球技選手における間欠的なハイパワー発揮能力の トレーニング課題に関する研究 ：エネルギー産生能力のタイプに着目して

坂井 和明¹⁾ 水上 一²⁾ 斉藤 一人³⁾
John Sheahan⁴⁾ 高松 薫²⁾

Training objectives for intermittent high power output ability for ball sport athletes based on different energy delivery ability

Kazuaki Sakai¹, Hajime Mizukami², Kazuto Saitoh³,
John Sheahan⁴ and Kaoru Takamatsu²

Abstract

The present study was to obtain a fundamental guideline for determining training objectives of intermittent high power output ability required by ball sport athletes. For this purpose, two experiments were undertaken. In both experiments, subjects were individually measured for ATP-CP, LA and O₂ energy delivery ability, and evaluated using anaerobic and aerobic indices. In experiment 1, 19 university handball players performed intermittent pedaling exercise. They were then compared after being divided into anaerobic and aerobic groups using the above anaerobic and aerobic indices. In experiment 2, 23 university basketball players performed intermittent sprint running exercise incorporating changes in direction. These subjects were also compared after being divided into two groups, as in experiment 1, and also after being further divided into four groups (A: high anaerobic/high aerobic, B: high anaerobic/low aerobic, C: low anaerobic/high aerobic, D: low anaerobic/low aerobic).

The main results were as follows:

(1) The aerobic group displayed higher power output in the middle and late stages of intermittent exercise. The difference in power output between the groups was more evident when they were compared according to relative power (percentage of maximum ATP-CP energy delivery ability) than when compared according to absolute power (Exp. 1, 2).

(2) Group A demonstrated the highest power output from the middle stage of intermittent exercise, followed in order by groups C, B and D. Also, the two high aerobic groups (A, C) demonstrated a higher relative power output than the two low aerobic groups (B, D) from the middle stage of intermittent exercise (Exp. 2).

(3) The correlation between high power output during intermittent exercise and anaerobic index was highest in set 1 and decreased with each progressive set. Conversely, the correlation between

-
- 1) 法政大学非常勤講師
〒194-0298 東京都町田市相原町4342
 - 2) 筑波大学体育科学系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
 - 3) 白鷗大学女子短期大学部
〒323-8585 栃木県小山市大行寺1117
 - 4) 筑波大学体育科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

1. Hosei University, Aihara 4342, Machida, Tokyo, 194-0298
2. Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8574
3. Hakuoh Women's Junior College, Daigyouji 1117, Oyama, Tochigi, 323-8585
4. Doctoral Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8574

high power output and aerobic index was lowest in set 1 and tended to increase with each progressive set (Exp. 1, 2). Furthermore, this correlation became higher at an earlier stage when the rest interval between sets was shorter (Exp. 2).

The above results indicate that in ball sports, intermittent high anaerobic power output training objectives need to be clarified, taking into consideration the anaerobic and aerobic energy delivery ability of the individual athlete. Furthermore, because the length and intensity of exercise changes depending on the particular sport being played or the tactics used, it is also necessary to take into account any changes in the influence of anaerobic and aerobic energy delivery capacity on performance.

Key words: ball game, intermittent exercise, energy delivery system, anaerobic type, aerobic type

(Japan J. Phys. Educ. 45: 239-251, March, 2000)

キーワード：球技スポーツ，間欠的運動，エネルギー
産生能力，無気型，有気型

緒 言

球技スポーツでは，種目に特有な体力として，間欠的なハイパワー発揮能力が要求される．これは，ダッシュやジャンプなどのハイパワー運動を，ランニングなどのローパワー運動をはさんで間欠的に持続する能力である．これまで球技スポーツ選手のエネルギー系の体力に関する研究では，一般に無気的能力と有気的能力をそれぞれ個別の研究対象として扱うことが多かった．これは，個々の能力をそれぞれひとつの体力要素という次元で捉えたものと考えられる．しかし，両者は独立したひとつの体力要素であると同時に，相互に影響し合いながら発揮されることによって，間欠的なハイパワー発揮能力という総合的な能力にもなる．

坂井ら（1999）は，総合的な能力である間欠的なハイパワー発揮能力と，非乳酸系，乳酸系および有酸素系の各エネルギー産生能力との関係について検討している．その結果，間欠的なハイパワー発揮能力は，間欠的運動の開始直後から数セットまでは非乳酸系のエネルギー産生能力に大きく影響されるが，その影響はセットが進むにつれて徐々に小さくなり，中盤以降は，有酸素系のエネルギー産生能力の影響が大きくなることを報告している．さらに，間欠的にハイパワーを発揮するためには，間欠的運動中に高い酸素摂取量を獲得することの重要性についても示唆している．これ

