学雑誌，20，55-62，2008.
- 4) 宮丸凱史：幼児の跳動作の発達と評価に関する研究，体育科学，17，66-76，1989.
- 5) 東京都立大学 体育研究室編：日本人の体力標準値 第四版，21-23，55-57，160-163，不昧堂，1989.
- 6) 宮丸凱史：幼児の垂直跳動作の発達に関する運動形態学的考察，体育科学，25，89-96，1997.
- 7) 辻野 昭ら：発育にともなう動作とパワーの変遷について —跳躍動作（垂直跳，立幅跳）—，身体運動の科学Ⅱ，203-243，杏林書院，1974.



# 大学女子ハンドボール選手における コーディネーション能力について

花岡美智子 (体育学部競技スポーツ学科) 栗山雅倫 (体育学部競技スポーツ学科)

平岡秀雄 (スポーツ医科学研究所研究員)

## About the Influence that Ability for Coordination Gives Ability for Specialized Performance in Female Handball Players

Michiko HANAOKA, Masamichi KURIYAMA and Hideo HIRAOKA



### Abstract

The purpose of this study was to examine the influence that ability for coordination gave to ability for specialized performance. The subject of 22 university female handball players was divided into three groups according to the ability for specialized performance level. They measured 20-40-20m turns, side step, 50m with dribbling, 20-40-20m turns with dribbling, and 50m sprint.

As a result, the 20-40-20m turns, side step, 20-40-20m turns with dribbling, and 50m sprint in the high level group were significantly higher than in the low level group. These results suggest the high level group players have ability for high coordination. Therefore, the ability for coordination was a necessary ability it, and was suggested the possibility of influencing ability for specialized performance of the handball.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 59-66, 2009)

## I. 緒 言

スポーツ選手の競技能力を決定付ける因子として、専門的な技術や戦術的知識に加えて筋力や柔軟性、持久力、敏捷性などの、いわゆる体力と言われる要素をあげることが出来る。スポーツ選手は個々の専門種目に応じてパフォーマンスを決定付ける体力因子を向上させ、それを競技に活用させていくことが要求されている。

しかし球技種目のような敵味方が混在する競技

においては、体力向上が直接専門競技のパフォーマンス向上につながるとは言い難い。スポーツの場面では、状況判断に伴った動作の選択や、複数の動作を同時に行うなど、体力を活用するための能力が要求されるためである。ハンドボールを例にすると、パスをもらうために味方と連動して動くことや相手を抜くためのフェイント動作などがあげられる。これらの動作を行うためには、一概に体力があるだけではなく、有している筋力やスピード、持久力に緩急や強弱をつけながら、どう調整して使っていくか、置かれている状況に応じ

て適切にコントロールし発揮する能力、コーディネーション能力が必要となってくる。

コーディネーション能力はNPO 法人日本コーディネーショントレーニング協会において「状況を目や耳など五感で察知し、それを頭で判断し、具体的に筋肉を動かすといった一連の過程をスムーズに行う能力」と提唱されており、その内容は表1に示す7つの能力<sup>1)</sup>から構成されている。

近年ではこのコーディネーション能力の必要性が現場でも唱えられ、そのトレーニングとしてラダートレーニングやジャンプトレーニング、バランストレーニングなどがスポーツ現場において導入されるようになってきた。さらには体力測定の一環として各々の種目動作を考慮したコーディネーション能力を含むフィールドテストが考案され、各競技に必要とされる専門的体力の評価指標として有用であることが先行研究<sup>2,3,4)</sup>から報告されている。

また東根ら<sup>1)</sup>やNeiling<sup>5)</sup>の研究ではコーディネーション能力はコーディネーショントレーニングを行うことにより向上すると報告している。しかしコーディネーション能力の評価は、筋力測定における1RM測定や無酸素性持久力測定におけるシャトルランの様な明確な評価基準が設けられ

ていないことから、そのトレーニング効果に関しては、現場における指導者の経験的かつ感覚的な評価に頼ることが多く、コーディネーション能力が専門競技のパフォーマンスにどのように関わっているかは曖昧な点が多い。

そこで本研究では、球技系種目のハンドボール選手を対象として、走力に焦点をおいたコーディネーション能力の測定を行い、コーディネーション能力が専門競技のパフォーマンスに与える影響について検討することを目的とした。

## II. 方 法

### 1. 対象

関東学生ハンドボール連盟、一部リーグに所属するT大学女子ハンドボール部の選手22名(平均年齢 $20.0 \pm 0.96$ 歳、平均身長 $163.8 \pm 4.93$ cm、平均体重 $60.2 \pm 5.74$ kg)を対象とした。尚、専門競技のパフォーマンスとコーディネーション能力との関連について検討するため、対象選手は競技レベルに応じてA群(High performance level: 試合のスターティングメンバー)7名、B群(Middle performance level: 試合のベンチメンバ

表1 コーディネーション能力  
Table 1 Ability for Coordination

1 定位能力	絶え間なく動いている味方、相手、ボールならびにゴールとの関係で、自分の身体位置を時間的・空間的に正確に決める能力(情報処理)
2 変換能力	プレーの最中に突然知覚した、あるいは予測された状況の変化に対して、運動を切り換える能力(先取り、予測)
3 識別能力	タイミングを合わせ、程よい力加減で綿密な行為をするために、身体各部を正確に、無駄なく互いに同調させる能力(巧緻性、ボール感覚)
4 反応能力	予期された信号、あるいは予測されなかった信号に対して目的的なプレーを素早く開始する能力
5 連結能力	ボールを操作する個々の技術・戦術的行為を空間的・時間的かつダイナミックにつなぎ合わせる能力(コンビネーション能力)
6 リズム能力	自身の運動リズムを見つけたり、真似したり、さらには決定的なタイミングをつかむ能力
7 バランス能力	空間や移動中における身体バランスを維持したり、崩れを早く回復させる能力

表2 被験者の身体的特性  
Table 2 Physical characteristics of the subjects

	All (N=22)	A-group (N=7)	B-group (N=7)	C-group (N=8)
年齢 (歳)	20.0±0.96	20.0±1.13	20.0±0.98	20.0±0.71
平均身長 (cm)	163.8±4.93	164.2±4.04	165.7±3.58	161.8±6.29
平均体重 (kg)	60.2±5.74	59.9±4.94	63.3±4.92	57.9±6.44
体脂肪 (%)	20.3±2.85	20.1±2.77	21.2±2.25	19.7±3.49

一) 7名、C群 (Low performance level: 試合のベンチ外メンバー) 8名の3群に分類を行った。各群別の身体的特性は表2に示す通りである。測定に関しては対象者に対して研究の目的と内容を説明し、測定参加の同意を得て実施した。

## 2. 測定項目

本研究では走力に焦点を置いて測定を行い、コーディネーション能力の中から「変換能力」、「識別能力」、「連結能力」の3項目の評価を行った。

変換能力の測定項目として20-40-20m 切り返し走と反復横跳びを、識別能力・連結能力の測定項目として50m ドリブル走、20-40-20m 切り返しドリブル走を、基礎体力としての走力測定項目として50m 走を実施した。それぞれの測定方法及び測定採用理由を以下に述べる。

### 1) 変換能力

変換能力とは状況の変化に対して、運動を切り換える能力である。20-40-20m 切り返し走はハンドボールコートを利用した2回の切り返しを伴う方向変換走である。反復横跳びは横方向への連続切り返しの敏捷性を評価する測定項目である。両項目ともに定められたライン (予測可能な位置) において動作を切り返す (変換する) 能力が必要とされることから測定項目として採用した。

#### (1) 20-40-20m 切り返し走

図1に示すように20m 間隔に引かれた3本のラインの中央からスタートする。20m 離れたラインまで走った後 (①)、切り返して40m 離れた逆側のラインまで走る (②)。その後切り返し中央ラインまで走る (③)。測定は2回行い、タイ

ムの良い方を測定値として採用した。

### (2) 反復横跳び

文部科学省の定めた新体力テスト実施要項に基づき、100cm 幅に3本のラインを引き、20秒間のサイドステップを行った。測定は2回行い、数値の良い方を測定値として採用した。

### 2) 識別能力・連結能力

識別能力とはボール感覚に代表されるような、適度な力加減で綿密な行為を行うことが出来る能力である。また連結能力とはボールを操作するような技術を効率的につなぐコンビネーション能力である。今回はそれらの能力を評価する方法としてドリブル走を採用した。ドリブルはハンドボールの試合の中で代表的なボール操作であり、専門的技術との関連が計りやすいと考えられるためである。

#### (1) 50m ドリブル走

50m 直走路をドリブルをつきながら走り、タイムの測定を行った。測定は2回行い、数値の良い方を測定値として採用した。

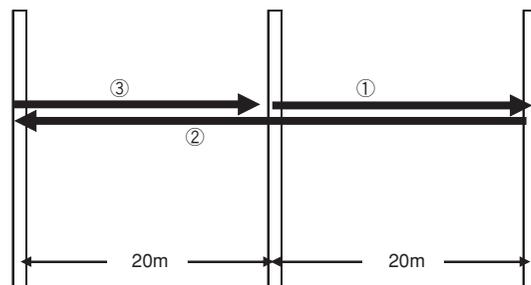


図1 20-40-20m切り返し走、20-40-20m切り返しドリブル走の測定方法  
Fig. 1 Methods of 20-40-20m turns and 20-40-20m turns with dribbling

