

ライフセーバーの体力特性および 模擬救助作業に関する研究

篠 岳瑠*・韓 一栄*・井下佳織*・斉藤京子*・大野 誠*

Physical Characteristics and Aquatic Skills for Surf Rescue of Lifesavers

Takeru SHINO *, Ill Young HAN *, Makoto OHNO *,
Kaori INOSHITA * and Kyouko SAITOU *

Summary

The purpose of this study was to investigate the physical characteristics and aquatic skills and physical workout loading for surf rescue of lifesaving. Twenty eight lifesavers participated in this study. Nine subjects were experts aged 23 ± 1.1 (top level group: TG), eleven were experienced persons aged 20.1 ± 0.4 (experienced group: EG) and eight beginners aged 19.1 ± 0.5 (beginner group: BG). The physical characteristics were determined by measuring body composition, aerobic and anaerobic capacities. The aquatic skills were determined by measuring the times of 200 m board slalom course, 25 m porpoise & 25 m swim, 50 m swim, 25 m swim & 25 m swim with a manikin. To determine physical workout loading for surf rescue in lifesaving, heart rate, rating of perceived exertion, oxygen intake and blood lactate concentration were measured. The aerobic and anaerobic workout capacities in TG and EG were superior to those in BG. Times of 25 m swim and 25 m swim with a manikin, tube rescue and board rescue simulation in TG and EG were shorter than the those in BG. Time of board rescue in TG was significantly shorter than those in EG. Blood lactate concentration after surf rescue of lifesaving in TG was lower than those in EG and BG. These results indicate that in order to conduct lifesaving safely and quick it is essential in improving aerobic and anaerobic powers and aquatic skills for surf rescue using rescue board and tube.

Key words: lifesaver, physical characteristics, aquatic skills for surf rescue.

1. 緒言

ライフセーバーは高いレベルの体力を獲得し、それを維持することがきわめて重要である。実際の現場で溺者を発見した場合、一刻も早く溺者に到達することが必要であり、荒波に打ち勝つことのできる

泳力や溺者を確保しうる筋力、あるいは救助機材を使いこなすだけの技術、体力、持久力を持ち合わせていなければ人命を救う事はできない。特に海では波、風、砂地、潮の流れなど、自然界の様々な条件が加わり、身体には予想以上の負荷がかかってく

* 日本体育大学大学院 (〒158-8508 東京都世田谷区深沢7-1-1)
Graduate School of Nippon Sport Science University

る³⁰⁾。そこで、ライフセーバーが溺者救助時に受ける身体的負荷¹²⁾を科学的に解析し、これに打ち勝つために必要な体力特性について検証する事は、溺者救助技能の獲得と実際のトレーニング指導の場できわめて重要な課題である¹⁷⁾。

近年、様々なスポーツでは、すでに動作解析、エネルギー供給機構、体力要素などに関する研究成績が発表されている中で、ライフセービングに関する研究報告は、自然を相手にする活動という背景もあり、きわめて少ない。

そこで本研究では、ライフセーバーを対象に、身体組成、無酸素性および有酸素性作業能力、水中技能の測定を行い、併せて溺者救助活動中の心拍数、血中乳酸濃度、自覚的運動強度、酸素摂取量推定値などから、溺者救助時に受ける身体的負荷を分析し、ライフセーバーの体力特性および救助技能について検討することを目的とした。

II. 方法

A. 被験者

被験者は、N大学ライフセービング部の男子部員26名、社会人2名の合計28名であり、競技会の成績上位者9名（以下、トップ群）、ライフセービング歴2年以上のライフセーバー11名（以下、経験者群）およびライフセービング歴1年未満のライフセーバー8名（以下、初心者群）の3群に分けた。3群別にみた被験対象の特徴はTable 1に示したとおりである。被験者全員にヘルシンキ宣言にもとづき事前に実験内容と目的を十分に説明し、実験参加の同意を得た。

B. 体重と体脂肪率の測定

体重と体脂肪率は、BOD POD³⁾を用いAir Displacement（空気置換法）により測定し、IBM

PC/AT 互換パソコンにより解析した。検査の前に排尿、排便を済ませてから測定を行なった。

C. 無酸素性作業能力の測定

無酸素性作業能力の指標として、最大無酸素性パワー¹⁷⁾を測定した。電磁ブレーキ式の自転車エルゴメーター（POWER MAX-V II, COMBI社製）を用い、8秒間の全力駆動を行った²⁰⁾。負荷値としては、Wingate anaerobic test¹⁾に準じて、被験者の体重を基準とした相対負荷（体重×0.075kp）を用い、この運動で発揮された機械的パワーの最大値を最大無酸素性パワーとした。測定に当たっては、テーピングを用いて被験者の両足部をペダルに固定し、各被験者の脚長に対しサドルの高さを調整した。実施に先立ち、駆動中サドルから腰を上げないこととペース配分をせずに運動開始から終了まで全力で駆動することを指示した。被験者は、本試行の前に、0～1 kpの負荷での全力駆動によるウォーミングアップを行い、数分間の休息をとった後、検者の合図に従い、最大努力で自転車エルゴメーターを漕いだ。測定は、5分間の休息をはさんで3回行い、その中の最高値を採用した。