は，有酸素系のエネルギー供給機構が，ハイパワー運動中にエネルギーを供給するという直接的働きだけでなく，ローパワー運動中にアデノシン三リン酸（ATP），クレアチンリン酸（PCr）を回復するという間接的働きを行っている（Gaitanos et al., 1993；山本・金久，1989；1990）ためである．これらのことは，間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニングにおいては，体力の各要素を個別にみるのではなく，有機的，構造的にみる必要があることを示唆するものである．

一方，個々の選手は，無気的能力と有気的能力の優劣からみて，多様な体力特性を持つ．相対的に無気的能力に優れる無気型の選手もいれば，相対的に有気的能力に優れる有気型の選手もいる．エネルギー系の体力からみたこのタイプの相違は，両者が組み合わせあって発揮される間欠的なハイパワー発揮能力の優劣にも大きな影響を及ぼすと考えられる．しかし，エネルギー系の体力からみた個々の選手のタイプの相違が，間欠的なハイパワー発揮能力に及ぼす影響について検討した研究は少ない．現場のトレーニングにおいても，個々の体力要素をそれぞれ個別に評価し，それをもとにして個々の体力要素ごとに個別にトレーニング課題を設定していることが少なくない．球技スポーツにおける体力的準備においては，前提条件としての一般的体力を全面的に向上させることにとどまらず，種目に特有な専門的体力，特に間欠的なハイパワー発揮能力を向上させることが最終的な目標にならなければならない．したがって，間欠的なハイパワー発揮能力を目標レベルまで高

めていくための適切なトレーニング課題を、個々の選手のタイプに応じて明確にするためには、個々の体力要素を個別に捉える視点に加えて、間欠的なハイパワー発揮能力を構成する要素として有機的、構造的に捉える視点が必要であると考えられる。

そこで本研究では、間欠的なハイパワー発揮能力を直接評価するために作成したインターバルテストの結果を、無気的能力と有気的能力の優劣からみたタイプの相違と関連づけて捉えることによって、間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニング課題を明確にするための基礎的知見を得ることを目的とした。

方 法

A. ペダリング運動による場合 (実験 1)

1. 被験者

被験者には、大学男子ハンドボール部員19名 (年齢 20.1 ± 1.2 歳, 身長 177.4 ± 7.2 cm, 体重 69.6 ± 7.6 kg) を用いた。これらの被験者には、実験の趣旨を説明し、参加の同意を得た。

2. 測定項目および測定方法

1) エネルギー産生能力の測定

本研究では、Howald et al. (1978) による運動の所要時間とエネルギー系の動員との関係を基にして、非乳酸系 (ATP-CP 系), 乳酸系 (LA 系), 有酸素系 (O_2 系) の各エネルギー産生能力の指標を作成した。

ATP-CP 系のエネルギー産生能力の指標として、7 秒間の全力ペダリング運動を、体重 $\times 0.08$ kp の負荷で行わせた際の体重当りの最大パワー (Max-P/BW) を測定した。

LA 系のエネルギー産生能力の指標として、Bar-Or (1987) の研究を参考にして、30 秒間の全力ペダリング運動を、体重 $\times 0.08$ kp の負荷で行わせた際の体重当りの平均パワー (Mean-P/BW) を測定した。

O_2 系のエネルギー産生能力の一つの指標として、負荷漸増法によるペダリング運動を、60 rpm でオールアウトに至るまで行わせた際の体重当りの最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}/BW$) を測

定した。酸素摂取量はダグラスバッグ法により測定した。また、本研究では、 O_2 系のエネルギー産生能力の他の一つの指標として、体重 $\times 0.03$ kp (60 rpm) の負荷での最大下ペダリング運動を20分間行わせた際の、運動中 3, 9, 15 分目の血中乳酸濃度の平均値 (Mean-LA) を用いた。血中乳酸濃度は、指尖から採血した血液サンプルを自動血中乳酸分析器 (YSI 社製 MODEL23L) により分析した。この Mean-LA は、次の 2) で示すインターバルテスト 1 のローパワー運動だけを20分間連続的に行った際の血中乳酸濃度を評価する指標でもある。

なお、本研究では、Max-P/BW, Mean-P/BW, $\dot{V}O_{2max}/BW$ および Mean-LA をそれぞれ T-score に変換し、無気的能力の指標 (anaerobic index) として Max-P/BW と Mean-P/BW の T-score の平均値を、また有気的能力の指標 (aerobic index) として $\dot{V}O_{2max}/BW$ と Mean-LA の T-score の平均値を用いた。