(2) 20-40-20m 繰り返しドリブル走

20-40-20m 繰り返し走と同様の方法で、ドリブルをつきながら施行しタイムの測定を行った。測定は2回行い、数値の良い方を測定値として採用した。

3) 基礎体力 (走力)

(1) 50m 走

50m の直走路をスターターの合図の後、ラインまで走りタイムの測定を行った。測定は2回行い、数値の良い方を測定値として採用した。

3. 統計処理

得られたデータは、全て平均値±標準偏差で表した。全ての測定項目において専門競技能力別に分類したA・B・C各群間で、一元配置の分散分析を行い、多重比較検定には Scheffe 法を使用した。有意水準は全て危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結 果

1. 20-40-20m 繰り返し走(以下繰り返し走)

繰り返し走のタイムはA群15.5±0.75秒、B群15.4±0.40秒、C群16.1±0.43秒であり、A群、B群の値がC群の値に比してそれぞれ有意に低値を示した(表3、図2)。

2. 反復横跳び

反復横跳びの値はA群66.9±5.40回、B群61.4±4.58回、C群63.0±3.25回であり、A群の値がB群の値に比して有意に高値を示した(表3、図3)。

3. 50m ドリブル走

50m ドリブル走のタイムはA群8.5±0.36秒、B群8.9±0.52秒、C群9.6±1.15秒であり、各群間に

表3 測定結果  
Table 3 20-40-20m turns, side step, 50m with dribbling, 20-40-20m turns with dribbling, and sprint

	All (N=22)	A-group (N=7)	B-group (N=7)	C-group (N=8)
20-40-20m繰り返し走	15.7±0.61	15.5±0.75	15.4±0.40	16.1±0.43
反復横跳び	63.7±4.80	66.9±5.40	61.4±4.58	63.0±3.25
50mドリブル走	9.0±0.87	8.5±0.36	8.9±0.52	9.6±1.15
20-40-20m繰り返しドリブル走	17.7±1.21	17.0±0.43	17.4±0.75	18.5±1.53
50m走	7.7±0.41	7.5±0.26	7.6±0.34	8.0±0.43

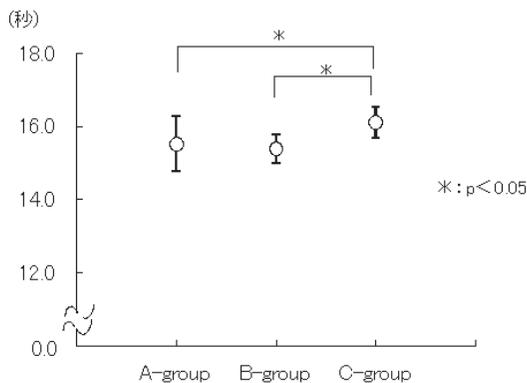


図2 20-40-20m 繰り返し走  
Fig. 2 Time of 20-40-20m turns

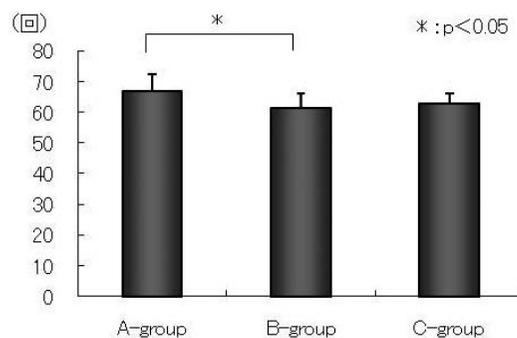


図3 反復横跳び  
Fig. 3 Score of side step

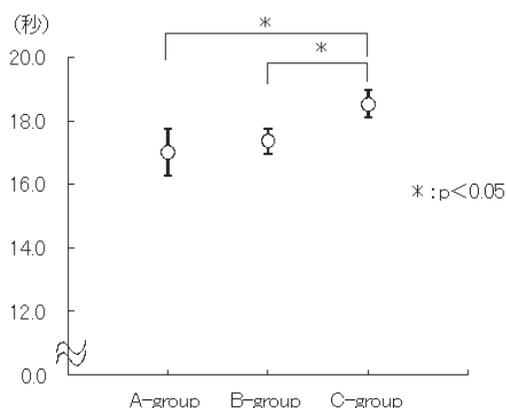


図4 20-40-20m繰り返しドリブル走  
Fig. 4 Time of 20-40-20m turns with dribbling

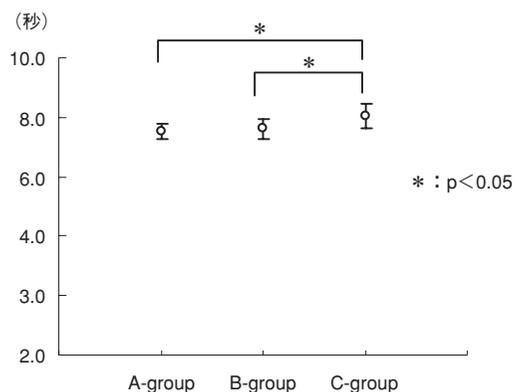


図5 50m走  
Fig. 5 Time of 50m sprint

において有意な差は認められなかった (表3)。

#### 4. 20-40-20m 繰り返しドリブル走 (以下繰り返しドリブル走)

繰り返しドリブル走のタイムはA群 $17.0 \pm 0.43$ 秒、B群 $17.4 \pm 0.75$ 秒、C群 $18.5 \pm 1.53$ 秒であり、A群、B群の値がC群の値に比してそれぞれ有意に低値を示した (表3、図4)。

#### 5. 50m 走

50m 走のタイムはA群 $7.5 \pm 0.26$ 秒、B群 $7.6 \pm 0.34$ 秒、C群 $8.0 \pm 0.43$ 秒であり、A群、B群の値がC群の値に比してそれぞれ有意に低値を示した (表3、図5)。

## IV. 考 察

### 1. 変換能力に関して

繰り返し走においてはA・B群とC群の間に有意な差が認められた。A・B群はC群に比べて、専門競技のパフォーマンスレベルが高く試合経験も多いグループである。この結果から、コーディネーション能力の一つ、変換能力はハンドボールの専門的パフォーマンスの発揮に影響を与え、必要な能力であることが示唆された。しかし直線の50m 走においても同様にA・B群とC群

の間に有意差が認められており、C群は基礎体力としての瞬発的なスプリント能力がA・B群に比べて低く、そのためコーディネーション能力としての変換能力も劣るといった結果になったと思われる。

反復横跳びにおいてはA群とB群の間に有意な差が認められた。A群とB群の違いは、試合のレギュラーメンバーであるか、控えメンバーであるかという点である。ハンドボールでは、攻撃・防御の両局面において横方向への移動の際にサイドステップが頻繁に用いられる。最も専門的技術の高いA群において反復横跳びの値が高いということは、この横方向への敏捷性がハンドボールのパフォーマンスに影響を与えているのではないかと示唆される。

繰り返し走と反復横跳びの大きな違いは方向変換の向きである。繰り返し走が縦方向への方向変換であるのに対し、反復横跳びは横方向への方向変換である。ハンドボールは縦の動きのみではなく、相手をかかわすため、あるいは相手を守るために縦と横の動きを組み合わせ、攻撃・防御を行っている。B群は縦方向の変換時にのみ、他群に対して有意に優れた値を示したが、A群は縦・横どちらの方向変換時においても他群に対して有意に優れた値を示した。このことから、ハンドボールの専門的パフォーマンス発揮のためには変換能力が必要であるが、その内容も縦方向・横方向

様々な方向変換に長けていることがより専門的技術を活かすためには重要であることが示唆された。

## 2. 識別能力・連結能力に関して

50m ドリブル走においては各群間において有意な差は認められなかった。50m 走において見られたスピードの有意差は、ドリブルというボール操作を伴うことによって見られなくなったが、一方で繰り返しドリブル走においては、繰り返し走で見られた有意差がA・B群とC群の間で同様に認められた。これらの結果から、ボール操作を伴うことによってスピードの低下が見られるものの、そこに繰り返しという動作が加わることによって、より動作が複雑化し、より高度な識別能力・連結能力が求められる状態では、専門的パフォーマンスが高い者が良いコーディネーション能力を有している可能性が示唆された。

## 3. 競技レベル別にみるコーディネーション能力

ハンドボールのパフォーマンスレベルに応じて分類した3群間の比較において、パフォーマンスレベルの高いA・B群が変換能力、識別・連結能力においてC群よりも優れた値を示した。この結果から、コーディネーション能力は専門競技のパフォーマンスに影響を与えることが示唆された。

またC群は他の2群と比較して50m 走でも低値を示していることから、A・B群とC群の間には、コーディネーション能力に加えて基礎体力という点でも差があることが考えられる。つまり今回の対象チームの中で、試合にメンバーとして登録されるか否かを決定づける因子として、コーディネーション能力と基礎体力が影響していると考えられる。

一方、A群とB群の間では反復横跳びにおいてのみ有意差が認められた。このことから、コーディネーション能力をより多く有している方が、専門競技におけるパフォーマンス発揮に有利であると推察される。しかしA群とB群の間で有意

