




# トライアスロン選手における レジスタンストレーニングの効果

有賀誠司 (スポーツ医科学研究所) 寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)  
恩田哲也 (スポーツ医科学研究所) 中村 豊 (スポーツ医科学研究所)  
宇佐美彰朗 (体育学部体育学科) 生方 謙 (体育学部非常勤講師)  
平井統基 (東海大学大学院体育学研究科)

## Effects of Resistance Training Program in Triathletes

Seiji ARUGA, Tamotsu TERAU, Tetsuya ONDA, Yutaka NAKAMURA,  
Akio USAMI, Ken UBUKATA and Motoki HIRAI



### Abstract

The purpose of the present study was to determine the effects of a resistance training program in triathletes. Eight healthy university competitive men's triathletes who had no experience of the resistance training were assigned to either the resistance training group (TRAINING: N = 4) or the regular training group (CONTROL: N = 4). The resistance training program that Johnston et al. (1995) used for women long-distance runners was carried out three times a week, for ten weeks in TRAINING. Body weight, body fat, muscle cross-sectional area of thigh, squat 1RM, leg press power, isokinetic strength, and the incremental exercise using treadmill were examined before and after the training. At the same time,  $VO_{2max}$  and blood lactate concentration were also measured.

The main results were as follows;

- 1) In regard to body weight, body fat, and muscle cross-sectional area of the thigh, no significant changes were found in either the TRAINING a CONTROL groups.
- 2) In the case of squat 1RM and leg press power, a significant increase was noted in the TRAINING group ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ). There were no significant changes in isokinetic strength for either the TRAINING or CONTROL group.
- 3) There was no significant changes in  $VO_{2max}/BW$  in either groups. However, there was a significant increase in blood lactate concentration in the TRAINING group ( $p < 0.05$ ).
- 4) There was a positive correlation between the percentage change in leg press power/squat 1RM and in blood lactate concentration ( $p < 0.05$ ) in both groups.

From these results we suggest that the resistance training program in triathletes was useful to improve the muscle strength and power without muscle hypertrophy, and to enhance during endurance high intensity exercise.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 13, 24-33, 2001)

## I. 緒 言

従来より、陸上競技長距離種目やトライアスロン競技をはじめとする持久型競技の場合、運動中のエネルギー供給が有気的に行われることから、パフォーマンスに關与する因子としては、最大酸素摂取量等の有酸素的能力に關する指標<sup>1-3)</sup>や、フォームの經濟性等のスキルに關する要因<sup>4-6)</sup>が重視されてきた。しかしながら、近年、持久型競技選手の筋力及び筋パワーに關する報告<sup>7-12)</sup>がみられるようになり、持久型競技選手のパフォーマンスに影響を及ぼす因子として、筋力及び筋パワーが注目されるようになってきている。

一方、持久的運動の実施による急性的な影響として、脚筋力の低下<sup>13,14)</sup>や、ドロップジャンプの跳躍高の低下<sup>15)</sup>、伸張—短縮サイクル運動における筋パワーの顕著な低下<sup>16)</sup>が起こることが報告されているほか、長距離ランニングによる疲労に伴いランニングフォームが変化したとする報告<sup>17)</sup>や、ランニングの經濟性が低下したとする報告<sup>18)</sup>がみられ、持久型競技において高いパフォーマンスを発揮するためには、ある程度の水準の筋力・パワーを身につけるとともに、持久的運動中にこれらを維持する能力も重要であることが示唆されている。

ところで、持久型競技選手におけるレジスタンストレーニングの効果については、高強度の筋力トレーニングによって、最大酸素摂取量が増大しなくても、漸増運動におけるオールアウトに至るまでの時間が長くなる報告<sup>19,20)</sup>や、レジスタンストレーニングの実施によってランニングの經濟性に向上がみられた報告<sup>21,22)</sup>、ランニング動作中の接地時間の短縮がみられたとする報告<sup>23)</sup>、伸張性収縮による筋力トレーニングが長距離選手の競技成績向上に効果的であったとする報告<sup>24)</sup>などがあり、レジスタンストレーニングの実施によって、脚部の筋パワーの向上や伸張—短縮サイクルの改善等の神経筋系の適応が起こり、これらがランニ

ングの經濟性の向上をもたらすのではないかと推測されている。

上記のように、近年、持久型競技選手のパフォーマンス向上にレジスタンストレーニングが有効であることが示されつつあるが、ほとんどは陸上競技長距離選手を対象としたものである。そこで本研究では、ランニング、スイム、バイクの三つ運動形態を有する持久型競技であるトライアスロン競技の選手を対象として、レジスタンストレーニングの効果について検討することを目的とした。