2) 間欠的なハイパワー発揮能力の測定

間欠的なハイパワー発揮能力を測定するために、インターバルテスト 1 を作成した (Fig. 1)。このテストでは、ハイパワー運動として 1) で用いた体重 $\times 0.08$ kp の負荷での 7 秒間の全力ペダリング運動を行わせた。また、ローパワー運動として 1) で用いた体重 $\times 0.03$ kp (60 rpm) の負荷での最大下ペダリング運動を45秒間行わせた。インターバルテスト 1 では、負荷設定変更のためのつなぎの 8 秒を含めて 1 セットを60秒として、これを20セット、計20分間行わせた。

Fig. 1 Design of interval test 1.

間欠的なハイパワー発揮能力の指標として、各セットで行った7秒間の全力ペダリング運動中に発揮された体重当たりの最大パワー (Peak-P/BW) を測定した。

上述の1)2)の各測定項目における運動負荷装置には、トルク制御が任意に設定できるハイパワー自転車型エルゴメーター (竹井機器社製TKK1254a) を用いた。自転車エルゴメーターから出力した信号を、ADコンバーターを介して10 msec 毎にコンピュータに取り込んだ。

B. 方向変換走による場合 (実験2)

1. 被験者

被験者には、大学男子バスケットボール部員23名 (年齢 20.5 ± 1.1 歳, 身長 178.2 ± 9.9 cm, 体重 72.9 ± 9.1 kg) を用いた。これらの被験者には、実験の趣旨を説明し、参加の同意を得た。

2. 測定項目および測定方法

1) エネルギー産生能力の測定

ATP-CP系のエネルギー産生能力の指標として、5 m と7.5 m を組み合わせた25 m 方向変換走 (高松ら, 1987) を行わせた際の平均速度 (Max-V(25ch)) を測定した (Fig. 2 下段左側参照)。25 m 方向変換走は、約6秒で終了するので、ATP-CP系のエネルギー産生能力を表す指標とみなした。

LA系のエネルギー産生能力の指標として、25 m 方向変換走を連続10周行う運動時間約60秒

の250 m 方向変換走 (高松ら, 1987) を行わせた際の平均速度 (V(250ch)) を測定した。

O₂系のエネルギー産生能力の指標として、Multi stage fitness test (Leger and Lambert, 1982; Leger and Gadoury, 1989) を行わせ、Paliczka et al. (1987) と同様に、オールアウトに至った時点までに完走した総シャトル数 (Multi) を測定した。このテストは、20 m の間隔を往復しながら走速度を漸増させていくもので、最大酸素摂取量と有意な相関関係があると報告されており (Leger and Lambert, 1982; Leger and Gadoury, 1989), 文部省の新体力テストとして採用されている。

なお、本実験では、Max-V(25ch), V(250ch) および Multi をそれぞれ T-score に変換し, anaerobic index として Max-V(25ch) と V(250ch) の T-score の平均値を, また aerobic index として Multi の T-score をそのまま用いた。

2) 間欠的なハイパワー発揮能力の測定

間欠的なハイパワー発揮能力を測定するために、インターバルテスト2および3を作成した (Fig. 2)。これらのテストでは、ハイパワー運動として1)で用いた25 m 方向変換走を行わせた。また、ローパワー運動として、20 m の間隔を往復するシャトルランを行わせた。走速度は、3.08 m/sec (片道6.5秒) に設定した。インターバルテスト2, 3ともに、ハイパワー運動とローパワー運動を1セットとして、これを20セット行わせた。ただし、ローパワー運動のシャトルランを、テスト2では4往復、テスト3では1往復行わせたので、総運動時間はハイパワー運動とローパワー運動のつながりの時間も含めて、テスト2が20分、テスト3が7分であった。

間欠的なハイパワー発揮能力の指標として、各セットで行った25 m 方向変換走の平均速度 (V(25ch)) を測定した。

上述の1)2)の各測定項目におけるタイムの測定には、ストップウォッチ3個を用い、3つの測定値の中で近似する2つの測定値を平均し、これを代表値とした。インターバルテスト2, 3および25 m と250 m の方向変換走は体育館におい

Fig. 2 Design of interval test 2 and 3.