D. 有酸素性作業能力の測定

全被験者に対して、1ヶ月以内にトレッドミルを用いた2種類の漸増負荷テスト（実験1および2）を実施した。

1. 実験1：最大酸素摂取量の測定

最大酸素摂取量（以下、 $\dot{V}O_{2max}$ ）の測定法は、トレッドミルによるGrade3.0での漸増負荷テストの連続負荷法³⁰⁾を用いた。酸素摂取量（以下、 $\dot{V}O_2$ ）の測定には、呼吸代謝測定器2900（Sensor Medics社製）²⁸⁾を用い、20秒毎に測定値を算出するmixing chamber法²¹⁾により、安静時から運動終了後までの間の呼気ガスを採取し、その最大値を $\dot{V}O_{2max}$ とし

Table 1 Characteristic s of subjects

		① TG(n=9)	② EG(n=11)	③ BG(n=8)	variance analysis	multiple comparison
Age	(yrs)	22.3±1.1	20.1±0.4	19.1±0.3	***	①>②③
					**	②>③
Life saving experience	(yrs)	3.8±0.9	2.0±0	0		
Height	(cm)	171.3±5.0	174.6±3.4	170.1±1.8	n.s.	
Body weight	(kg)	66.9±2.9	68.2±3.4	63.1±5.0	*	②>③
Percent body Fat	(%)	9.7±0.9	10.7±2.0	11.5±3.8	n.s.	

mean ± SD ***: p < 0.001 **: p < 0.01, *: p < 0.05 n.s.: no significant

TG=Top level group. EG=Experienced group. BG=Beginner group.

た. はじめに, 1 分間安静ののち, 4.0km/h の速度で 1 分間歩行し, その後ウォーミングアップとして 7.6km/h の速度で 3 分間走行し, テストを開始した. テストでは, 各被験者の普段の練習での走力に合わせて 10.8~12.6km/h から任意の速度で開始し, exhaustion に至るまで 3 分ごとに 1.2km/h ずつ走速度を増加させた.

$\dot{V}O_{2\max}$ の判定基準は, ①酸素摂取量のレベリングオフの出現, ②呼吸商 1.0 以上, ③自覚的運動強度が Borg Scale 19 (非常にきつい) 以上, ④心拍数が 190bpm 以上, の 4 項目の中の 3 項目以上が満たされていることを条件とした.

また, ハートレートモニター (POLAR 社製) を用いて心拍数を 5 秒毎に測定した. なお, 溺者救助シュミレーション時に使用するため各被験者ごとに運動負荷中の心拍数と $\dot{V}O_2$ に関する¹³⁾一次回帰式を算出した.

2. 実験 2: 乳酸性作業閾値の算定

乳酸性作業閾値 (以下, LT) の測定は, トレッドミルによる Grade 3.0 での漸増負荷テストの間歇負荷法³⁰⁾を用いた. はじめに, 1 分間安静ののち, 実験 1 と同様にウォーミングアップと漸増負荷テストを行なった. なお, 最後に最大負荷として, 最終段階の速度で, トレッドミルの傾斜を 1 分毎に 1 度ずつ増加させ, 疲労困憊まで運動させた.

血中乳酸値は, 漸増負荷テスト前後と 3 分毎の走速度変化時に 1 分間立位のまま, Lactate Pro (ARKRAY 社製)³⁰⁾を用いて指尖穿刺により測定した. 運動負荷テスト中の血中乳酸値の経時の変化を MEQNET LT Manager 乳酸値解析ソフトウェア (ARKRAY 社製) を用いて解析し, 血中乳酸値が上昇し始める閾値を LT⁷⁾, 同様に血中乳酸値が 4 mmol/l を超える点を Onset of Blood Lactate²⁰⁾ (以下 OBLA) と判定した.

なお, 漸増負荷テスト中に実験 1 と同様の方法で, 心拍数, 酸素摂取量を測定した.

3. 乳酸性作業閾値における酸素摂取量, 走行速度の指標

運動負荷テスト (実験 2) 中の血中乳酸値と走行速度の経時の変化を MEQNET LT Manager 乳酸値解析ソフトウェア (ARKRAY 社製) を用いて解析し, LT 時の走行速度 (以下, $S@LT$ (m/min)) および OBLA 時の走行速度 (以下, $S@OBLA$ (m/min)) を算出した. また, 漸増負荷テスト (実験 2) 中の

HR と $\dot{V}O_2$ の関係から 1 次回帰方程式を求め, LT 時の $\dot{V}O_2$ (以下, $\dot{V}O_2@LT$ (ml/kg/min)), OBLA 時の $\dot{V}O_2$ (以下, $\dot{V}O_2@OBLA$ (ml/kg/min)) と LT 時の % $\dot{V}O_{2\max}$ (以下, % $\dot{V}O_{2\max}@LT$ (%)), OBLA 時の % $\dot{V}O_{2\max}$ (以下, % $\dot{V}O_{2\max}@OBLA$ (%)) を算出した.