## II. 方 法

### 1. 対象

本研究の被験者は、レジスタンストレーニング経験のない大学トライアスロン部に所属する男子選手8名であった。各被験者は、オリンピックタイプのトライアスロン競技（スイム1.5km、バイク40km、ラン10km）を専門とし、2年以上の競技経験を持つ者であり、トレーニング開始前の年齢および身長はそれぞれ、 $20.0 \pm 0.8$ 歳（平均値±標準偏差）、 $172.5 \pm 4.4$ cmであった。8名の被験者の中から、任意に4名をトレーニング群とし、その他の4名をコントロール群と規定した。なお、全ての被験者に実験の内容および危険性について説明し、実験参加の同意を得た。

### 2. レジスタンストレーニングの実施

トレーニング群の4名の被験者には、日常のトライアスロンの練習に加え、週3回のレジスタンストレーニングを10週間にわたって行わせた。レジスタンストレーニングのプログラム（表1）は、Johnston et al.<sup>22)</sup>が長距離選手に用いたプロトコルと同様のものであり、主としてフリーウエイト及びウエイトスタック式トレーニングマシンを使用し、7つのエクササイズから構成される2つのトレーニングコースを交互に実施させた。負荷は、最大反復回数（RM法）を基準として設定

表1 レジスタンストレーニングのプログラム (Johnstonら, 1995のプロトコル)  
Table 1 Resistance training program (R. E. Johnston et al., 1995)

Course A			
	Weeks 1-3	Weeks 4-8	Weeks 9-10
Parallel squat	3 × 10RM	3 × 6RM	3 × 4 to 5RM
Knee flexion	3 × 10RM	3 × 8RM	3 × 6RM
Straight-leg heel raise	3 × 12RM	3 × 12RM	3 × 8RM
Seated press	3 × 8RM	3 × 6RM	3 × 4 to 5RM
Rear lat pulldown	3 × 10RM	3 × 8RM	3 × 6RM
Hammer curl	3 × 8RM	3 × 6RM	3 × 4 to 5RM
Weighted sit-up	2 × 15RM	2 × 15RM	2 × 15RM
Course B			
	Weeks 1-3	Weeks 4-8	Weeks 9-10
Lunge	3 × 10RM	3 × 8RM	3 × 5RM
Knee extension	3 × 10RM	3 × 8RM	3 × 6RM
Bent-leg heel raise	2 × 20RM	3 × 20RM	3 × 20RM
Bench press	3 × 8RM	3 × 6RM	3 × 4 to 5RM
Seated row	3 × 10RM	3 × 8RM	3 × 6RM
Front lat pulldown	3 × 10RM	3 × 8RM	3 × 6RM
Abdominal curl	2 × max	2 × max	2 × max

し、各セットともフォームを崩さない範囲で最大反復させた。また、10週間のトレーニング期間を3つの期間に分け、段階的に負荷を増加させた。なお、各エクササイズの設定間の休息時間は2分とし、レジスタンストレーニングとトライアスロンの練習の間には最低3時間以上の間隔を空けるように指示した。コントロール群の4名の被験者には、レジスタンストレーニングを実施せず、日常の練習を行うのみとした。

### 3. 形態及び体力の測定

レジスタンストレーニングの効果について検討するために、トレーニング期間の前後に形態及び体力の測定を実施した。

#### 1) 形態の測定

形態の測定項目は、体重、体脂肪率、大腿部の筋断面積であった。

体脂肪率は、キャリパーにて上腕背部と肩甲骨下角部の皮下脂肪厚を測定して算出した。

大腿部の筋断面積は、臨床用1.5Tの超伝導MRI装置を用い、膝蓋骨の上端部より近位方向へ10cmにあたる位置を決定し、この位置より近位方向に対して5mmのスライス間隔にて10枚の横断像を連続的に撮影した。得られた各画像から大腿四頭筋、ハムストリング（大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋）、内転筋群（大内転筋、短内転筋、長内転筋）の各横断面積を合計し、これらの10枚の平均値を大腿部の筋断面積とした。

## 2) 筋力、筋パワー及び筋持久力の測定

筋力、筋パワー及び筋持久力の指標として、スクワットの最大挙上重量（1 RM）、レッグプレスパワー、膝関節の屈曲伸展動作の等速性筋出力を測定した。

筋力の指標として、スクワットの最大挙上重量（1 RM）を測定した。測定方法は、藤瀬ら<sup>25)</sup>の規定に基づき、十分なウォームアップを行った後、バーベルを肩の上に載せ、大腿の上端部が床と平行になるところまでしゃがみ込み、腰背部の姿勢を維持したまま直立する動作を行わせ、挙上できたバーベルの最大重量を測定値とした。