て測定した。

C. 統計処理

測定値は、平均値±標準偏差で示した。被験者を無気的能力と有気的能力の優劣によって2群または4群に分けた。エネルギー産生能力の各指標、およびインターバルテストの各セットにおけるハイパワー運動の成績の差の検定には、2群間の場合には unpaired *t*-test, 4群間の場合には一元配置の分散分析を用いた。分散分析の結果、F 値に有意性が認められた場合には、Fisher の PLSD を用いて多重比較を行った。また、インターバルテストの各セットにおけるハイパワー運動の成績と、anaerobic index および aerobic index との相関係数の算出には、Pearson の積率相関分析を用いた。なお、統計処理の有意性は、危険率 5 % 水準で判定した。

結 果

A. ペダリング運動による場合 (実験 1)

1. 無気型群と有気型群との比較

Fig. 3 に示したように、aerobic index に対する anaerobic index の比が 1 以上の者を無気型群、1 未満の者を有気型群として被験者を 2 群に分けた。*t*-test の結果、 $\dot{V}O_2\text{max}/\text{BW}$ と aerobic index において両群間に有意差が認められた (Table 1)。本研究では、無気型群は相対的に無気的能力に優れ、有気型群は相対的に有気的能力に優れる群であるとみなした。

Fig. 4 に、インターバルテスト 1 における両群の Peak-P/BW と %Max-P/BW (個別に測定した Max-P/BW に対する各セット毎に発揮された Peak-P/BW の割合) の変化を示した。

各セット毎の群間比較の結果、Peak-P/BW では 10, 13, 15~18 および 20 セット目、%Max-P/BW では 7-8 および 10-20 セット目において両群間に有意差が認められた。

Fig. 5 に、インターバルテスト 1 における Peak-P/BW と、anaerobic index および aerobic index との間の相関係数の変化を示した。

Peak-P/BW と anaerobic index との間には、

Fig. 3 Two groups divided according to anaerobic and aerobic indices.

$$\text{Anaerobic index} = (\text{T-score of Max-P/BW} + \text{T-score of Mean-P/BW}) / 2$$

$$\text{Aerobic index} = (\text{T-score of } \dot{V}O_2\text{max/BW} + \text{T-score of Mean-LA}) / 2$$

Table 1 Comparisons of Max-P/BW, Mean-LA, $\dot{V}O_2\text{max}/\text{BW}$ and Mean-LA between anaerobic and aerobic type

	Anaerobic type (n=10)	Aerobic type (n=9)	
Max-P/BW (watt/kg)	11.77±0.44	11.25±0.69	ns
Mean-P/BW (watt/kg)	8.17±0.68	7.74±0.47	ns
$\dot{V}O_2\text{max}/\text{BW}$ (ml/kg/min)	52.04±3.84	57.11±3.22	*
Mean-LA (mmol/l)	3.22±1.25	2.58±1.00	ns
Anaerobic index	52.51±5.96	47.21±8.21	ns
Aerobic index	45.90±7.87	54.55±5.83	*

*: $p < 0.05$, ns: non significant.

1 セット目において有意な正の相関関係が認められた。相関係数は、セット数が進むにつれて小さくなる傾向が認められた。

Peak-P/BW と aerobic index との間には、3

Fig. 4 Comparisons of 7-sec maximal pedaling performance during interval test 1 between anaerobic and aerobic type.

Fig. 5 Changes in correlation coefficients between 7-sec maximal pedaling performance (Peak-P/BW) and anaerobic and aerobic indices during interval test 1.

セット目以降において有意な正の相関関係が認められた。相関係数は、セット数が進むにつれて大きくなる傾向にあった。

B. 方向変換走による場合 (実験 2)

1. 無気型群と有気型群との比較

Fig. 6 に示したように、aerobic index に対す

Fig. 6 Two groups divided according to anaerobic and aerobic indice.

$$\text{Anaerobic index} = (\text{T-score of Max-V (25ch)} + \text{T-score of V (250ch)}) / 2$$

$$\text{Aerobic index} = \text{T-score of Multi}$$

Table 2 Comparisons of Max-V (25ch), V (250ch) and Multi between anaerobic and aerobic type

	Anaerobic type (n=9)	Aerobic type (n=14)	
Max-V (25ch) (m/sec)	4.64 ± 0.16	4.58 ± 0.13	ns
V (250ch) (m/sec)	3.96 ± 0.16	3.84 ± 0.11	*
Multi (shuttle)	117.56 ± 8.69	137.29 ± 15.35	*
Anaerobic index	53.90 ± 9.84	47.49 ± 6.73	ns
Aerobic index	42.60 ± 5.35	54.75 ± 9.45	*

*: p < 0.05, ns: non significant.