E. 水中技能の測定

1 は海水浴場で, 2, 3, 4 は短水路の屋内プールにおいて実施した.

1. 200m レスキューボード (Fig. 1)

混んでいる海水浴エリア内で溺者に迅速に到達することを想定して, 実際の海水浴場内にコースを設定した. 被験者はレスキューボード (Bennet 社製) を使い, 200m スラロームコース¹²⁾を最大努力で回り, それに要する時間を計時した. 200m レスキューボードの所要時間は, 検者のスタートの合図からゴールラインに被験者の体の一部が到達するまでの時間とし, タイムの計時は計測に熟練した者が手動で行った. プイが動かないようにしっかり固定させることを必須条件とした. なお, 実験日の気象条件は, 晴れ, 気温 26 度, 波高 0 m, 風向南東であった.

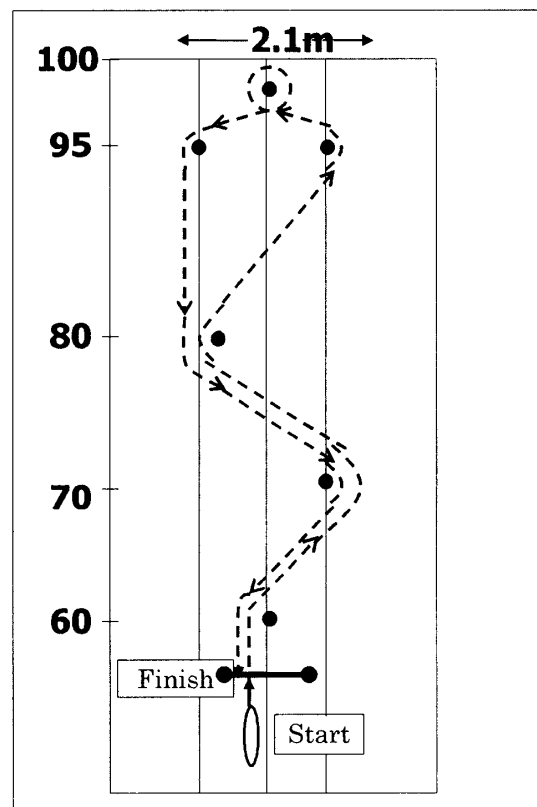


Fig. 1 200m rescue board slalom course

2. 25m 潜水 & 25m スイム

このテストは、ドルフィンキックまたは潜水技術を用いてショア・ブレイク²⁰⁾を潜り抜け、その後溺者まで迅速に到達する技能を解析するために設定した¹²⁾。被験者はスタート台から飛び込み、プールの反対側まで潜水し、壁にタッチしたら直ちに最大限の努力でスタート位置までフリースタイルで戻った。

3. 50m スイム

被験者は、スタート台から飛び込み、フリースタイルで50mを最大努力で泳ぎ、それに要する時間を計時した。50m スイムの所要時間は、検者のスタートの合図から50m ゴールの壁に被験者の手が触れるまでの時間とした。

4. 25m スイム & 25m マネキン

被験者は、スタート台から飛び込み、プールの反対側までフリースタイルで泳ぎ、水深1.2mに沈んだマネキン(60kg)を水面に引き上げてから、個人のやりやすい方法でマネキンを引っ張ってスタート位置まで戻った。なお、マネキンを引っ張る際にマネキンの顔が水面から出ていることを必須条件とした。

F. 模擬救助作業中の身体的負荷の測定

海水浴場の、岸から約100m離れた沖に、溺者に仮定した人物(成人男性・身長170cm、体重70kg)を浮かべておき、各被験者に最大努力で救助させ、それに要する時間を計時した。模擬救助作業の所要時間は、検者のスタートの合図から仮定溺者を浜に完全に引き上げるまでの時間とした。なお、測定日の気象条件は、晴れ、気温28.8度、波高0.3m、風向南であった。

救助法は、チューブレスキュー(溺者に浮力の強い特殊なチューブを巻いて運ぶ方法)とボードレスキューを用いる方法(ボードパドルリングで接近し、溺者をボードにのせて運ぶ方法)の2種類の救助法を用いた。救助中の心拍数の測定はハートレイトモニター(Polar社製)を用い、救助開始してから仮定溺者を岸に上げるまでの心拍数を5秒毎に記録し、その最高値をPEAK心拍数(以下=PEAK HR)とした。

30分以上の休息をはさんだ上で、2種類の救助法についてテストを行い、実験終了後に救助作業中の心拍数の経時的変化を図式化し、救助中の動作と同期させた。さらに、各救助法における自覚的運動強