差が認められたコーディネーション能力が少ないことから、レギュラーメンバーと控えメンバーとの差を決定づける因子として、コーディネーション能力だけではなく、今回の測定では評価出来なかった専門的技術やその技術を活用する戦術的能力なども影響していると思われる。

有している基礎体力を基盤に、それをどう活用するかというコーディネーション能力が専門のパフォーマンスに影響を与えているのと同様に、有しているコーディネーション能力を基盤とし、専門競技の場面の中でどのように活用していくか、それが最終的な専門競技のパフォーマンスに直接関わってくるのではないかとと思われる。

## V. 結 論

本研究では、コーディネーション能力が競技に与える影響について、ハンドボール選手を対象としてコーディネーション能力の測定を行い、以下のような知見を得た。

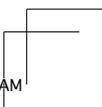
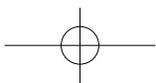
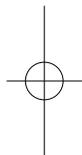
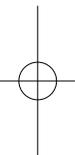
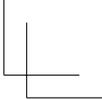
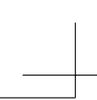
- 1) 20-40-20m 繰り返し走、20-40-20m 繰り返しドリブル走、50m 走において、A・B群がC群に比してそれぞれ有意に優れた値を示した。
- 2) 反復横跳びにおいて、A群がB群に比して有意に高い値を示した。
- 3) 専門的パフォーマンスレベルが高い群は、走力及びコーディネーション能力としての変換能力・識別能力・連結能力においても高い能力を有していた。
- 4) コーディネーション能力は専門的パフォーマンスの発揮に影響を与えることが示唆された。

### 参考文献

- 1) 東根明人, 竹内敏康, 久保田洋一, 濱野光之, 長瀬匡彦, 長谷川望: コーディネーショントレーニング及び動作法の組み合わせが大学男子ハンドボール選手のコーディネーション能力に及ぼす影響, 順天堂大学スポーツ健康科学研究第6号, 117-124,

大学女子ハンドボール選手におけるコーディネーション能力について

- 2002
- 2) 梅林薫, 佐藤陽治, 今西平: 男子ジュニアテニス選手の体力特性に関する研究 - 基礎体力とフィールドテストとの関係について -. 体力科学56 (6), 735, 2007
  - 3) 小森田敏, 河野一郎: ラグビー選手のコンディショニングに関する研究 - フィールドテストによるコンディショニング評価 -. トレーニング科学, 6 (2), 109-118, 1994
  - 4) 坂井和明, 大門芳行, 根本勇, 黒田善雄: 球技スポーツ選手の体力特性の評価法に関する研究 - 動作様式を考慮したフィールドテストを用いて -. 臨床スポーツ医学, 14, 567-572, 1997
  - 5) Neiling, W-D. : Trainingsmittel zur Entwicklung koordinativer Fahigkeiten. JUGEND TRAINING, 17-23, 1992





# 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—

小西 徹 (城西大学付属川越高等学校 大学院体育研究科2007年度修了) 高妻容一 (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)

Effect of Music on the Human Body  
-Music, Mind and Body of Relaxation-

Toru KONISHI, Yoichi KOZUMA and Tamotsu TERAO



### Abstract

The purpose of this study is to examine the physiological and psychological relaxation effects on music therapy. Subjects of this study consisted of 14 healthy undergraduate males, and data was recorded while they listened to a mixture of music. The study held a total of 3 groups and the test subjects were divided into 4 sessions ('personal choice music (Music-F)', 'relaxation music(Music-T)', 'precedence researcher's General music(Music-G)' and no music or the control group). Relaxation music was utilized to train the subjects in various relaxation techniques. After listening to the music, the mental state of the subjects during the sessions was recorded. To measure the subject's physiological responses, heart rate (HR) and the autonomic nervous system (relative pupil radius) by using the Psychological Condition Inventory (PCI) for analysis and to observe their psychological response.

Two-way ANOVA (Analysis of Variance) and One-way ANOVA (Analysis of Variance) were utilized for statistical analysis of the 3 groups.

On physiological measures, the results of ANOVAs revealed that a significant interaction between group and session was found in HR and relative pupil radius. Furthermore, the results of ANOVAs revealed that a significant interaction between group and session was found in PCI of unease failure in sport.

Finally, the effect of music on physiological and psychological was relaxation.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 67-74, 2009)

## I. 緒 言

伊藤 (1993) は、「近時の室内でのトレーニングでは、BGM (background music : 背景音楽または環境音楽) を流してムードを盛りあげ、倦怠

感や疲労感の軽減を図る方法が積極的にとられるようになってい」と述べている。また音楽の利用法としては、リラックスできる音楽、興奮できる音楽、のってくる音楽、メンタルトレーニングをする時の音楽、そして疲れを回復する音楽など、分類しながら使う方法があると報告している

(高妻、2002)。さらに、山形ら (2002) の研究の予備調査では、陸上競技部の選手の約70%は、音楽を心理的なウォーミングアップの手段として用いており、その理由として「気分を高ぶらせる」「落ち着かせる」「集中するため」と報告している。

これまでの研究は、スポーツ医科学領域において、音楽をどのような形で活用できるかという実験的な試みは山本らによっていくつか報告されている。しかし、音楽の効果的かつ有用な方法は未だに明らかにされていない (山本ほか、1999)。

そこで本研究では、被験者が日々の練習で実施しているリラクゼーションで使用している音楽を聴けば、条件づけの効果から、リラクセスが促進されるであろうという仮説を検証することを目的とした。

## II. 方 法

### 1. 被験者

研究の趣旨を説明し、実験の同意が得られたT大学体育会運動部に所属する男子学生14名 (20.6 ± 1.6歳) を被験者とした。

### 2. 調査内容

生理的側面は、心拍数を測定し、機材は送信部 (WearLink31C トランスミッター W. I .N.D、POLAR)、受信部 (HEART RATE TELEMETRY SYSTEM、HOSAND R TM200) を使用した。加えて、アイリテック株式会社製の瞳孔反応測定器 (ストレスメーター) を用いて、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。瞳孔は、普段は3~4 mm の直径であるが、大きさは交感神経系と副交感神経系の緊張のバランスで決まる。また、瞳孔は安静時すなわち副交感神経緊張が増加した時 (交感神経緊張減少) に縮小し、興奮時すなわち交感神経緊張増加時 (副交感神経緊張減少) に散大する。

一方、心理的側面は、測定用具として信頼性・妥当性が検証されている心理的コンディションイン

ンベントリー (Psychological Condition Inventory : PCI) を採用した。PCIは、競技に直接関連すると考えられるポジティブな心理的側面を測定できる質問紙であり、気分を表す59項目の質問が提示されている。そして、「全くあてはまらない」から「よくあてはまる」までの5段階尺度での回答となっており、「一般的活気」「技術効力感」「闘志」「期待認知」「情緒的安定感」「競技失敗不安」「疲労感」の7つの尺度を同時に測定できるものである。

### 3. 実験方法

実験は、一定の室温 (22℃) と一定の照明に保たれた室内で行われ、被験者は安楽椅子に半座位をとりながら、下記の3種類の音楽を提示しそれぞれ各5分ずつラジオカセットレコーダー (CD-MD PORTABLE SYSTEM RC-G1MD、Victor) より好みの音量で聴かせるとともに、毎回の各トライアル終了後内省報告を聴取した。

提示音楽としては、まず被験者自身が「リラックスしたい時に聴きたい好きな音楽」のCDを各自持参させて、これを「音楽 Favorite : 音楽 F」とした。つぎに日々の練習のリラクゼーショントレーニングを行う際に使用している音楽を「音楽 Training : 音楽 T」とした。さらに高橋ほか (1999) の研究で使用されたラヴェルの「亡き王女のためのパヴァーヌ (オーケストラ版)」を指定音楽「音楽 General : 音楽 G」とした。音楽 T と音楽 G は、1/f ゆらぎの音楽として心身のリラクゼーションに有効であると解析されている。本研究では、以上の3種類の音楽を提示音楽として、リラクセスの程度を比較検討することとした。

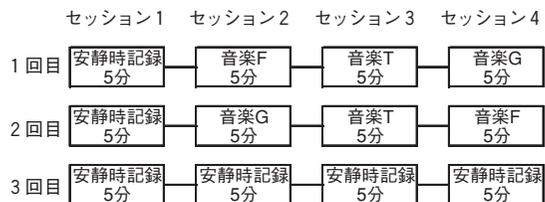


図1 各トライアルの実験手順

Fig. 1 The experiment procedure of each trial

図1は、各トライアル (trial [試験]) の実験手順を示した。図1の実験1で示す、1回のトライアルは安静時記録 (音楽なし)、音楽F、音楽T、音楽Gの合計4セッションであり、各セッションは5分間とした。この4セッションの実験の間は、被験者の心拍数を測定した。しかし、心拍変動は呼吸性不整脈の影響を大きく受けるため、呼吸数をコントロールする必要がある。そこで、本研究における安静時記録においては、吉武 (2003) の研究を参考に、メトロノームを使用して、4秒で1回の呼吸をさせるようにした。被験者は、各セッション後に、瞳孔反応測定器を用いて初期瞳孔径を測定した直後に、PCIを用いて心理的側面を測定し影響を分析した。