る anaerobic index の比が 1 以上の者を無気型群, 1 未満の者を有気型群として, 被験者を 2 群に分けた。t-test の結果, V (250ch), Multi および aerobic index において両群間に有意差が認められた (Table 2)。本研究では, 無気型群は相対的に無気的能力に優れ, 有気型群は相対的に有気

Fig. 7 Comparisons of performance in 25-m sprint with changes in direction between anaerobic and aerobic type during interval test 2 and 3.

的能力に優れる群であるとみなした。

Fig. 7 に、両群のインターバルテスト 2 および 3 における V(25ch) と %Max-V(25ch) (個別に測定した Max-V(25ch) に対する各セット毎に測定した V(25ch) の割合) の変化を示した。

各セット毎の群間比較の結果、テスト 2 の V(25ch) では 16-17 および 19-20 セット目、%Max-V(25ch) では 2, 5, 7 および 11-20 セット目において両群間に有意差が認められた。また、テスト 3 の V(25ch) では 13, 15-20 セット目、%Max-V(25ch) では 3, 5-6 および 8-20 セット目において両群間に有意差が認められた。

Fig. 8 に、インターバルテスト 2 および 3 における V(25ch) と anaerobic index および aerobic index との間の相関係数の変化を示した。

V(25ch) と anaerobic index との相関係数は、テスト 2 および 3 のいずれにおいてもセット数が進むにつれて小さくなり、テスト 2 では 1-11 および 14-15 セット目、テスト 3 では 1-12 セット目において有意な正の相関関係が認められた。

V(25ch) と aerobic index との相関係数は、テスト 2 および 3 のいずれにおいてもセット数が進むにつれて大きくなる傾向が認められた。なお、テスト 3 (3 セット目以降) はテスト 2 (5 セット目以降) と比較して、より早いセットから有意な相関関係が認められた。

2. 無気的能力および有気的能力のいずれにも優れる群、いずれか一方に優れる群、およびいずれにも劣る群間の比較

Fig. 9 に示したように、結果 B-1 において算出した anaerobic index および aerobic index が、いずれも 50 以上の者を A 群、anaerobic index が 50 以上で aerobic index が 50 未満の者を B 群、anaerobic index が 50 未満で aerobic index が 50 以上の者を C 群、いずれも 50 未満の者を D 群として、被験者を 4 群に分けた。各群の Max-V(25ch), V(25ch), Multi, anaerobic index および aerobic index の平均値および標準偏差を表 3 に示した。分散分析の結果、anaerobic index は、B 群 > A 群・C 群 > D 群の順に高い値を示し、

Fig. 8 Changes in correlation coefficients between performance of 25-m sprint with changes in direction (V(25ch)) and anaerobic and aerobic indices during interval test 2 and 3.

aerobic index は, C 群・A 群>B 群・D 群の順に高い値を示した. 本研究では, A 群は無気的能力と有気的能力のいずれにも優れる群, B 群は

Fig. 9 Four groups divided according to score in anaerobic and aerobic indices.

Anaerobic index = (T-score of Max-V (25ch) + T-score of V(250ch)) / 2

Aerobic index = T-score of Multi

相対的に無気的能力に優れる群, C 群は相対的に有気的能力に優れる群, D 群はいずれにも劣る群とみなした.

Fig. 10に, 4 群のインターバルテスト 2 および 3 における V(25ch) と %Max-V(25ch) の変化を示した.

各セット毎の群間比較の結果, 実測値の

Table 3 Comparisons of Max-V(25ch), V(250ch) and Multi among the 4 groups

	A type Anaerobic: High Aerobic: High (n=6)	B type Anaerobic: High Aerobic: Low (n=5)	C type Anaerobic: Low Aerobic: High (n=6)	D type Anaerobic: Low Aerobic: Low (n=6)	
Max-V(25ch) (m/sec)	4.66±0.06	4.72±0.12	4.62± 0.07	4.44± 0.13	* B・A・C>D
V(250ch) (m/sec)	3.87±0.09	4.04±0.13	3.84± 0.13	3.82± 0.14	* B>A・C・D
Multi (shuttle)	142.17±4.96	116.40±9.71	142.33±11.88	115.17±10.53	* C・A>B・D
Anaerobic index	51.60±1.73	59.51±8.32	48.99± 5.85	41.49± 6.58	* B>A・C>D
Aerobic index	57.76±3.05	41.89±5.98	57.86± 7.31	41.14± 6.49	* C・A>B・D

*: $p < 0.05$

Fig. 10 Comparisons of performance in 25-m sprint with changes in direction among the 4 groups during interval test 2 and 3.