度(Rating of perceived exertion, 以下=RPE)²³⁾を、救助者(各被験者)の自覚的判断に基づいて申告させた。また、救助前後の血中乳酸値を指尖穿刺によりLactate Pro(ARKRAY社製)で測定し、実験1で算出した各被験者別の心拍数- $\dot{V}O_2$ の回帰式に救助中の心拍数を代入して、模擬救助作業時の $\dot{V}O_2$ の推定値とMETSの推定値を算出した。

G. 統計処理

各測定項目における値は、平均±標準偏差(mean±SD)で表した。相関分析にはPearson's correlation coefficient(ピアソンの相関関数)を用いた。また、3群間における有意性の統計学的検討には一元配置分散分析を用い、有意性の認められた項目についてはTucky法によって多重比較を行った。さらに全ての統計処理における有意水準はそれぞれ5%未満とした。

Ⅲ. 結果

A. 被験者の体力特性 (Table 2)

1. 最大無酸素性パワー

トップ群の最大無酸素性パワーは、初心者群と比べて有意に高値を示した($p < 0.05$)。経験者群の最大無酸素性パワーも初心者群と比べて有意に高値を示した($p < 0.01$)。

2. 最大酸素摂取量

トップ群の $\dot{V}O_{2max}$ は、初心者群と比較して有意に高値を示した($p < 0.01$)。経験者群の $\dot{V}O_{2max}$ も、初心者群と比較して有意に高値を示した($p < 0.05$)。 $\dot{V}O_{2max}$ においてトップ群と経験者群の間に有意な差は見られなかった。

3. 乳酸性作業閾値

トップ群の $\dot{V}O_{2@LT}$ は、初心者群と比較して有意に高値を示した($p < 0.05$)。 $\% \dot{V}O_{2max @LT}$ は、3群間に有意な差は見られなかった。トップ群の $S@LT$ は、初心者群と比較して有意に高値を示した($p < 0.01$)。トップ群の $\dot{V}O_{2@OBLA}$ は、初心者群と比較して有意に高値を示した($p < 0.01$)。また、 $\% \dot{V}O_{2max @OBLA}$ において3群間に有意な差は見られなかった。トップ群の $S@OBLA$ は、初心者群と比べて有意に高値を示した($p < 0.01$)。

B. 水中技能 (Table 3)

1. 200m レスキューボード

トップ群のタイムは、経験者群、初心者群と比較して有意に早かった。また、経験者群のタイムは、

初心者群と比較して有意に早かった ($p < 0.001$).

2. 25m 潜水 & 25m スイム

トップ群のタイムは、経験者群、初心者群と比較して有意に早かった。しかし経験者群と初心者群の2群間に、有意な差は見られなかった。

3. 50m スイム

50m スイムのタイムは、トップ群、経験者群および初心者群の3群間に有意な差は見られなかった。

4. 25m スイム & 25m マネキン

トップ群のタイムは、初心者群よりも有意に早かった ($p < 0.001$)。経験者群のタイムも初心者群と比較して有意に早かった ($p < 0.01$) が、トップ群と経験者群の間には有意な差は見られなかった。

C. チューブを用いた模擬救助作業 (Table 4)

1. チューブレスキューのタイム

トップ群と経験者群のタイムは、初心者群と比較して有意に早かった (共に $p < 0.001$)。トップ群と経験者群の間には有意な差は見られなかった。

2. チューブレスキュー直後の血中乳酸値

チューブレスキュー直後の血中乳酸値は、トップ群、経験者群であり、前者が有意に低値を示した ($p < 0.01$)。また、いずれの群の血中乳酸値も、初心者群のそれと比較して有意に低値を示した。

3. チューブレスキュー中の Peak 心拍数

チューブレスキュー中のトップ群の PeakHR は、初心者群と比較して有意に低値を示した ($p < 0.01$)。さらに、経験者群の PeakHR も、初心者群と比較して有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

Table 2 Physical characteristics

		① TG(n=9)	② EG(n=11)	③ BG(n=8)	variance analysis	multiple comparison
Anaerobic power max	(watt)	761.5±58.2	790.9±71.7	669.7±64.8	*	①>③
					**	②>③
Anaerobic power max/BW	(watt)	11.6±1.2	11.6±0.9	10.6±1.2	n.s.	
$\dot{V}O_{2\max}$	(ml/min/kg)	63.6±4.1	59.2±3.8	55.7±4.4	**	①>③
					*	②>③
$\dot{V}O_{2@LT}$	(ml/min/kg)	41.8±5.2	37.4±5.2	33.7±5.6	*	①>③
% $\dot{V}O_{2\max}$ @LT	(% $\dot{V}O_{2\max}$)	66.5±5.4	63.2±7.5	60.8±6.35	n.s.	
S@LT	(m/min)	187.5±13.4	167.0±23.0	132.3±38.3	**	①>③
$\dot{V}O_{2@OBLA}$	(ml/min/kg)	54.8±5.7	50.7±6.0	45.7±4.3	**	①>③
% $\dot{V}O_{2\max}$ @OBLA	(% $\dot{V}O_{2\max}$)	86.0±4.3	84.4±4.8	83.1±4.3	n.s.	
S@OBLA	(m/min)	215.1±23.7	204.2±24.8	174.7±26.7	**	①>③

mean ± SD **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, n.s.: no significant
 TG=Top level group. EG=Experienced group. BG=Beginner group.
 $\dot{V}O_{2\max}$ =maximal oxygen uptake, Anaerobic power max=maximal anaerobic power,
 BW=body weight, LT=lactate threshold, OBLA=Onset of Blood Lactate Accumulation,
 S=speed