筋パワーの指標として、レッグプレスパワーと膝関節の屈曲伸展動作による等速性筋出力のピークトルクを測定した。レッグプレスパワーは、コンビ社製アネロプレスを用い、座位姿勢にて股関節と膝関節を全力で伸展する動作中に発揮される最大パワーを測定した。膝関節の屈曲伸展動作の等速性筋出力は、米国Cybex Medical社製Cybex 770-Normを用い、角速度60deg/sec、180deg/sec、300deg/secの3種類の条件にて、座位姿勢で身体各部位を固定の上、膝関節の屈曲伸展動作を全力で行わせ、ピークトルクを測定した。また、筋持久力の指標として、角速度180deg/secの等速度の条件下で50回の膝関節の屈曲伸展動作を最大努力で行わせ、1～10回目の仕事量の平均値（初期値）と41～50回目の仕事量の平均値（終末値）を算出し、初期値に対する終末値の割合（仕事量の減少率）を求めた。

## 3) 最大酸素摂取量及び血中乳酸濃度の測定

呼吸代謝機能の指標として、運動中の最大酸素摂取量と血中乳酸濃度の測定を実施した。

最大酸素摂取量は、トレッドミル（日立テクノエンジニアリング社製）による負荷漸増運動テストを用いて測定した。テストのプロトコルは、運動開始時から2分の間、予備実験によって決定された12～13km/hの速度で走行を行い、その後2分ごとに1km/hずつ速度を増加させ、疲労困憊まで至らせるものであった。運動中の換気量及び

呼気ガスの分析は、Cosmed社製テレメトリー式呼吸代謝測定装置K4を使用した。

血中乳酸濃度の測定は、安静時、運動開始後2分間ごと、運動直後、運動終了後1、3、5分後に、指先よりガラス管を用いて微量の血液を採取し、YSI社製自動乳酸分析器（Mode 123L）にて行った。

## 4. 統計処理

測定値は、平均値±標準偏差で示した。トレーニング群とコントロール群との平均値の差の検定にはunpaired t-test、各群内のトレーニング前後における平均値の差の検定には、paired t-testを用いた。また、各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。統計処理の有意水準は5%未満とした。

# III. 結 果

## 1. 形態の変化

表2に、トレーニング期間前後における体重、体脂肪率、除脂肪体重および大腿部筋断面積の測定値と変化率を示した。トレーニング期間前の各測定値については、群間に有意な差は認められなかった。トレーニング期間後のコントロール群及びトレーニング群における各測定項目の変化率については、体重（0.9±1.4% vs 0.8±1.1%）、体

表2 体重、体脂肪率、除脂肪体重、大腿部筋断面積の変化  
Table 2 Changes in body weight, %Fat, LBM and Muscle CSA (Cross Section Area)

Group		Body Weight (kg)	%Fat (%)	LBM (kg)	Muscle CSA (cm <sup>2</sup> )
Control (n=4)	Pre	61.3±6.0	12.5±1.2	53.6±5.1	158.1±17.4
	Post	61.8±6.0	12.4±1.2	54.1±5.4	160.5±18.8
	%	0.9±1.4	-0.2±2.6	1.1±2.6	1.5±1.8
Training (n=4)	Pre	62.7±4.5	12.4±1.9	54.9±3.8	159.2±20.0
	Post	63.2±3.8	12.9±1.0	53.7±1.8	163.3±24.7
	%	0.8±1.1	5.3±8.6	0.2±1.3	2.3±4.2

Values are mean±SD.  
%: rate of increase of pre training

脂肪率 ( $-0.2 \pm 2.6\%$  vs  $5.3 \pm 8.6\%$ )、除脂肪体重 ( $1.1 \pm 2.6\%$  vs  $0.2 \pm 1.3\%$ )、および大腿部筋断面積 ( $1.5 \pm 1.8\%$  vs  $2.3 \pm 4.2\%$ ) の全ての項目において群間に有意な差は認められなかった。トレーニング期間前後の測定値の変化については、全ての項目において両群ともに有意な差は認められなかった。

## 2. 筋力・筋パワー及び筋持久力の変化

表3に、トレーニング期間前後におけるスクワット1RM、レッグプレスパワー、膝の屈曲伸展動作による60deg/sec・180deg/sec・300deg/secの等速動作で発揮されたピークトルク及び仕事量減少率の測定値と変化率を示した。トレーニング期間前の各測定値については、群間に有意な差は認められなかった。

トレーニング期間後のコントロール群及びトレーニング群における各測定項目の変化率に関しては、スクワット1RM ( $0.0 \pm 0.0\%$  vs  $41.6 \pm 2.9\%$ ) において、トレーニング群はコントロール群に比較して有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。また、レッグプレスパワー ( $-5.7 \pm 9.6\%$  vs  $18.2 \pm 7.8\%$ ) についても、トレーニング群はコントロール群に比較して有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。一方、60deg/secにおけるピークトルク (伸展  $1.4 \pm 5.3\%$  vs  $8.7 \pm 6.2\%$ 、屈曲  $19.3 \pm 13.7\%$  vs  $6.3 \pm 1.2\%$ )、180deg/secにお