本研究では、一般性を求めるために、各被験者に、図1に示す1回目、2回目、3回目の合計3回の実験に参加してもらった。また、実験中はすべて安静閉眼状態で行なった。

統計的有意差の検定には、回 (1回目、2回目、3回目) とセッション (第1セッション、第2セッション、第3セッション、第4セッション) の種類を要因とした二要因分散分析を行なった。また音楽の種類を要因とした一要因の分散分析を用いて統計処理を行なった。なお、統計学的有意水準は、5%以下とした。

### Ⅲ. 結 果

#### 1. 生理的指標

##### 1) 心拍数からの分析

表1 心拍数の平均値 (拍/分) および標準偏差  
Table 1 The mean of the hearthbeat count and standard deviation

		セッション1	セッション2	セッション3	セッション4
1回目	平均値	59.07	56.23	53	52.84
	SD	3.66	5.24	4.37	4.99
2回目	平均値	62.38	61.69	58.07	58.84
	SD	5.25	7.29	5.82	5.56
3回目	平均値	65.69	63.53	61.15	59.76
	SD	8.7	7.96	7.32	7.37

本研究では、生理的指標として心拍数を測定し、回 (1回目、2回目、3回目) 及びセッション (第1・第2・第3・第4セッション) を要因とした、二要因分散分析を行なった結果、交互作用は認められなかった ( $F(6, 72) = .928, n.s.$ )。また、回を要因とした一要因分散分析を行なった結果、主効果は認められなかった (1回目:  $F(3, 36) = 24.627, n.s.$ 、2回目:  $F(3, 36) = 6.274, n.s.$ 、3回目:  $F(3, 36) = 9.853, n.s.$ )。下記の表1は、心拍数の平均値 (拍/分) および標準偏差を示したものである。

次に、音楽の種類を要因とした一要因分散分析を行なった結果、主効果が認められた ( $F(3, 75) = 67.688, p < .05$ )。その後の検定でTukeyのHSD検定法で多重比較検定を実施した結果、安静時記録と音楽Tの間に有意な差がみられた ( $F(3, 75) = 3.350, p < .05$ )。下記の図2は、音楽種類別の心拍数の比較を示したものである。

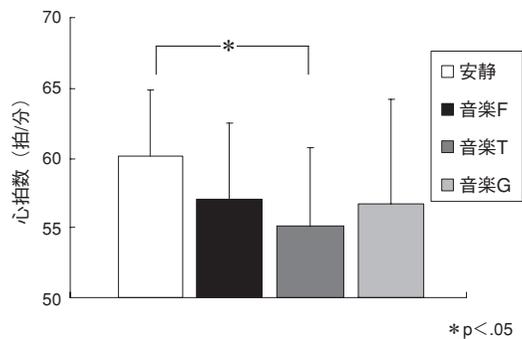


図2 音楽種類別の心拍数の比較  
Fig. 2 The comparison of the heartbeat count according to the music kind

2) 初期瞳孔径からの分析

初期瞳孔径における、回及びセッションを要因とした二要因分散分析を行なった結果、交互作用は認められなかった ( $F(6, 72) = .783, n.s.$ )。また、回を要因とした一要因分散分析を行なった結果、1回目において主効果が認められた ( $F(3, 36) = 3.374, p < .05$ )。その後の検定で Tukey の HSD 検定法で多重比較検定を実施した結果、安静時記録と音楽 T の間に有意な差がみられた。図 3 は、1回目における初期瞳孔径の比較を示したものである。次に、音楽の種類を要因とした一要因分散分析を行なった結果、主効果が認められた ( $F(3, 75) = 4.989, p < .05$ )。その後の検定で Tukey の HSD 検定法で多重比較検定を実施した結果、安静記録時と各音楽間に有意な差がみられた ( $F(3, 75) = 4.989, p < .05$ )。この分析結果は、図 4 に示した。

2. 心理的指標

心理的側面の分析のために用いた PCI の結果を、回およびセッションを要因とした、二要因分散分析を行なった結果、7項目中3項目において、交互作用が認められた。また、回を要因とした一要因分散分析を行なった。その結果、1回目においては7項目中2項目に主効果が認められた(情緒的安定： $F(3, 36) = 4.373, p < .05$ 、競技失敗不安： $F(3, 36) = 3.927, p < .05$ )。そこで、Tukey の HSD 検定法で多重比較検定を実施した

結果、情緒的安定においては、第1セッションと第3セッション、第1セッションと第4セッションの間にそれぞれ有意な差が認められた ( $F(3, 36) = 10.477, p < .05$ )。同様に、競技失敗不安においても多重比較検定を実施した結果、第1セッションと第3セッション、第1セッションと第4セッションの間にそれぞれ有意な差が認められた ( $F(3, 36) = 38.562, p < .05$ )。この分析の結果は、表 2 に示した。

また、表 3 に示すように、2回目においては7項目中1項目(競技失敗不安)に主効果が認められた ( $F(3, 36) = 4.858, p < .05$ )。そこで、Tukey の HSD 検定法で多重比較検定を実施した結果、第1セッションと第3セッション、第1セッションと第4セッションの間にそれぞれ有意な差が認められた ( $F(3, 36) = 31.439, p < .05$ )。

さらに、表 4 で示すように、3回目においては7項目中1項目(情緒的安定)に主効果が認められた ( $F(3, 36) = 3.237, p < .05$ )。そこで、Tukey の HSD 検定法で多重比較検定を実施した結果、第1セッションと第3セッションの間に有意な差が認められた ( $F(3, 36) = 27.810, p < .05$ )。

次に、音楽の種類を要因とした一要因分散分析を行なった結果、7項目中3項目に主効果が認められた(期待認知： $F(3, 75) = 6.985, p < .001$ 、情緒的安定： $F(3, 75) = 4.233, p < .05$ 、技術失敗不安： $F(3, 75) = 7.058, p < .001$ )。その後の検定で Tukey の HSD 検定法で多重比較検定を実施

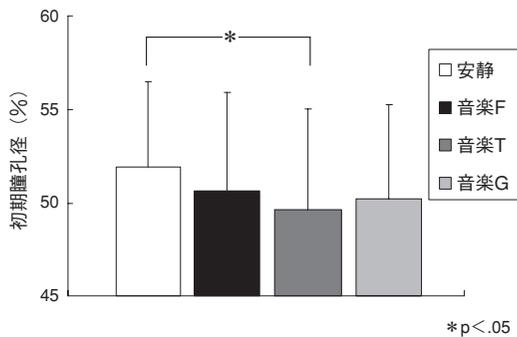


図 3 実験の1回目における初期瞳孔径の比較  
Fig. 3 The comparison of the relative pupil diameter in the first of the experiment

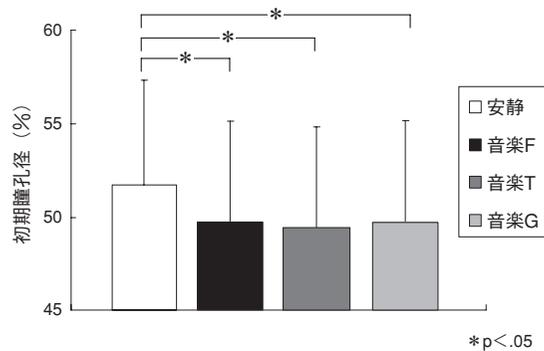


図 4 音楽の種類別における初期瞳孔径の比較  
Fig. 4 The comparison of the relative pupil diameter to be able to put according to a kind of the music

音楽呈示が生体に及ぼす影響

表 2 実験 1 回目における心理的コンディションインベントリーの尺度別平均値の変化

Table 2 The change of the mean according to the standard of the Psychological Condition Inventory in the first experiment

	安静時記録(①)	音楽 F(②)	音楽 T(③)	音楽 G(④)	有意差	多重比較
F1 一般の活気	48.28±8.67	47.07±9.81	48.42±9.47	48.57±9.02		
F2 技術効力感	40.00±7.50	40.28±7.90	40.42±7.84	40.57±8.70		
F3 闘志	31.50±4.78	30.42±3.95	30.64±6.22	30.50±5.06		
F4 期待認知	25.35±6.00	26.64±5.66	27.21±6.22	26.92±5.51		
F5 情緒的安定感	27.07±4.63	29.00±5.54	30.28±5.16	30.42±5.50	*	①<③, ①<④
F6 競技失敗不安	16.57±6.41	15.28±7.10	14.07±6.92	14.43±7.41	*	③<①, ④<①
F7 疲労感	13.50±4.60	11.92±4.53	12.92±5.06	12.14±4.53		
mean ± SD	n = 13					* p < .05

表 3 実験 2 回目における心理的コンディションインベントリーの尺度別平均値の変化

Table 3 The change of the mean according to the standard of the Psychological Condition Inventory in the second experiment