V(25ch) については、テスト2ではA群・C群>B群>D群の順に、テスト3ではA群>C群>B群>D群の順に、それぞれ高い値を示した。また、%Max-V(25ch)については、テスト2,3ともに、A群・C群>B群・D群の順に高い値を示した。なお、これらの群間における有意差の詳細については図中に示した。

考 察

本研究では、球技選手に要求される間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニング課題を、無気的能力と有気的能力の優劣からみた個々の選手のタイプに応じて明確にするための基礎的知見を得ることを目的とした。そのために、第一に、相対的に無気的能力に優れる無気型群と、相対的に有気的能力に優れる有気型群のインターバルテストにおけるハイパワー運動の成績を比較した。その結果、ペダリング運動と方向変換走によるいずれの

インターバルテストにおいても、有気型群は無気型群よりも中盤から後半にかけて有意に高いパワーを発揮することが認められた (Fig. 4, 7)。さらに、両群間の発揮パワーの差は、実測値よりも、個人の無気的能力の最大値に対する相対値 (%Max-P/BW; Fig. 4, %Max-V(25ch); Fig. 7) で比較した場合の方がより顕著であった。

第二に、被験者を無気的能力と有気的能力の優劣によって4つのタイプに分け、方向変換走によるインターバルテストにおけるハイパワー運動の成績を比較した。その結果、実測値であるV(25ch)は、中盤以降A, C, B, D群の順に高いパワーを発揮する傾向が認められた (Fig. 10上段)。しかし、相対値である%Max-V(25ch)は、インターバルテスト2および3のいずれにおいても、中盤以降大きく分けて有気的能力に優れるA・C群と、有気的能力に劣るB・D群の2つの群に分かれる傾向が認められた (Fig. 10下段)。

これらのことは、相対的に有気的能力に優れている者は無気的能力に優れている者に比較して、間欠的にハイパワーを発揮するような運動を行った場合に、個人の持つ無気的能力の上限に近い水準のパワーを大きく低下させることなく、間欠的に発揮し続けることができることを示している。すなわち、有気的能力は、個人の持つ無気的能力の上限に対して高い水準でハイパワー運動を反復するための前提条件、あるいは十分条件ではなく必要条件になっていることを示すものである。

Fig. 11に、本研究の結果をもとにして、間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニング課題を、無気的能力と有気的能力の優劣からみたタイプの相違と関係づけて模式的に示した。上図は有気型群と無気型群の2つのタイプに分類した場合、下図はさらに4つのタイプに分類した場合である。上図は、個人内での無気的能力と有気的能力のバランスという観点からみると、間欠的なハイパワー発揮能力を高めるためには、まず第一に、相対的に有気型であることがトレーニング課題になることを示している。そのためには、個別に測定した選手の無気的能力と有気的能力のレベルとバランスを考慮した上で、各選手がそれぞれ個人内で相対的に有気型になるように、各選手ごとにトレーニング課題を設定し、トレーニング手段を準備することが重要であろう。また、下図は、トレーニングの到達目標レベルを仮にAタイプとした場合の各タイプのトレーニング課題を示している。相対的に無気的能力に優れるBタイプに属する選手は、回復能力としての有気的能力を高め、ハイパワー運動の反復によるパワー発揮の低下率を抑えることが主要なトレーニング課題になると考えられる。これに対して、相対的に有気的能力に優れるCタイプに属する選手は、一回一回の動きの中での発揮パワーを高めていくために無気的能力を高め、全体的にパワー発揮のレベルを高めることが主要なトレーニング課題になるであろう。無気的能力と有気的能力のいずれの能力にも優れるAタイプに属する選手は、一見するとトレーニングの必要性がないように見受けられるが、さらにもう一ランク上の体力水準である

Fig. 11 Schematic summary of training objectives for increasing high power output during intermittent exercise in relation to differences between anaerobic and aerobic type.