けるピークトルク (伸展  $4.7 \pm 6.7\%$  vs  $4.5 \pm 7.0\%$ 、屈曲  $9.3 \pm 6.5\%$  vs  $3.1 \pm 2.6\%$ )、300deg/secにおけるピークトルク (伸展  $15.0 \pm 10.4\%$  vs  $5.1 \pm 7.3\%$ 、屈曲  $-3.0 \pm 2.5\%$  vs  $5.7 \pm 13.2\%$ )、仕事量減少率 (伸展  $13.4 \pm 13.1\%$  vs  $8.6 \pm 8.6\%$ 、屈曲  $8.6 \pm 14.2\%$  vs  $2.2 \pm 12.1\%$ ) については、群間に有意な差は認められなかった。

トレーニング期間前後の測定値の変化については、トレーニング群においてスクワット1RMが  $66.6 \pm 6.3\text{kg}$  から  $93.7 \pm 8.5\text{kg}$  へと有意に増加した ( $p < 0.01$ )。また、トレーニング群においては、レッグプレスパワーについても  $1715.8 \pm 105.9\text{w}$  から  $2023.3 \pm 101.0\text{w}$  へと有意な増加を示した ( $p < 0.05$ )。

## 3. 最大酸素摂取量及び血中乳酸濃度の変化

表4に、トレーニング期間前後における体重あたりの最大酸素摂取量と血中乳酸濃度の増加量 ( $\Delta\text{La}$ ; 最高値-安静値) の測定値と変化率を示した。トレーニング期間前の各測定値については、群間に有意な差は認められなかった。

トレーニング期間後のコントロール群及びトレーニング群における各測定項目の変化率については、体重あたりの最大酸素摂取量 ( $1.1 \pm 14.3\%$  vs  $1.3 \pm 2.0\%$ ) において有意な差が認められなかったが、血中乳酸濃度の増加量 ( $6.3 \pm 4.9\%$  vs  $50.7 \pm 26.0\%$ ) においては有意な差が認められた

表3 スクワット1RM、レッグプレスパワー、等速性筋出力(ピークトルク・仕事量の減少率)の変化  
Table 3 Changes in Leg press power, Isokinetic strength and Squat 1RM

Group		Squat 1RM	Leg press power	Peak torque (60deg/sec)		Peak torque (180deg/sec)		Peak torque (300deg/sec)		Decline rate of Work (180deg/sec)	
		(kg)	(W)	Extension (Nm)	Flexion (Nm)	Extension (Nm)	Flexion (Nm)	Extension (Nm)	Flexion (Nm)	Extension (%)	Flexion (%)
Control (n=4)	Pre	71.0±8.9	1769.6±232.1	165.3±26.9	105.5±15.4	120.5±15.5	88.5±18.6	96.5±11.7	76.31±2.3	46.0±6.0	51.5±8.5
	Post	71.0±8.9	1676.6±348.0	168.0±31.4	125.0±16.3	126.3±19.0	95.8±13.5	110.8±15.2	74.01±2.5	51.5±3.0	54.7±4.7
	%	0.0±0.0	-5.7±9.6	1.4±5.3	19.3±13.7	4.7±6.7	9.3±6.5	15.0±10.4	-3.0±2.5	13.4±13.1	8.6±14.2
Training (n=4)	Pre	66.6±6.3	1715.8±105.9	188.5±28.7	118.3±60.2	131.0±10.3	95.0±9.3	97.0±6.7	79.3±6.8	45.4±9.1	47.7±7.8
	Post	93.7±8.5**	2023.3±101.0*	203.5±19.5	125.8±14.7	137.0±16.6	98.0±10.9	101.8±7.1	83.3±9.5	48.8±7.7	47.0±5.6
	%	41.6±2.9†	18.2±7.8†	8.7±6.2	6.3±1.2	4.5±7.0	3.1±2.6	5.1±7.3	5.7±13.2	8.6±8.6	2.2±12.1

Values are mean±SD.

% ; rate of increase of pre training

\* ; significant difference from pre training,  $p < 0.05$ .

\*\* ; significant difference from pre training,  $p < 0.01$ .

† ; significant difference from control group,  $p < 0.05$ .