	安静時記録(①)	音楽 G(②)	音楽 T(③)	音楽 F(④)	有意差	多重比較
F1 一般の活気	47.21±10.59	47.85±11.09	51.92±7.89	51.57±6.04		
F2 技術効力感	39.35±9.10	39.85±10.71	40.71±8.47	41.64±9.09		
F3 闘志	30.57±4.75	30.14±6.72	31.42±4.73	31.85±4.40		
F4 期待認知	25.00±6.05	25.21±6.95	27.85±7.14	27.57±6.40		
F5 情緒的安定感	27.21±6.55	28.71±5.81	30.71±3.96	29.64±4.53		
F6 競技失敗不安	16.64±7.80	14.50±8.08	13.07±6.13	13.93±5.70	*	③<①, ④<①
F7 疲労感	14.78±5.11	14.64±5.78	12.5±4.76	12.28±4.47		
mean ± SD	n = 13					* p < .05

表 4 実験 3 回目における心理的コンディションインベントリーの尺度別平均値の変化

Table 4 The change of the mean according to the standard of the Psychological Condition Inventory in the third experiment

	安静時記録(①)	安静時記録(②)	安静時記録(③)	安静時記録(④)	有意差	多重比較
F1 一般の活気	48.87±9.63	48.42±9.45	49.78±8.08	49.71±8.28		
F2 技術効力感	36.50±10.50	36.78±4.74	38.50±10.61	36.57±14.77		
F3 闘志	31.14±4.73	30.78±4.74	31.21±4.26	31.07±4.64		
F4 期待認知	24.42±7.75	25.07±6.91	25.42±6.38	25.14±7.20		
F5 情緒的安定感	27.35±5.22	27.64±5.45	29.21±3.78	28.57±5.03	*	①<③
F6 競技失敗不安	17.92±7.71	17.21±7.76	16.14±7.33	17.00±7.77		
F7 疲労感	12.92±5.08	13.71±6.23	13.21±5.64	13.71±6.46		
mean ± SD	n = 13					* p < .05

表 5 音楽の種類別における心理的コンディションインベントリーの尺度別平均値の変化

Table 5 The change of the mean according to the standard of the Psychological Condition Inventory to be able to put according to a kind of the music

	安静時記録(①)	音楽 F(②)	音楽 T(③)	音楽 G(④)	有意差	多重比較
F1 一般の活気	47.69 ± 9.76	49.57 ± 8.51	50.07 ± 9.06	48.26 ± 10.31		
F2 技術効力感	39.34 ± 8.41	40.80 ± 8.69	40.00 ± 8.02	39.50 ± 9.58		
F3 闘志	30.80 ± 4.80	30.92 ± 4.25	30.84 ± 4.72	30.03 ± 5.97		
F4 期待認知	25.23 ± 6.06	26.92 ± 6.14	27.23 ± 6.73	25.69 ± 6.27	**	①<②, ①<③, ①<④
F5 情緒的安定感	27.30 ± 5.69	29.57 ± 5.05	30.61 ± 4.60	29.69 ± 5.76	*	①<③
F6 競技失敗不安	16.65 ± 7.26	14.96 ± 6.46	13.88 ± 6.58	14.76 ± 7.81	**	②<①, ③<①, ④<①
F7 疲労感	14.00 ± 4.68	12.19 ± 4.55	12.84 ± 4.92	13.30 ± 5.22		
mean ± SD	n = 13					* p < .05 **p < .01

した結果、期待認知においては、安静時記録と音楽 F、安静時記録と音楽 T、音楽 T と音楽 G の間にそれぞれ有意な差がみられた ( $F(3, 75) = 43.439, p < .001$ )。同様に、情緒的安定と競技失敗不安においても多重比較検定を実施した結果、情緒的安定においては、安静時記録と音楽 T の間に有意な差がみられた ( $F(3, 75) = 6.250, p < .001$ )。また、競技失敗不安においては、安静時記録と音楽 F、安静時記録と音楽 T、安静時記録と音楽 G の間にそれぞれ有意な差がみられた ( $F(3, 75) = 37.332, p < .001$ )。この分析の結果は、表 5 に示した。

#### IV. 考 察

本研究の目的は、被験者が日々の練習で実施しているリラクゼーションで使用している音楽を聴けば、条件づけの効果から、リラクセスが促進されるであろうという仮説を検証することであった。

1) 本研究の分析では、音楽の種類別に結果を見ると、音楽 T において心拍数および初期瞳孔径が有意に低くなっている。このことは、音楽 T を聴取することがリラクゼーション効果をもたらしたと考えられる。その理由として、本研究の被験者である選手たちに、日々の練習で音楽 T を使いリラクゼーショントレーニングを実施した。そこで選手たちは、この音楽 T を聴くことでリラクセス状態になるという「条件づけの効果」が得られたと考えられる。小竹ほか (2004) は、音楽療法のリラクゼーション効果に関する報告の中で、無条件環境、ストレス環境、リラクセス環境における各被験者の反応を比較したところ、ほぼ全員の心拍数がストレス環境よりもリラクセス環境が低いという結果を示している。このことは、本研究の分析と同じ結果を示したと考える。つまり、被験者に対して毎回同じ音楽を聴かせながらリラクゼーショントレーニングを実施したことで、この音楽

に対して条件づけがされ、その結果としてリラクセスの効果が見れたと考える。

2) 本研究の初期瞳孔径の結果を見た限りでは、初期瞳孔径は安静時記録よりも音楽聴取時の方が有意に縮小した。このことは、後藤・本郷 (2006) の、安静時には副交感神経系が亢進し、瞳孔が縮小するという報告と同様に、本研究においても同じ結果が分析できた。つまり、音楽聴取させたことが、被験者にリラクセス効果を与え、副交感神経系が亢進したと考えられる。また森・安本 (1998, 2002) は、音楽の種類について、1/f ゆらぎの音楽による音楽鑑賞の効果で副交感神経系が亢進したという報告をしている。このことから本研究においても、先行研究と同様に、1/f ゆらぎ音楽であると解析された音楽 T および音楽 G が、副交感神経系の亢進を示したであろうと考えられる。しかし、音楽 F においても音楽 T 及び音楽 G と同様な結果を示したことから、1/f ゆらぎの音楽でなくとも各個人のリラクセスしたい時に聴きたい好きな音楽であれば、聴く回数が多いということから、これも条件づけの影響があり、1/f ゆらぎの音楽と同様の効果が期待できると考えられる。このことは、川邊・柿木 (1998) が、リラクゼーションの促進には、個人の“音楽の好み”が重要な要因の一つであると報告したことと同様な結果であった。

3) 本研究の分析では、被験者である選手たちの音楽聴取と心理的コンディションとの関連性では、音楽 (音楽 F・T・G の全て) を聴取することによって「期待認知」・「情緒的安定感」が有意に高値を示し、「競技失敗不安」が有意に低値を示した。この「競技失敗不安」が有意に低値を示した結果から、音楽を聴取したことによってリラクセス効果が得られ、競技に対する不安が減少したと考えられる。また、競技に対する不安が減少したことにより、情緒が安定し、さらに競技に対する積極性が増加したので、「期待認知」・「情緒的安定感」が有意に高値したのではないかと考えられる。猪俣

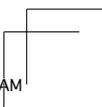
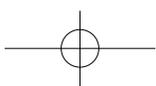
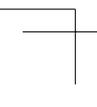
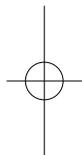
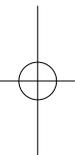
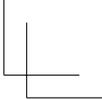
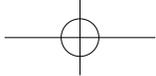
(1997) は、積極的思考 (positive thinking) はストレスを自分にとって有意なものとして解釈し、競技に対する動機づけや意欲、自信の向上、最適な緊張状態の形成などに役立つと報告している。このことから、音楽聴取によって、競技に対する不安が減少し、情緒の安定感と競技に対する積極性が増加したことで、スポーツ選手としては最適な心理状態になったのではないかと考えられる。高妻 (2002) は、音楽を聴くことで、呼吸が安定し、気持ちのコントロールに影響を及ぼすと述べている。このことから、本研究で聞かせた音楽により、被験者の不安の減少や情緒の安定感につながったのではないかと考える。

## V. まとめ

本研究では、被験者が日々の練習で実施しているリラクゼーションで使用している音楽を聴けば、条件づけの効果から、リラクセスが促進されるであろうという仮説を検証できたと考える。また1/f ゆらぎの音楽でなくとも、本人がリラクセスしたい時に聴きたい好きな曲であれば、同様の効果が得られるという結果が認められた。この結果は、先行研究と同じ結果が認められた。今後は、被験者数を増やし、他の生理的指標での分析、また実験デザインのパリエーションも増やした方が良いと考える。

## 引用文献

- 1) 後藤由夫, 本郷道夫: 自律神経の基礎と臨床 改訂3版, 医薬ジャーナル社, 東京, 122-127, 2006.
- 2) 伊藤護朗: スポーツトレーニングにおけるBGMの心理的効果に関する研究, 秋田論叢, 9, 45-76, 1993.
- 3) 猪俣公宏: 選手とコーチのためのメンタルマネジメント・マニュアル, 大修館書店, 東京, 85-94, 1997.
- 4) 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, 東京, 78-84, 2002.
- 5) 小竹訓子, 中村恵子, 高橋由紀: 音楽療法のリラクゼーション効果に関する研究, 県立長崎シーボルト大学, 看護栄養学部紀要, 5, 1-10, 2004.
- 6) 川邊浩史, 柿木昇治:  $\alpha$ 波のバイオフィードバックと音楽の趣向, 広島修道大論集, 39(1)(人文), 1-17, 1998.
- 7) 森忠三, 安本義正: 心拍ゆらぎと自律神経活動に関する研究: 第3報 1/f音楽・腹式呼吸と日内リズム, 日本バイオミュージック学会, 16(2), 173-179, 1998.
- 8) 森忠三, 安本義正: 心拍ゆらぎと自律神経, 日本音楽療法学会誌, 2(2), 129-136, 2002.
- 9) 吉武康栄: 生理信号処理のレシピ, 大分看護科学研究, 4(1), 27-32, 2003.
- 10) 山本賢司, 伊賀富栄, 高橋幸子, 志水哲雄: 音楽療法による情動変化について—音楽専攻の有無による違いや聴取音楽による違いについて—, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 11, 71-78, 1999.
- 11) 山形哲行, 藤枝賢晴, 大山健, 山内宏志: 音楽介入による運動時の生理的・心理的变化と運動パフォーマンスへの影響—加速度脈波及びPOMSを指標として—, 東京学芸大学紀要, 5(54), 135-160, 2002.