A'タイプから見ると、D'タイプと考えることもできる。したがって、さらに無気的能力と有気的能力をバランスよく高めていくことがトレーニング課題になるであろう。しかし、球技スポーツにおいては、間欠的なハイパワー発揮能力は競技力を構成する一要素でしかなく、それそのものの向上がトレーニングの最終目標となるわけではない。体力的準備は、選手が戦術的課題を達成するための前提条件づくりと捉えるべきである。今後、中・高・大学・実業団等のトップレベルの測定を行うことによって、発育・発達の観点を考慮

しながら、各競技段階での到達目標を設定していくことが課題になると考えられる。

なお、ペダリング運動と方向変換走のいずれのインターバルテストにおいても、間欠的運動の開始直後、あるいは開始後数セットでは、間欠的に発揮されるパワーと *anaerobic index* との相関係数が大きいことが認められた (Fig. 5, 8)。しかし、その値はセット数が進むにつれて小さくなり、逆に *aerobic index* との相関係数が徐々に大きくなる傾向を示した。これらのことは、運動の様式、あるいはハイパワー運動とローパワー運動の強度と時間の組み合わせによって若干異なるが、間欠的運動の前半では無気的能力の優劣がパフォーマンスの主要な限定要因になり、運動の回復に伴って主要な限定要因が有気的能力へと移り変わっていくことを示している。さらに、Fig. 8 に示したように、間欠的に発揮されるパワーと *aerobic index* との間には、ローパワー運動の持続時間が短くなるほど、すなわち回復運動の時間が短くなるほど、より早いセットから有意な相関関係が認められた。

したがって、間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニング課題を明確にする際には、球技スポーツの種目特性の違いによって、あるいは同一種目内でも、目指す戦術の違いによって、ハイパワー運動とローパワー運動の強度と持続時間が異なり、そのことによってエネルギー系の体力からみた無気的能力と有気的能力の重要性が異なってくることを十分に考慮する必要があると考えられる。

間欠的運動は、ハイパワー運動の強度と持続時間、ローパワー運動の強度と持続時間、全体の持続時間の5つの要因によって構成される (田畑・山本, 1989)。その中で、ハイパワー運動の強度は「全力」もしくは「全力に近い」状態であり、全体の持続時間は試合時間によって規定される。したがって、戦術の決定によって変化する要因は、主としてハイパワー運動およびローパワー運動の持続時間と、ローパワー運動の強度ということになる。バスケットボールを例にとると、速攻を主体とした戦術構想を立てた場合には、防御の

積極性の強調や、防御から攻撃への転換局面の強調などの戦術的要求が高まる。そのために、ハイパワー運動の持続時間が相対的に長くなり、同時に試合の全体的なペースが上がることによってローパワー運動の強度も高まると考えられる。したがって、このような戦術構想を達成するためには、エネルギー系の体力からみると、回復能力としての有気的能力の重要性が非常に高まるであろう。逆に、セットオフense (遅攻) を中心とした戦術構想を立てた場合には、組織的な攻撃の組み立てを強調する戦術的要求が高まる。そのために、ハイパワー運動の持続時間が相対的に短くなり、パフォーマンスの限定要因としての有気的能力の重要性は、若干低くなると考えられる。

また、無気的能力と有気的能力からみたタイプの相違、ならびにインターバルテストの成績は、試合における戦術の変更や選手起用においても重要な判断材料となるであろう。試合場面においては、無気型の選手は比較的短時間のワンポイントでの起用に適し、有気型の選手は比較的長時間の起用にも耐えられると考えられる。このことは、戦術の決定が個々の選手のトレーニング課題に影響を与えると同時に、個々の選手の体力特性が戦術の決定に影響を与えるという側面も持つことを意味する。

一方、間欠的なハイパワー発揮能力をより効果的に高めていくためには、トレーニング手段を準備する場合においても、特にインターバル的手法を用いる場合には、上述した間欠的運動の5つの構成要因をチームの目指す戦術構想に合わせて設定していくことが重要になるであろう。また、その際には、各選手のタイプに応じて明確にされたトレーニング課題に基づいて、個人ごとに5つの要因を変化させ、無気的能力と有気的能力のいずれか一方に過負荷をかけることも考慮する必要があると考えられる。

本研究の結果から、球技選手における間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニングにおいては、各種目の特徴と目指す戦術を考慮しながらトレーニング課題を設定し、トレーニング手段を準備していく必要があることが示唆された。またその際

には、インターバルテストの成績と、エネルギー産生能力をそれぞれ個別に評価した成績をもとにして、選手ごとにトレーニング課題を設定し、トレーニング手段を準備していく必要のあることが示唆された。今後は、現場のトレーニングにおける簡便性と実用性のために、各選手の無気的能力と有気的能力の優劣からみたタイプを、実測値を用いて直接評価する方法を確立していく必要があると考えられる。