( $p < 0.05$ )。

トレーニング期間前後の測定値の変化については、トレーニング群において血中乳酸濃度の増加量が  $8.8 \pm 2.7 \text{ mmol/l}$  から  $13.1 \pm 3.9 \text{ mmol/l}$  へと有意な増加を示した ( $p < 0.05$ )。

#### 4. 筋力及び筋パワーと血中乳酸濃度の変化率の関係

図1に、コントロール群およびトレーニング群のトレーニング期間前後におけるレッグプレスパワーの変化率と血中乳酸濃度増加量の変化率の関係を示した。両者の間には有意な正の相関関係が認められ ( $p < 0.05$ )、レッグプレスパワーの変化率が大きい者ほど血中乳酸濃度増加量の変化率が高い傾向がみられた。また、トレーニング群では、トレーニング期間前後におけるスクワット1RMの変化率と血中乳酸濃度増加量の変化率の間にも有意な正の相関関係が認められた ( $p < 0.05$ )。

### IV. 考 察

本研究では、Johnston et al.<sup>22)</sup> が先行研究にお

いて女子長距離選手に実施させたレジスタンストレーニングプログラムと同様のものをトライアスロン選手に適用した。その結果、トレーニング群では、レジスタンストレーニングの実施後に、形態の指標である体重、体脂肪率、除脂肪体重および大腿部筋断面積の各測定値については有意な変化を示さなかったが、筋力及び筋パワーの指標であるスクワット1RMとレッグプレスパワーについては有意な増加を示した。一方、Johnston et al.<sup>22)</sup> は、レジスタンストレーニング経験のない女子長距離選手に10週間のレジスタンストレーニングを実施させ、トレーニング後には、形態の有意な変化はみられなかったが、筋力については上半身で24.4%、下半身(スクワット1RM)で33.8%の有意な増加を示したことを報告しており、形態および筋力に関する結果については本研究と一致するものであった。

レジスタンストレーニング実施後の呼吸代謝機能の変化については、本研究では、トレーニング群において体重当たりの最大酸素摂取量には有意な変化がみられず、血中乳酸濃度増加量については有意な増加が認められた。これに対し、Johnston et al.<sup>22)</sup> は、レジスタンストレーニングを実施したグループにおいて、最大酸素摂取量と血中乳酸

表4 最大酸素摂取量と血中乳酸濃度の増加量の変化  
Table 4 Changes in maximal oxygen uptake ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) and  $\Delta\text{La}$

Group		$\text{VO}_2\text{max}$ (ml/min/kg)	$\Delta\text{La}$ (mmol/l)
Control (n=4)	Pre	$69.3 \pm 6.5$	$8.8 \pm 0.2$
	Post	$68.9 \pm 5.8$	$9.3 \pm 0.4$
	%	$1.1 \pm 14.3$	$6.3 \pm 4.9$
Training (n=4)	Pre	$69.3 \pm 4.9$	$8.8 \pm 2.7$
	Post	$70.2 \pm 5.5$	$13.1 \pm 3.9^*$
	%	$1.3 \pm 2.0$	$50.7 \pm 26.0^\dagger$

Values are mean  $\pm$  SD.

$\Delta\text{La}$  is the difference between blood lactate concentration at rest and that peak after exhaustion

% ; rate of increase of pre training

\* ; significant difference from pre training,  $p < 0.05$ .

† ; significant difference from control group,  $p < 0.05$ .

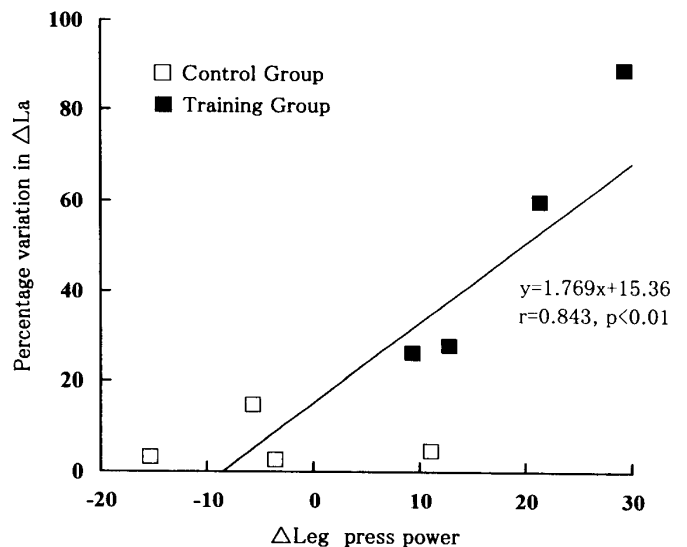


図1 トレーニング期間前後におけるレッグプレスパワーの変化率と血中乳酸濃度増加量の変化率の関係

Fig. 1 Relationship between percentage variation in leg press power and percentage variation in  $\Delta\text{La}$