Table 3 The aquatic skills

		① TG(n=9)	② EG(n=11)	③ BG(n=8)	variance analysis	Multiple comparison
200m rescue board	(sec)	83.7±4.9	112.9±14.9	178.7±30.3	***	①②>③
					**	①>②
25m porpoise & 25m swim	(sec)	28.9±1.8	36.2±4.8	35.7±7.4	**	①>②
					*	①>③
50m swim	(sec)	26.9±1.4	30.8±2.4	30.9±5.7	n.s.	
25m swim & 25m manikin	(sec)	39.7±1.7	44.1±4.0	55.6±12.8	***	①>③
					**	②>③

mean ± SD ***: $p < 0.001$ **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ n.s.: no significant
 TG=Top level group. EG=Experienced group. BG=Beginner group.

4. チューブレスキューの RPE

トップ群の RPE は、初心者群と比較して有意に低値を示した ($p < 0.05$). しかし、トップ群と経験者群の間には有意な差は見られなかった。

5. チューブレスキュー中の % $\dot{V}O_{2\max}$ 推定値

トップ群の平均 % $\dot{V}O_{2\max}$ 推定値は、経験者群と初心者群と比較して有意に低値を示した ($p < 0.05$). しかし、経験者群と初心者群の 2 群間には有意な差は見られなかった。

6. チューブレスキュー中の METS 推定値

METS 推定値は、トップ群、経験者群、初心者群であり、3 群間に有意な差は見られなかった。

D. ボードを用いた模擬救助作業 (Table 5)

1. ボードレスキューのタイム

トップ群と経験者群のタイムは、それぞれ、であり、初心者群のと比較して有意に早かった (共に $p < 0.001$). また、トップ群のタイムは、経験者群のそれと比較して有意に早かった ($p < 0.05$).

2. ボードレスキュー直後の血中乳酸値

ボードレスキュー直後の血中乳酸値は、それぞれトップ群、経験者群、初心者群であり、トップ群が他の 2 群と比較して有意に低値を示した ($p < 0.001$).

3. ボードレスキュー中の Peak 心拍数

ボードレスキュー中の PeakHR は、トップ群、経験者群、初心者群であり、3 群間に有意な差は見られなかった。

4. ボードレスキューの RPE

ボードレスキュー後の RPE は、トップ群、経験者群、初心者群であり、3 群間に有意な差は見られなかった。

5. テスト中の % $\dot{V}O_{2\max}$ 推定値

トップ群の平均 % $\dot{V}O_{2\max}$ 推定値は、経験者群と比較して有意に低値を示した ($p < 0.05$). さらに、初心者群と比較しても有意に低値を示した ($p < 0.001$). また、経験者群の平均 % $\dot{V}O_{2\max}$ 推定値も

Table 4 Tube rescue simulation

		① TG(n=9)	② EG(n=11)	③ BG(n=8)	variance analysis	Multiple comparison
Time of tube rescue	(sec)	157.7±7.0	175.7±21.6	262.8±65.7	***	①②>③
Blood lactate level after tube rescue simulation	(mmol/l)	12.6±0.3	13.4±0.5	14.7±0.3	***	①②>③
Peak heart rate	(beats/min)	177.9±4.4	180.2±4.3	189.6±12.0	**	①>②
RPE	(RPE)	15.4±1.0	16.0±1.0	17.1±1.5	*	①>③
The estimated oxygen uptake	(%)	78.4±4.9	82.3±2.1	84.0±3.8	*	②>③
The estimated METS	(METS)	14.6±0.5	14.4±0.9	15.2±1.0	n.s.	①>③
mean ± SD ***: $p < 0.001$ **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ n.s.: no significant						
TG=Top level group. EG=Experienced group. BG=Beginner group.						

Table 5 Board rescue simulation

		① TG(n=9)	② EG(n=11)	③ BG(n=8)	variance analysis	Multiple comparison
Time of board rescue	(sec)	158.2±14.4	208.7±16.4	327.6±67.9	***	①②>③
Blood lactate level after board rescue simulation	(mmol/l)	11.3±0.7	13.3±0.8	14.0±0.6	*	①>②
Peak heart rate	(beats/min)	176.1±5.1	178.2±6.4	178.9±8.3	***	①>②③
RPE	(RPE)	14.3±1.2	15.1±1.4	15.1±1.4	n.s.	
The estimated oxygen uptake	(%)	74.9±3.6	78.0±1.8	82.9±1.3	n.s.	
The estimated METS	(METS)	13.8±1.3	14.0±0.9	14.1±0.9	***	①>③
mean ± SD ***: $p < 0.001$ **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ n.s.: no significant						
TG=Top level group. EG=Experienced group. BG=Beginner group.						