# 大学体操選手の前胸部痛

中村 豊 (スポーツ医科学研究所) 赤羽綾子 (体育学部競技スポーツ学科)

大見博子 (医学部外科学系整形外科) 宮崎誠司 (体育学部武道学科)

西村典子 (スポーツ医科学研究所) 吉田早織 (スポーツ医科学研究所)

## Anterior Chest Pain in University Gymnastics Players

Yutaka NAKAMURA, Ayako AKABA, Hiroko OMI, Seiji MIYAZAKI, Noriko NISHIMURA and Saori YOSHIDA

### Abstract

The questionnaire was performed about the pain of anterior chest wall to 167 university gymnastics players. X ray inspection, bone scintigraphy, 3D-CTscanning, and MRI examination were performed to a total four players, and two of four persons have a pain of anterior chest wall and others without pain.

Frequency of the pain on anterior chest wall was resulted to 36.5% from the questionnaire about the pain of history. As a part of anterior wall, body of a sternum was obtained 53% most frequently. As a character of pain from questionnaire, it was 45% mostly which has the momentary pain, and pain followed also in during several days was seen 22%. As an item of gymnastics which caused to the pain, the flying rings by the man and uneven parallel bars by the lady saw to mostly. The inspection result of the player with a pain has separation of manubriosternal region from the findings of 3D-CTscanning, the sickness of periostium and spur formation of sternum body also was seen strongly. From bone scintigraphy, sternal uptake was strongly seen also below the manubriosternal part, and in MRI examination separation of manubriosternal region was markedly seen like 3D-CT scanning. In gymnastics, it is thought that the frequency to the action which supports or tracts the body by the upper limbs is high. Also in gymnastic as compared with other games it is high for the possibility to lead the pain of anterior chest wall by the excessive stress from growth phase. (Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 75-82, 2009)

## I. 緒 言

スポーツにおける胸部の痛みは多くみられる症状ではなく、胸痛が自覚され場合には内科的疾患が真っ先に懸念され、痛みの精査が必要とされる場合も少なくない。スポーツ選手に起こる内因性の胸痛としては不整脈や心疾患などの心・血管系疾患が関係することも珍しくなく、その結果として突然死という結果に繋がることもあり得るため

に胸部の痛みは見逃すことのできない症状である。一方で上肢を活用させながら動きを形作るとはスポーツ活動に特有の動作といっても過言でなく、上肢を酷使することは胸骨をはじめとする前胸部への負担を強いることはになる。日常生活においても上肢の動きは当然のことながら生活動作として活用される。しかし、スポーツ程の大きな負荷が上肢にかかることはあまりなく、スポーツにおける上肢帯の活用は特異的なものと位置づけられる。特に体操競技では身体を支持する動作

や牽引する動きが多くあり、跳馬・鉄棒・つり輪など多くの競技種目において上肢に負担がかかることになる。しかも体操選手の競技人口は若年者に限られていると言ってもよく、成長期である学童期から多くの選手が競技を開始しているために、体格が未熟な時期から繰り返し負荷がかかることになり暦年においては若くても負荷はかなり長期に及んでいるのが現状である。実際に体操選手の中には成長期に前胸部の痛みを苦しんだ経験をもつものは少なくなく、成長期を終了した高校・大学期においても依然として痛みが残存している場合も散見される。

スポーツにおける前胸部の痛みに関して、メカニカルストレスが関係していると思われるものは胸骨部の骨折や胸鎖関節脱臼など外傷性のものが殆どである。繰り返しストレスから発生する前胸部痛は体操、剣道や陸上のハンマー投げなどのごく一部の競技に限定され、しかもその病態に関してはほとんど解明されていないのが現状であると思われる。

## Ⅱ. 研究目的

身体の前胸部に伝わるメカニカルストレスが関連して発生する前胸部の痛みは、その発生メカニズムや病態などまだまだ不明な点が数多く残されていると思われる。

今回、我々は体操競技に特化して前胸部の痛みについて調査し、特に胸骨部に発生する痛みについてその発生時期や頻度など現状を明らかにするとともに、その発生メカニズムを解明し今後の対策および予防を講ずる手がかりにすることを目的とした。

## Ⅲ. 研究方法

### 1. 対象

5大学からの協力を得て175名の現役体操部員

に対してアンケート調査を行い、有効回答の得られた167名（男子106名、女子61名）の体操部員の胸部痛に関する現状を評価した。

症例研究においては胸骨部の痛みを有する2名の選手と上肢を酷使用する運動歴がなく痛みを全く持たない一般学生2名を対照とした合計4名の被験者に対して専門医による直接検診と医療機関における前胸部の精査を行なった。

### 2. アンケート調査

アンケート調査は現役の大学体操部員に対して体操競技における前胸部痛に関する既往歴およびその痛みに関する7項目の質問と現在ある前胸部痛に関しての2項目の合計9項目の質問より構成された。

### 3. 症例研究

前胸部痛でもとくに胸骨部に痛みを持つ2名を有痛群とし、痛みがなく上肢を酷使用するスポーツ歴のない2名を対照群とした合計4名の全員を直接検診し、前胸部の精査として単純X線検査・3DCTスキャン及びMRI検査を行い、特に痛みの強い1名のみにも骨シンチグラフィを施行した。

1) 診察項目：疼痛を誘発できる部位および誘発肢位、局所の腫脹や発赤などの炎症所見の有無や圧痛、筋萎縮の存在など対象性について診察が行われた。

2) 単純X線検査：胸骨画像は正面画像では得ることができないため、両側の斜位像および側面の3方向の撮影を行なった。

3) 骨シンチグラフィ：テクネチウム ( $^{99m}\text{Tc}$ ) というラジオアイソトープを含んだ薬剤を注射して行う核医学検査で、骨の代謝や反応が盛んなところにも集まる性質を利用して、骨腫瘍や骨の炎症、骨折の有無などに用いられるが、疲労骨折などの診断にも大いに役立つため、胸骨の痛みの強い1名に対してのみ行い、痛みの変化に伴い施行し画像の評価を行った。

4) 3DCTスキャン：一連の画像データから任意

の部位の画像を高速3次元で再構成し表示し、3次元の画像を用いながら骨の内外表面や軟部組織の表面を回転表示等の各種表示機能を用いて詳細に観察するものであり、胸骨のような体幹の中央部の軟骨変化の描出に優れているため施行された。

5) MRI 検査：前胸部の痛みの病態説明は不十分であり、骨部の変化から軟部組織の変化まで多岐に亘る可能性があり、病態説明の一助とするために胸骨の痛みの強い1名に対してのみ行い T1・T2 強調に加え脂肪抑制画像なども施行された。

現在も前胸部に何らかの痛みを覚える選手は7名4%であり男女比では男性3名、女性4名であった(図1)。

大学別の前胸部の既往では部員構成が異なることなどから比較対象ではないがA大学40%、B大学36%、C大学48%、D大学22%、E大学24%に前胸部の疼痛既往がみられた(図2)。

競技に影響する前胸部痛の発症時期に関しては高校61%、大学20%、中学12%で高校時代に競技に影響する痛みを初めて体験する結果であった(図3)。

痛みの種類については動きに伴うもの43%、種目に関連する痛みは40%で、練習以外でも痛む場合は39%であった。痛みの性質は瞬間的な痛みが39%であるのに対して鈍痛は27%であった。

痛みの持続時間は瞬間的なものが45%、数分間続くものは16%、数時間は6%であり短時間の場合が多いが、一方で数日続くものは22%で数ヶ月に及ぶものも11%みられた。