濃度増加量の両方について有意な変化がみられなかったと報告しており、血中乳酸濃度増加量のトレーニングによる変化については、本研究と異なる結果であった。

本研究では、トレーニング群において、除脂肪体重や大腿部筋断面積の有意な変化はみられなかったが、スクワット 1 RM とレッグプレスパワーの有意な増加が認められた。対象となった被験者はレジスタンストレーニングの経験がなかったことを考慮すると、レジスタンストレーニングの実施による筋力および筋パワーの向上には、筋肥大の要因ではなく、運動単位の動員やインパルスの発射頻度の増加等の神経系の変化<sup>26)</sup>や、筋力発揮動作の効率化、運動に参加する筋群を協調的に発揮する能力の改善などの要因が関与したものと推測された。今後は、さらに長期にわたってレジスタンストレーニングを実施させ、筋肥大への影響や筋力及び筋パワーの長期的な変化についても詳しく検討する必要があると考えられる。

トレーニング群においては、トレーニング実施期間後に、スクワット 1 RM とレッグプレスパワーの有意な増加が認められたが、筋パワーの指標として測定した等速性筋出力（ピークトルク及び仕事量の減少率）については有意な変化はみられなかった。この要因としては、第一に、レジスタンストレーニングのプログラムにおいて、フリーウエイトやウエイトスタック式のトレーニングマシンを用いたことが関わっていると考えられる。フリーウエイトによるトレーニングでは、常に重力方向に負荷がかかり、バランスをとりながら力を発揮することが要求される。また、ウエイトスタック式トレーニングマシンでは加速的な動きが可能である。これに対して、等速性筋出力の測定においては、動作スピードがつねに一定の条件に規定されており、負荷のタイプや運動速度の性質の面において異なっている。第二の要因としては、レジスタンストレーニングのプログラムにおいて、多関節エクササイズを中心に実施したことが関わっていると考えられる。等速性筋出力の測定は、膝の単関節運動であり、今回のプログラムに

において実施したエクササイズとは運動形態が異なっていた。レジスタンストレーニングのプログラム作成においては、向上させたい運動の動作パターンや負荷及び速度等の条件の特異性を配慮することが重要であるといわれており<sup>27-29)</sup>、本研究の結果はこれらを反映するものであったと推測される。

長距離走においては、走行後の急性的な筋力・筋パワーの低下<sup>13-16)</sup>が報告されており、この要因として着地衝撃の反復による筋損傷<sup>30)</sup>が指摘されている。これらが日常的に累積されてオーバーユースによる障害を引き起こすリスクも高い<sup>31)</sup>。Dolezal et al.<sup>32)</sup>は、長距離ランナーのオーバーユースの一因として、筋力の低下やアンバランス（四肢の主働筋と拮抗筋の筋力比の不適正など）を挙げ、トレーニングや競技中に身体に加わる負荷によって引き起こされる障害を防ぐにはレジスタンストレーニングは必須であると述べている。また、米国NSCA（National Strength and Conditioning Association）は、強度の高いジャンプ動作のプライオメトリックトレーニングに伴う着地衝撃による傷害を防ぐためには、スクワットにおいて体重の1.5倍の重量を挙上できるようにすることを推奨しており<sup>27)</sup>、これを支持する報告も多くみられる<sup>33,34)</sup>。本研究では、トレーニング群の体重当たりのスクワット 1 RM は、レジスタンストレーニングの実施期間前後に $1.0 \pm 0.1\text{kg}$ から $1.4 \pm 0.2\text{kg}$ へと有意に増加し、傷害予防のための推奨値とされる1.5に近い値に到達した。今回実施した中～高強度で低量のタイプのレジスタンストレーニングプログラムは、持久型競技選手が比較的短期間で障害予防が期待できるレベルにまで脚筋力を向上させるためのプログラムとして有効であったと推測された。

負荷漸増運動テストに伴う血中乳酸濃度の増加量については、トレーニング群においてトレーニング期間後に有意な増加がみられた。また、血中乳酸濃度の増加量の変化率とレッグプレスパワーの変化率との間には、有意な相関が認められた。これらのことから、レジスタンストレーニングに

よる脚筋力の向上は、漸増運動後半の高速走行中の耐乳酸能力の向上に関与したのではないかと推測された。一方、自転車エルゴメーターを用いて負荷漸増運動を実施した場合、疲労困憊状態に至る直前のペダリング動作に加わる負荷はかなり大きなものとなり、脚筋力の向上は、自転車エルゴメーターによる負荷漸増運動の運動時間を延長させることにつながると考えられる。トライアスロン競技にはバイク種目があるため、今後レジスタンストレーニングの競技パフォーマンスへの効果を検討する上で、自転車エルゴメーターを使用した測定を実施する必要があると思われる。

鈴木ら<sup>35)</sup>は、水泳選手を対象として、8週間のトレーニング期間において、水泳の練習のみを行ったグループと水泳の練習に加えてレジスタンストレーニングを行わせたグループについて、トレーニング期間前後に自転車エルゴメーターを用いた負荷漸増運動に伴う血中乳酸濃度の増加量を測定したところ、両グループともに有意な増加がみられたことを報告している。本研究の被験者はトライアスロン選手であり、トレーニング期間中にはスイムの練習も並行して実施していたが、血中乳酸濃度増加量が増加したのはトレーニング群のみであった。