初心者群と比較して低値を示した ($p < 0.05$).

6. ボードレスキュー中の METS 推定値

METS 推定値は、トップ群、経験者群、初心者群であり、3 群間に有意な差は見られなかった。

IV. 考察

A. ライフセーバーの体力特性について

1. 無酸素性作業能力からみたライフセーバーの体力特性

短時間の最大努力運動で発揮された最大無酸素性パワー値は、ATP-CP 系によるエネルギー供給レベル、パワー出力レベルを推測しうる指標であり、瞬発的な運動能力として評価されている¹⁰⁾。最大無酸素性パワーの絶対値は、自分の体を使い他の物体や人に対して力を加える能力を診る指標、相対値は自分の身体を動かす、すなわち自分の体重を移動させる能力の指標と考えられる。

本研究から得られた成績では、最大無酸素性パワーは、トップ群および経験者群において初心者群よりも有意に高値を示した。しかし、体重あたりの最大無酸素性パワーには3 群間で有意な差は見られなかった。このことから、チューブレスキューには、溺者を引っ張り、運搬する際に大きな力を発揮する必要があるので、体重あたりの最大無酸素性パワーよりもむしろ、その絶対値そのものが高ければ救助を迅速にする上で有利になると考えられた。すなわち、ライフセーバーにとって無酸素性作業能力は重要な体力因子の一つであり、チューブレスキューの能力向上を図るためには、レジスタンストレーニングなどによる筋量の増加²⁾と高い水準の無酸素性パワーを獲得する必要があると思われる^{2,8,27)}。

2. 有酸素性作業能力からみたライフセーバーの体力特性

ライフセーバーの $\dot{V}O_{2max}$ に関する研究は、日本では報告されていないが、オーストラリアで行われた研究¹²⁾によるとエリート選手の $\dot{V}O_{2max}$ は64~69ml/kg/min と報告されている。トレッドミルを用いた本研究の成績によると、3 群間で最も高値を示したトップ群の $\dot{V}O_{2max}$ の平均値は63.6ml/kg/min であった。この値は先行研究¹²⁾と同程度であり、本研究におけるトップ群の有酸素性作業能力は、オーストラリアのエリート選手と同等であると考えられる (Table 2)。

本研究によると3 群間で溺者救助シミュレーションのタイムにおいて最も高値を示したトップ群が溺者救助シミュレーションに費やした時間は1分36秒である。Serresse ら^{25,26)}によれば、トレッドミルと自転車エルゴメーターをそれぞれ90秒間ずつ最大努力で運動させたところ、酸素摂取量はおよそ60秒で最大レベルに達し、有酸素性エネルギーの貢献度は全体の46%に相当したという。また、平井らの報告⁹⁾によれば、水泳運動中の有酸素性エネルギー供給機構の貢献は、1分程度で疲労困憊に至るような超最大運動で48%、2分程度の超最大運動で64%に達するという。そして、高い水準の最大酸素摂取量を有するものほど、30秒~90秒の激運動中の有酸素性エネルギーの相対的貢献度が高い傾向にあるという^{9,26)}。したがって、ライフセーバーでは、有酸素性作業能力が高いほど、救助中の有酸素性エネルギーの貢献度が高まり^{25,26)}、乳酸の蓄積やpHの低下による筋疲労の遅延をもたらす、作業速度の低下を抑制し、疲労回復時間を短縮することが可能と考えられる^{4,5,11,15,16)}。

このことから、ライフセーバーにとって有酸素性作業能力は重要な体力因子の一つであり、救助能力向上を図るためには、高い水準の有酸素性作業能力を獲得する必要があるものと思われた。

3. 乳酸性作業閾値からみたライフセーバーの体力特性

一般に、% $\dot{V}O_{2max@LT}$ は約60% $\dot{V}O_{2max}$ 程度⁶⁾、% $\dot{V}O_{2max@OBLA}$ は約85% $\dot{V}O_{2max}$ ^{5,20,22)}に相当するといわれる。本研究における3 群の % $\dot{V}O_{2max@LT}$ の平均値は60~66% $\dot{V}O_{2max}$ 、% $\dot{V}O_{2max@OBLA}$ の平均値では83~86% $\dot{V}O_{2max}$ であり、先行研究と同様の結果であった。

また、LTおよびOBLAでの走行速度は、トップ群が初心者群よりも有意に早く経験者群と比較しても早い傾向にあった (Table 2)。さらにトップ群は他の2 群と比べて、より高い運動強度まで、血中乳酸値があまり上昇せずに運動を継続することが可能であった。すなわち、トップ群は他の2 群よりも、より強い運動をより速く、LT レベルで行うことが可能であることが明らかになった。このため、溺者救助直後の血中乳酸値はトップ群で、他の2 群よりも低値を示したものと考えられる。