前胸部の解剖学的な位置によって疼痛部位をみ

## IV. 結果

### 1. アンケート結果

今回の調査では前胸部の痛みを覚えたことのある選手は61名36.5%であり、男女比では男性で51名48%、女性で10名16%に疼痛既往がみられた。

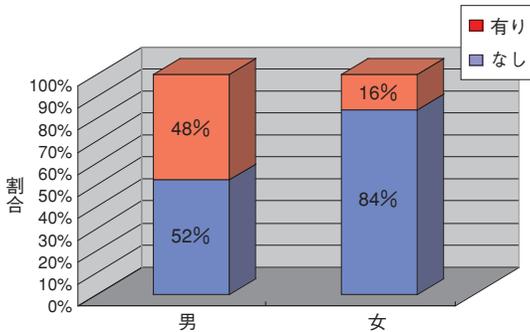


図1 前胸部痛の頻度  
Fig. 1 Frequency of pain on anterior chest wall

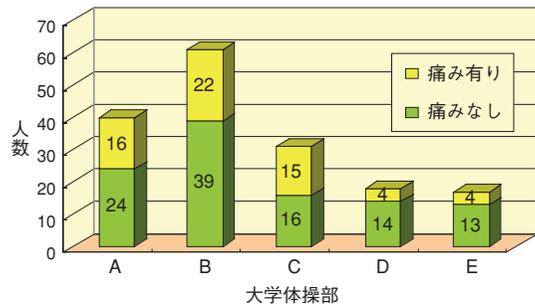


図2 大学別の前胸部痛の頻度  
Fig. 2 Frequency of pain on anterior chest wall by the university

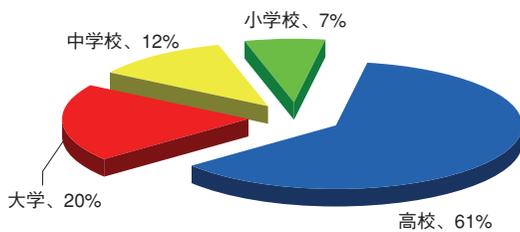


図3 前胸部痛の初発時期  
Fig. 3 Time which felt the pain for the first time associated with anterior chest wall

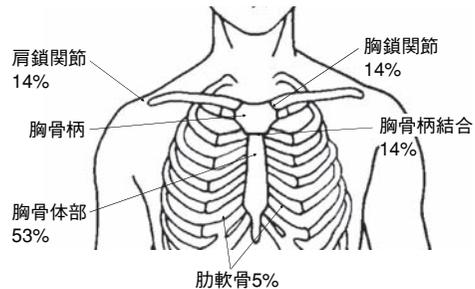


図4 前胸部痛の部位別頻度  
Fig. 4 Frequency of pain by the part of anterior chest wall

表1 種目別の前胸部痛の頻度  
Table 1 Frequency of pain on anterior chest wall by the items of gymnastic

種目	人数	割合
男子 (51名)		
吊り輪	43	84%
平行棒	30	59%
鉄棒	20	39%
鞍馬	17	33%
床	15	29%
跳馬	12	24%
延べ人数	137	
女子 (10名)		
段違い平行棒	6	60%
床	4	40%
跳馬	4	40%
平均台	3	30%
延べ人数	17	

ると、胸骨体部が最も痛み53%、次いで胸骨柄結合・胸鎖関節・肩鎖関節部が14%であり、肋軟骨部が5%であった(図4)。

技別に痛みの発生をみると男子種目では吊り輪が最も多く43名84%、平行棒30名59%、鉄棒20名39%の順であり、女子種目では段違い平行棒が6名60%、床と跳馬がそれぞれ40%であった(表1)。

## 2. 症例研究

有痛者の直接検診による疼痛部位は2名とも胸骨柄結合より下部に痛みを覚え、胸骨体部上方で圧痛を認めた。疼痛誘発には上半身の反張姿勢や両腕での支持動作などで痛みを誘発可能であった。その他には腫脹や発赤などの炎症所見はなく、上肢帯に筋萎縮など著名な所見はなく、運動時の異常音などを契機に疼痛が繰り返されるようになった。

1) 単純X線：斜位像における所見では詳細な読影が困難であり疼痛群と対照群との間に明らかな差異は認められなかった。また側面像では前方凸の形態がそれぞれ異なり、特に疼痛群で胸骨柄結合部の離開が認められ柄結合の解離傾向がうかがわれた。

2) 骨シンチグラフィ画像：ラジオアイソトープの集積により骨の炎症、骨折の有無や疲労骨折などの診断にも大いに役立つとされているが、胸骨柄結合部に加えてより下方に線状の集積があり疼痛レベルと一致する所見であった(図5)。

3) 3DCT スキャン画像：疼痛群と対照群との比較においては上肢からのストレスを受ける胸鎖関節には著明な差異はなく、胸骨柄部に関しても同様であった。著明に異なる所見はX線所見と同様に胸骨柄結合の離開が大きく対照群との差として認識された。その他胸骨柄結合部の下部には骨化部位および胸骨体部の骨膜肥厚なども対照群には見られない所見であった(図6) また有痛者には頸切痕部の骨棘形成なども認められた(図7)。

4) MRI 画像：3DCT スキャン画像と同様の所見が見られたが、石灰化や骨化所見は画像にならない反面、軟部組織の変化に敏感であるが明らかな炎症などを示す所見は得られなかった(図8)。

## V. 考 察

前胸部の痛み特に胸骨部に関連する報告は大部分が外傷性のもので、反復する慢性ストレスが痛みの原因と思われる報告はほとんど見られない<sup>1-6)</sup>。体操選手の前胸部の痛みに関する今回の調査では既往歴などから少なからず痛みの存在が示され、疼痛部位に関する精査では明らかに有痛者と対照者との間に画像的に異状所見がみられ、3D-CT や MRI 検査などから形態的な相違点が認知可能となった。

### 1. アンケート調査

体操選手の前胸部の痛みについてはその存在そのものが認知されていない部分があり、その痛みの性質、部位、競技との関連など詳細は全くのところ解明されていないのが現状である。5大学の

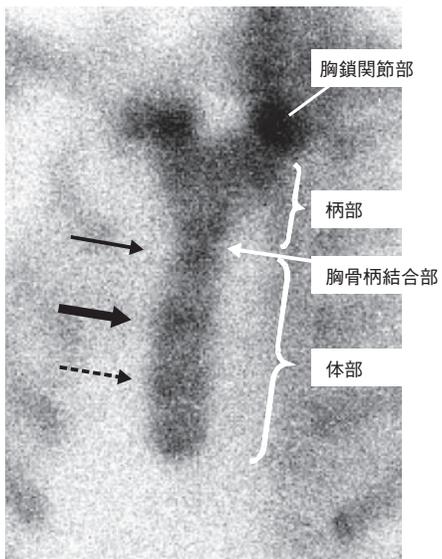


図5 前胸部痛者の骨シンチグラフィ画像  
Fig. 5 Sternal uptake on bone scintigraphy



図6 3D-CT画像  
Fig. 6 Findings of 3D-CT scanning

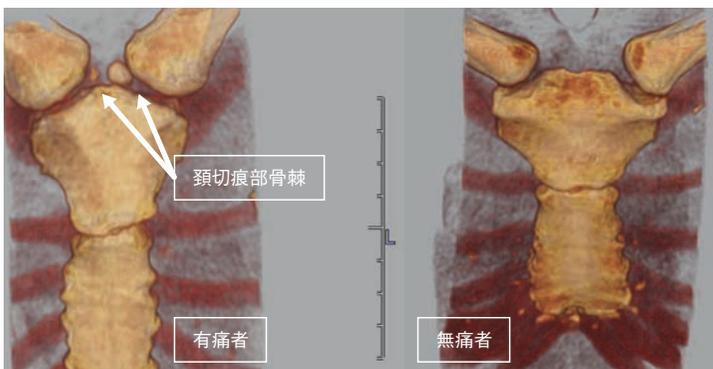


図7 3D-CT画像  
Fig. 7 Findings of 3D-CT scanning

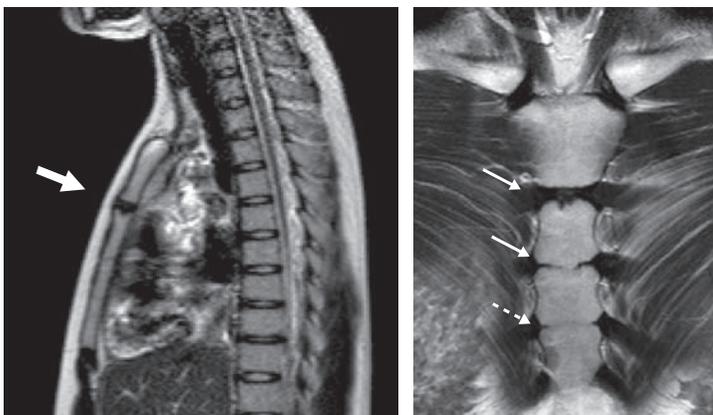


図8 前胸部痛者のMRI画像  
Fig. 8 Findings of MRI examination

現役体操部員によるアンケート調査からは36.5%に既往があり、体操界における胸部痛の存在は珍しいものではなく認知不足である点を感じられた。また疼痛の発症時期は高校時代が61%で過半数を占め、部位的には53%が胸骨体部に痛みがあり、次いで胸骨柄結合・胸鎖関節・肩鎖関節に14%であったことは高校時代になるにつれてより専門的にパワフルな演技が行なわれ、上肢からのストレスが痛みの発生に影響していると考えさせるが、胸骨体部に痛みが集中している背景には更なる解析が必要と言わざるを得ない。種目別には吊り輪、鉄棒、段違い平行棒など上肢で身体を牽引・支持する種目で多発しており、身体の重さに加えて身体の回転により発生する遠心力を上肢で支持し、腕を固定したまま身体を回す動作などにより関節の全可動範囲域に負荷が加わるために2次的に胸骨へ影響することも考えられる。また鎖骨からのストレスが胸鎖関節を介して胸骨柄部、さらに柄結合から体部へと影響することも考えられる。上肢は肩関節で肩甲骨と連結するが体幹部分への連結に関係する骨構造は鎖骨1本でのみであり、鎖骨が胸骨へ胸鎖関節を介して連結し、さらに胸骨から肋骨を伝って脊椎へ移行する構造になる。したがって上半身の反張姿勢では胸骨部に牽引力が働き、支持姿勢では肩関節角度により負荷の加わり方が異なるが、肩関節を前方へ引き出して上肢の作動を行なうため大胸筋の収縮及び腹直筋の収縮などにより胸骨が胸腔方向へ引き下げられるために胸骨に応力が加わることも疼痛誘発に繋がると考えられる。