Johnston et al.<sup>22)</sup>は、レジスタンストレーニングの実施後に、ランニングの経済性の指標として測定した最大下の速度(214m/分、230m/分)でのトレッドミル走行中の体重あたりの酸素消費量について有意な減少がみられたと報告しており、この要因として、身体各部の筋力の向上が腕振りや姿勢保持に働く筋の疲労の発現を遅らせ、ランニング動作の機械的効率が改善されることにつながったと述べている。同様の報告はHickson et al.<sup>19,20)</sup>にもみられる。本研究では、ランニングの経済性に関する測定は行わなかったが、今後はトライアスロンの競技特性を踏まえ、スイム、バイク、ランの3つの運動を個別または連続して実施した際の経済性についての測定も実施し、トライアスロン選手におけるレジスタンストレーニングの効果について検討することが必要であると思われる。

## V. 要 約

本研究の目的は、トライアスロン選手におけるレジスタンストレーニングの効果を検討することであった。被験者は、大学トライアスロン部に所属するレジスタンストレーニングの経験のない男子選手8名であり、そのうち任意の4名を、レジスタンストレーニングと通常の練習の両方を行うトレーニング群、その他の4名を、通常の練習のみを行うコントロール群とした。トレーニング群には、Johnston et al. (1995)が女子長距離選手に用いたレジスタンストレーニングプログラムを週3回、10週間にわたって実施させた。トレーニング期間の前後には、体重、体脂肪率、大腿部の筋断面積、スクワット1RM、レッグプレスパワー、等速性筋出力、トレッドミルを用いた漸増運動テストにおける最大酸素摂取量および血中乳酸濃度の測定を行い、次のような結果を得た。

- 1) 体重、体脂肪率、大腿部筋断面積については、トレーニング群、コントロール群ともにレジスタンストレーニングの実施前後に有意な変化はみられなかった。
- 2) スクワット1RMとレッグプレスパワーについては、トレーニング群においてレジスタンストレーニングの実施後に有意な増加が認められた ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ )。等速性筋出力については、両群ともに有意な変化はみられなかった。
- 3) 体重あたりの最大酸素摂取量については、両群ともに有意な変化はみられなかった。しかし、漸増運動テストにおける血中乳酸濃度の増加量については、トレーニング群においてレジスタンストレーニングの実施後に有意な増加が認められた ( $p < 0.05$ )。
- 4) レジスタンストレーニングの実施期間前後におけるレッグプレスパワー及びスクワット1RMの変化率と血中乳酸濃度増加量の変化率との間には、有意な正の相関関係が認められ



た ( $p < 0.05$ )。

以上のことから、トライアスロン選手がレジスタンストレーニングを実施することによって、筋肥大を起こさずに筋力および筋パワーを向上させることができ、高強度の運動における耐乳酸能力が高められる可能性が示唆された。