B. 溺者救助技能について

1. チューブレスキューのタイムに関係する技能

本研究では、25m 潜水 & 25m スイムのタイムは、トップ群が他の2群よりも有意に早く (Table 3)、25m スイム & 25m マネキンのタイムは、トップ群が初心者群よりも有意に早く、経験者群と比較しても早い傾向にあった (Table 3)。しかし、50m スイムのタイムには、3群間に有意な差は見られなかった (Table 3)。このことから、チューブレスキューの迅速性には、泳力の向上だけでなく、潜水技術やマネキンを抱えて泳ぐというような技術とパワーが重要な因子の一つと考えられた。

2. ボードレスキューのタイムに関係する技能

本研究結果では、200m レスキューボードのタイムを3群間で比較すると、トップ群のタイムは他の2群のいずれよりも有意に早かったことから ($p < 0.01$, $p < 0.001$, Table 3)、ボードを扱う救助法では基礎体力以上に、より高度な技術が要求されるものと推察された。

すなわち、ボードレスキューの迅速性には、200m レスキューボードのタイムの優劣が関与しており、さらなる救助能力の向上を図るためには、パドリング力の向上だけでなく、ボード操作の技術もしっかりと習得する必要があると考えられる。

3. チューブレスキューとボードレスキューの特性の違い

トップ群と経験者群のチューブレスキューのタイムには有意な差が認められなかったが (Table 5)、トップ群のボードレスキューのタイムは、経験者群のそれと比較して有意に早かった (Table 5)、さらにトップ群の200m レスキューボードのタイムは、他の2群と比べて有意に早かった (Table 3)。このことから、チューブを用いた救助法よりもボードを用いた救助法の方が、より一層高い技術を必要とすることが示唆された。

C. ライフセーバーの模擬救助作業中の身体的負荷

ライフセーバーの模擬救助作業中の身体的負荷に関して、心拍数からみた成績は報告されているが、 $\% \dot{V}O_{2\max}$ 推定値、METS 推定値や血中乳酸値からみた報告は見あたらない。そこで本研究ではトレッドミル走による漸増運動負荷試験のさいに求められた心拍数- $\dot{V}O_2$ の回帰式に、模擬救助作業中の心拍数を代入して模擬救助作業中の $\% \dot{V}O_{2\max}$ 推定値、METS 推定値を算出した。その結果、チューブレス

キューにおける3群の平均値は78~84% $\dot{V}O_{2\max}$, 13.4~14.0METSであり、ボードレスキューでは74~83% $\dot{V}O_{2\max}$, 13~13.3METSであった (Table 4, 5)。各種スポーツにおける平均的なMETS値¹⁴⁾は、バスケットボールの試合で約8.3METS, ボクシングの試合で13.3METS, 柔道の試合で13.5METS, サッカーの試合で9.9METSであり、これらと比較するとライフセーバーの模擬救助作業中の身体的負荷は、ボクシング、柔道の試合に匹敵するものであることが明らかになった。

模擬救助作業、終了直後の血中乳酸値における3群の平均値は、チューブレスキューにおいて12.6~14.7mmol/lであり、ボードレスキューでは11.3~13.9mmol/lであった (Fig. 4, 5)。模擬救助作業、直後の血中乳酸値から考えても、溺者救助中にはOBLAを越える高い身体的負荷がかかっていたことが推察される。一般に血中乳酸値が4~6 mmol/l以上になると作業能力が低下することが知られているが¹⁴⁾、模擬救助作業中には乳酸の蓄積によるかなりの筋疲労が生じていたものと思われる。

D. ライフセーバーの模擬救助作業中の身体的負荷にかかわる要因

トップ群は他の2群と比較して模擬救助作業後の血中乳酸値、模擬救助作業中の推定 $\% \dot{V}O_{2\max}$ が低値を示した (Table 4, 5)。この理由として、トップ群が先に述べたごとく、 $\dot{V}O_{2\max}$ やS@OBLAなどからみた有酸素系作業能力において他の2群よりも優れていることが (Table 2)、直接的、間接的に関与している可能性が考えられた。

また、トップ群は、ボードレスキュー、200m レスキューボードのタイムが他の2群と比較して有意に早く (Table 2, Fig. 3)、チューブレスキューのタイムも初心者群と比較して有意に早く、経験者群よりも早い傾向にあった (Table 4)。このことから、高い救助技能の優劣も溺者救助中における身体的負荷を低く保つことに大きく関与していることが示唆された。

V. まとめ

ライフセーバーの体力特性と溺者救助技能を明らかにするために、身体組成と無酸素性作業能力と有酸素性作業能力、水中技能、溺者救助技能、模擬救助作業中の身体的負荷についてトップ群、経験者群、初心者群を比較検討したところ次のような知見