## 2. 症例研究

症例研究においては対照者に比べて明らかに有痛者には画像検査における形態的な異常所見が得られ、胸骨部への疼痛発生メカニズムに関する病態解明への手掛かりになると考えられた。前胸部の画像評価については心肺陰影と重なるためX線検査などでは詳細な情報を得ることが困難であるため3D-CT スキャンは3次元の画像を用いながら骨の内外表面や軟部組織の表面を回転表示等

の機能を用いて詳細に観察するもので有効な画像診断と考えられる。3D-CT スキャンによる所見では胸骨柄結合部の離開が顕著に見られ、加えて柄結合の下部にも石灰化像が認められ骨化過程の遅延あるいは骨膜肥厚に伴う変化などが推察される。頸切痕部の骨棘形成などは上肢の支持動作からの負荷を反映するものと考えられ、体操競技の特殊性を示すものと考えられる。MRI 画像では3D-CT 所見と同様に柄結合の離開を示すが、発症の契機となった動きで異常音を伴っていたことなどから異状可動性が生じることや柄結合の過可動性などが痛みを誘発していることも考えられる。Kakhki<sup>7)</sup>らが述べているように骨スキャンにおける胸骨部の画像には集積パターンに年齢的な広がりがあるために正常像との区別がつけづらいなどの指摘もあり、また被験者数も少ないため画像などから痛みの発生メカニズムを確定することは困難であると考えられる<sup>8)</sup>。しかし、今回のアンケート調査や症例研究から少なくとも上肢を使う体操では身体を上肢で支持しながら動きを繰り返すことで前胸部の痛みの発生に関与し、特に胸骨などへの影響が少なからず存在することは間違いないと考えられる。

## VI. まとめ

- 1) 現役の体操選手167名に対して前胸部痛に関するアンケート調査を行い、前胸部痛を有する選手2名と対照として痛みのない2名の合計4名の大学生について前胸部痛に関する精査を行った。
- 2) アンケート調査からは36.5%に前胸部の疼痛既往がみられ、高校時代から痛みが発症するケースが多く、部位別には胸骨体部が53%を占め、種目別には吊り輪や平行棒などの種目が影響していた。
- 3) 症例研究では対照者と比較により3D-CT スキャンやMRI 画像で明らかな画像所見が得られ、特に胸骨柄結合の離開や胸骨の骨膜肥厚・

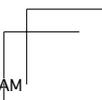
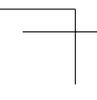
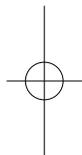
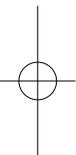
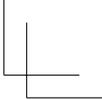
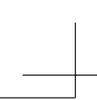
石灰化などが顕著であった。

- 4) 有痛者の骨スキャンでは胸骨柄結合部とその下部に線状にRI集積が見られ、疼痛部位と一致する所見であったが正常骨化過程の範囲内の可能性もあり今後の症例の積み重ねが必要と思われた。

参考文献

- 1) 西口雅彦, 河野昌文, 村田雅和, 鳥越雄史, 小関弘展, 田口厚, 胸骨柄部体部間脱臼の1症例, 骨折, 22巻, 2号, 430-432, 2000  
2) 安松英夫, 下野哲朗, 早瀬正寿, 吉留鶴久, 森本典夫, 胸骨疲労骨折が疑われる1例, 整形外科と災害外科, 46巻, 3号, 641-643, 1997

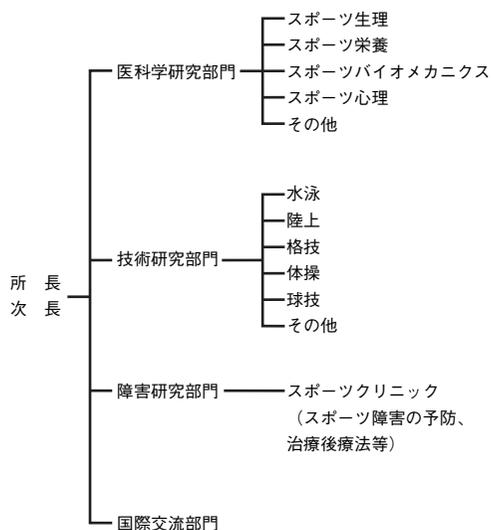
- 3) 鈴木陽介, 胸骨に発生した疲労骨折の1例, 整形外科, 45巻, 12号, 1653-1655, 1994  
4) 岡村明, シートベルトによる胸骨骨折, 整形外科と災害外科, 40巻, 2号, 769-773, 1991  
5) 山口利仁, 胸骨結合脱臼骨折の2例, 関東整災誌, 18巻, 502-506, 1987  
6) Kalicke T, Frangen TM, Muller EJ, Muhr G, Hopf F, Traumatic manubriosternal dislocation, Arch Orthop Trauma Surg. 126 (6), 411-416, 2006  
7) Kakhki VD, akavi SR, Age-related variants of sternal uptake on bone scintigraphy, Clin Nucl Med, 31 (2), 63-67, 2006  
8) Syed GM, Fielding HW, Collier BD, Sternal uptaken on bone scintigraphy: age-related variants, Nucl Med Commun, 26 (3), 253-257, 2005



# 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・カラーとわなないが、仕上がりは白黒のみとする。(但し、仕上がりをカラーで希望する場合及び特別な費用を要した場合は寄稿者の負担とする。)
8. 図や表には、それぞれに必ず通し番号と、タイトル(表の場合、上方に、図の場合、下方に、和文を上として、和欧両文で記入)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1117

「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 (2007. 4. 1)

- 1 委員長 寺尾 保
- 2 委員 山村 雅一
- 3 委員 三田 信孝
- 4 委員 小澤 秀樹
- 5 委員 平岡 秀雄

## 2008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 中村 豊 スポーツ医科学研究所
3. 専任 有賀 誠司 スポーツ医科学研究所
4. 所員 石井 直明 医学部(基礎医学系)
5. 所員 瀧澤 俊也 医学部(内科学系)
6. 研究員 佐藤 宣践 体育学部(武道学科)
7. 研究員 山村 雅一 医学部(基礎医学系)
8. 研究員 桑平 一郎 医学部(内科学系)
9. 研究員 山下 泰裕 体育学部(武道学科)
10. 研究員 吉川 政夫 体育学部(生涯スポーツ学科)
11. 研究員 三田 信孝 体育学部(生涯スポーツ学科)
12. 研究員 加藤 達郎 体育学部(体育学科)
13. 研究員 松木 秀明 健康科学部(看護学科)
14. 研究員 高妻 容一 体育学部(競技スポーツ学科)
15. 研究員 小澤 秀樹 医学部(内科学系)
16. 研究員 町田 修一 体育学部(生涯スポーツ学科)
17. 研究員 宮崎 誠司 体育学部(武道学科)
18. 研究員 森久保俊満 健康科学部(社会福祉学科)
19. 研究員 山田 洋 体育学部(体育学科)
20. 研究員 栗山 雅倫 体育学部(競技スポーツ学科)
21. 研究員 知念 嘉史 体育学部(生涯スポーツ学科)
22. 研究員 東福寺規義 医学部(東京病院リハビリテーション科)
23. 研究員 花岡美智子 体育学部(競技スポーツ学科)
24. 研究員 吉田 早織 体育学部(非常勤講師)
25. 研究員 小山 猛志 体育学部(非常勤助手)
26. 研究員 緒方 博紀 体育学部(非常勤助手)

27. 研究員 西村 典子 スポーツ教育センター  
(臨時職員)
28. 研究員 平岡 秀樹 学外
29. 研究員 下田 吉紀 学外
30. 研究員 宮村 司 学外

---

## 2008年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

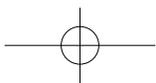
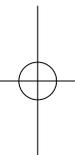
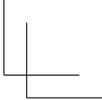
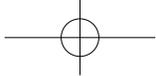
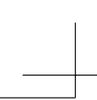
---

### コアプロジェクト

- 運動・スポーツにおける健康・体力と競技力向上のための総合的研究

### 個別プロジェクト

- スポーツ選手の競技力向上のための筋力トレーニング法に関する研究
- 幼児の運動機能の評価に関するバイオメカニクス的研究



「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 山村 雅一

〃 三田 信孝

〃 小澤 秀樹

〃 平岡 秀雄

**東海大学スポーツ医科学雑誌 第21号 2009**

発行日 2009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1117 TEL 0463-58-1211

製作 東海大学出版会

印刷・製本 港北出版印刷株式会社