要 約

本研究では、球技選手に要求される間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニング課題を明確にするための基礎的知見を得ることを目的とした。この課題を明らかにするために二つの実験を行った。実験1, 2ともに、被験者ごとにATP-CP系とLA系のエネルギー産生能力、およびO₂系のエネルギー産生能力を個別に測定し、anaerobic indexとaerobic indexを算出した。そして、anaerobic indexとaerobic indexの相対的な優劣によって、被験者を無気型群と有気型群に分けた。実験1では、大学男子ハンドボール部員19名に間欠的運動としてペダリング運動を行わせ、無気型群と有気型群間で比較した。また実験2では、大学男子バスケットボール部員23名に間欠的運動として方向変換走を行わせ、無気型群と有気型群の2群間、および無気的能力と有気的能力の優劣にもとづく4群間（A群：無気的能力と有気的能力のいずれにも優れる群、B群：無気的能力のみに優れる群、C群：有気的能力のみに優れる群、D群：無気的能力と有気的能力のいずれにも劣る群）で比較した。

主な結果は以下の通りである。

1. 有気型群は無気型群よりも、間欠的運動の中盤から後半にかけて高いパワーを発揮したが、両群間の発揮パワーの差は、実測値よりも相対値（個別に測定したATP-CP系のエネルギー産生能力の指標に対する割合）で比較した場合の方がより顕著であった（実験1, 2）。
2. 間欠的運動におけるハイパワー運動の成績を比較した結果、中盤以降においては、実測値で

はA, C, B, D群の順に高い値を示したが、相対値では有気的能力に優れるA, C群が有気的能力に劣るB, D群よりも高い値を示した（実験2）。

3. 間欠的運動におけるハイパワー運動の成績と無気的能力との相関係数は、1セット目において最も大きく、セットが進むにつれて小さくなり、逆に有気的能力との相関係数は1セット目において最も小さく、セット数が進むにつれて大きくなる傾向が認められた（実験1, 2）。また、回復運動が短くなるほど、間欠的運動におけるハイパワー運動の成績と有気的能力との間には、より早いセットから有意な相関関係が認められた（実験2）。

上述の結果から、球技選手における間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニングにおいては、無気的能力と有気的能力の優劣からみた個人のタイプに応じてトレーニング課題を明確にする必要があることが示唆された。なお、その際には、間欠的運動を構成するハイパワー運動とローパワー運動の強度と持続時間の要因が、種目特性と目指す戦術によって異なるために、パフォーマンスの限定要因としての無気的能力と有気的能力の重要性も変化することを考慮する必要があると考えられる。

謝辞：本稿を終えるに当たり、実験に協力を頂いた名古屋市立第二工業高等学校・加藤俊宏教諭に深く感謝いたします。

文 献

- Bar-Or, O. (1987) The wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*. 4: 381-394.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., and Brooks, S. (1993) Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75: 712-719.
- Howald, H., Glutz, G., and Billeter, R. Energy stores and substrates utilization in muscle during exercise. In: 3rd International Symposium on Biochemistry of Exercise Vol. 3, Symposia Specialists, (1978) USA, 75-86.
- Leger, L. A. and Lambert, J. (1982) A maximal mul-

- tistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_{2\max}$. Eur. J. Appl. Physiol. 49: 1-12.
- Leger, L. and Gadoury, C. (1989) Validity of the 20m shuttle run test with 1 min stages to predict $\dot{V}O_{2\max}$ in adults. Can. J. Spt. Sci. 14: 21-26.
- Paliczka, V. J., Nichols, A. K., and Boreham, C. A. G. (1987) A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxgen uptake in adults. Brit. J. Sports Med. 21: 163-165.
- 坂井和明・John Sheahan・高松 薫 (1999) 間欠的なハイパワー発揮能力と3種のエネルギー産生能力との関係. 体力科学 48: 453-466.
- 田畑 泉・山本正嘉 (1989) 身体運動のエナジェティクス, 高文堂出版社: 東京, pp. 155-159.
- 高松 薫・小倉文雄・恩田昌史・勝田 茂 (1987) ホッケー競技選手のフィールドテストによる体力測定法・評価法 その1 体力測定法の試案. 昭和63年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告. No. II: 271-278.
- 山本正嘉・金久博昭 (1989) 間欠的な最大努力作業時におけるパワーの持続能力とエネルギー供給能力の関係. 疲労と休養の科学 4: 87-96.
- 山本正嘉・金久博昭 (1990) 間欠的な全力運動の持久性に関する研究; 無酸素性および有酸素性作業能力との関係. Jpn. J. Sports Sci. 9: 526-530.

(平成10年11月16日受付)
(平成11年11月27日受理)