本研究の一部は、2000年日本体育学会第51回大会にて報告した。

#### 参考文献

- 1) Astrand, P. O. and K. Rodahl: Textbook of work physiology, physiological bases of exercise 3rd ed. McGraw-hill Inc., N. Y., 1986.
- 2) Conje, D. L. and G. S. Kahlenbuhl: Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 12: 357-360, 1980.
- 3) Sjodin, B. and Svedenhag, J.: Applied Physiology of marathon running. *Sports Med.* 2: 83-99, 1985.
- 4) Daniels, J. and N. Daniels: Running economy of male and elite female runners, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24, 483-489, 1992.
- 5) 湯海鵬：機械的エネルギーからみた一流女子長距離ランナーの疾走フォームに関する研究, *Japanese Journal of Sports Sciences*, 16(1), 127-132, 1997.
- 6) 湯海鵬, 豊島進太郎：慣性モーメントから見たランニングのフォーム, *Japanese Journal of Biomechanics in Sports & Exercise*, 2(2), 92-98, 1998.
- 7) Hortobagyi, T., F. I. Katch, and P. F. LaChance.: Effects of simultaneous training for strength and endurance on upper and lower body strength and running performance, *J. Sports Med. Phys. Fitn.* 31, 20-30. 1991.
- 8) Sale, D. Q., I. Jacobs, J. D. MacDougall, and S. Garner.: Comparison of two regiments of concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22, 348-356, 1990.
- 9) Sale, D. Q., J. D. MacDougall, I. Jacobs, and S. Garner.: Interaction between concurrent strength and endurance training, *J. Appl. Physiol.* 68, 260-270, 1990.
- 10) Dudley, G. A., and S. J. Fleck.: Strength and endurance training, Are they mutually exclusive?, *Sports Med.* 4, 79-85. 1987.
- 11) 江橋 博, 後藤芳雄, 西島洋子, 今泉哲雄：一流男子マラソンランナーの最大有酸素パワーと等速性最大筋出力, *体力研究*, 71, 10-24, 1989.
- 12) 西山一行, 堀川浩之, 角田直也：長距離選手における等速性筋出力特性と競技成績との関係, *国士舘大学体育研究所報*, 8, 27-32, 1990.
- 13) Sherman, W. M., Armstrong, L. E., Murray, T. M., Hagerman, F. C., Costill, D. L., Staron, R. C., and Ivy, J. L.: Effect of a 42.2km footrace and subsequent rest or exercise on muscular strength and work capacity, *J. Appl. Physiol.* 57, 1668-1673, 1984.
- 14) Chevolet, J. C., Tschopp, J. M., Blanc, Y., Rochat, T., and Junod, A. F.: Alterations in inspiratory and leg muscle force and recovery pattern after a marathon, *Med. Sci. Sports Exerc.* 25 501-507, 1993.
- 15) Nicol, C., Komi, P. V., and Marconnet, P.: Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance, *Scand. J. Med. Sci. Sports* 1, 10-17, 1991.
- 16) 三本木温, 佐伯徹郎, 山本泰明, 鍋倉賢治, 高松 薫：マラソンレースにおける走速度と筋力および筋パワーの低下との関係, *体育学研究*, 45-4, 503-512, 2000.
- 17) Buckalew, D. P., Barlow, D. A., Fisher, J. W., and Richerds, J. G.: Biomechanical profile of elite women marathoners, *Int. J. Sports Biomech.* 1, 130-147, 1985.
- 18) Nicol, C., Komi, P. V., and Marconnet, P.: Effects of marathon fatigue on running kinematics and economy, *Scand. J. Med. Sci. Sports* 1, 195-204, 1991.
- 19) Hickson, R. C., B. A. Dvorak, E. M. Gorostiaga, T. T. Kurowski, and C. Foster.: Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance, *J. Appl. Physiol.* 65-5, 2285-2290, 1988.
- 20) Hickson, R. C., M. A. Rosenkoetter, and M. M. Brown: Strength training effects on aerobic power and short-term endurance, *Med. Sci. Sports Exerc.* 12: 336-339, 1980.
- 21) Kraemer. W. J., and W. L. Daniels.: Physiological effects of training. In *Sports Physical Therapy*, 29-53, D. B. Bernhardt, ed. New York, Churchill

- Livingston. 1986.
- 22) Johnston. R. E., T. J. Quinn, R. Kertzer, and N. B. Vroman: Improving running Economy through strength training, NSCA Journal 17-4, 7-12, 1995.
- 23) Bell, G. J., S. R. Peterson, J. Wessel, K. Bagnall, and H. A. Quinney.: Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training, Int. J. Sports Med, 12, 384-390, 1991.
- 24) 高瀬幸一, 田口正公, 金森勝也, 諸富一秋: 長距離選手における Eccentric・Concentric 筋力トレーニングのトレーニング効果と競技成績, トレーニング科学, 6(1), 33-38, 1994.
- 25) 藤瀬武彦, 杉山文宏, 松永尚久, 長畑芳仁: 一般青年男女における筋力評価尺度としてのバーベル挙上能力測定の試み, 体育学研究, 39, 403-419, 1995.
- 26) 森谷敏夫: 運動単位の増強とインパルスの発射様相, Japanese Journal of Sports Sciences, 8, 668-676, 1989.
- 27) Baechle, T. R.: Essentials of strength and conditioning, Human Kinetics, 1994.
- 28) Bompa, T. O.: Periodization of strength, Veritas Publishing Inc, 1993.
- 29) Fleck, J. F., Kraemer, W. J.: Designing resistance training programs, Human Kinetics, 1987.
- 30) Fitts, R. H.: Cellular mechanisms of muscle fatigue, Physiological Reviews, 74, 49-94, 1994.
- 31) 武藤芳照: スポーツ障害のメカニズムと予防のポイント, 文光堂, 1992.
- 32) Dolezal, B. A., J. A. Potteiger: Resistance training for endurance runners during the off-season, NSCA Journal 18(3), 7-10, 1996.
- 33) Bielic, E.: Practical considerations for utilizing plyometrics. Part 1, National Strength and Conditioning Association Journal, 8(3), 14-22, 1986.
- 34) Chu, D.: Jumping into plyometrics, Human Kinetics, 1992.
- 35) 鈴木康弘, 高橋英幸, 板井悠二, 高松 薫: 水泳選手のレジスタンストレーニングが過剰CO<sub>2</sub>排泄量およびスイムパフォーマンスに及ぼす影響, 体力科学, 49(3), 355-364, 2000.