を得た。

- 1) トップ群および経験者群の最大無酸素性パワーは、初心者群よりも優れていたが、体重あたりの最大無酸素性パワーは3群間に有意な差は見られなかった。
- 2) トップ群および経験者群の $\dot{V}O_2\text{max}$ は、初心者群よりも優れていた。また、 $\dot{V}O_2\text{@LT}$, $S\text{@LT}$, $\dot{V}O_2\text{@OBLA}$, $S\text{@OBLA}$ のいずれもトップ群は、初心者群よりも有意に高値を示したが、経験者群と初心者群との間には有意な差はみられなかった。
- 3) トップ群の25m潜水 & 25m スイムのタイムは、他の2群よりも有意に早く (Table 3), トップ群の25m スイム & 25m マネキンのタイムは、初心者群よりも有意に早かった。
- 4) 模擬救助作業中の身体的負荷は、約80% $\dot{V}O_2\text{max}$, 13.0~14.0METS 程度であり、これはボクシング、柔道の試合に匹敵する身体的負荷であった。
- 5) トップ群の模擬救助作業中の推定% $\dot{V}O_2\text{max}$, および模擬救助作業後の血中乳酸値は、他の2群よりも有意に低値を示した。

以上のことから、ライフセーバーが迅速かつ効率的に溺者救助を行うためには、無酸素性・有酸素性作業能力にもとづく、体力の向上が重要であるが、さらに救助技術の向上、とりわけボードを用いた救助技能の向上が重要であることが明らかになった。

引用文献

- 1) Bar-Or O. (1987) The Wingate anaerobic test; an update on methodology, reliability and validity. *Sports Med.* 4: 381-394
- 2) Blimkie C.J.R. (1988) Anaerobic power of arms in teenage boys and girls; Relationship to lean tissue. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57: 677-683
- 3) Collins M.A., Millard - Stafford M.L., Sparling P.B., Snow T.K., Rosskopf L.B., Webb S.A., Omer J. (2003) Evaluation of the BOD POD for assessing body fat in collegiate football players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31(9): 1350-1356
- 4) Costill D.L. (1992) Lactate metabolism for swimming, Maclaren D. Rely T. and Lees A., *Biomechanics Medicine in Swimming Science VI*, 311, University press, london
- 5) Donovan C.M. & Brooks G.A. (1983) Endurance training affects lactate clearance not lactate production. *American Journal of Physiology*: 2443
- 6) 八田秀雄 (1997) 乳酸性作業閾値, 八田秀雄, 乳酸, 初版, 36-45, Book House HD, 東京
- 7) 八田秀雄 (2001) LT ~ 乳酸性作業閾値, 八田秀雄, 乳酸を活かしたスポーツトレーニング, 初版, 53-75, 講談社, 東京
- 8) Hawley J.A., Williams M.M. (1991) Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int. J. sports Med.* 12(19): 1-5
- 9) 平井雄介, 小笠原悦子, 田畑 泉 (1993) 超最大強度の水泳運動における無酸素性および有酸素性エネルギー供給機構の貢献度. *Jpn. J. Sports Med.* 12(19): 124-129
- 10) 生田香明, 根木哲郎, 栗原崇志, 播木定彦 (1981) 敏捷性・筋力・パワーからみた短距離疾走能力. *体育学研究* 26: 111-117
- 11) Jacobs I. (1986) Blood lactate implication for training and spors performance. *Sports Medicine.* 3: 10-25
- 12) Jason P, Jeams W, Philip T. (1996) A physiological profile of elite surf ironmen, full time life-guards & patrolling surf lifesavers. *Aust. J. Sci. Med. Sport* 28: 86-90
- 13) 加賀谷淳子 (1986) 心拍数に基づいた消費カロリーの算出法とその問題点. *体育の科学* 36: 858-863
- 14) 加賀谷熙彦 (2002) トレーニングの処方とその結果, 日本体力医学会学術委員会, スポーツ医学 [基礎と臨床], 第3版, 81-90, 朝倉書店, 東京
- 15) Macdougall J.D. (1977) The anaerobic threshold: its significance for the endurance athlete. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 2: 137-140
- 16) Macrae H.S., Dennis S.C., Bosch A.N. & Noakes T.D. (1992) Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. *Journal of Applied Physiology* 72: 1649-1656
- 17) Margaria N. (1966) Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. Physiol* 21: 1662-1664
- 18) Meyer T., George T., Becker C., Kindermann W. (2001) Reliability of gas exchange measurements from two different spirometry systems. *Int. J. Sports Med.* Nov. 22(8): 593-597
- 19) 深山元良 (2003) ライフセービング. トレーニング科学 14(3): 119-127
- 20) 中村好男, 山本義春 (1989)AT 測定法のゆくえ. 体

- 育の科学 39:391-396
- 21) 中村好男 (1984) 最大無酸素パワーの自転車エルゴメーターによる測定法. *Jpn. J. Sports Sci.* 3: 834-839
 - 22) 中村好男 (1992) 一般健常人と持久競技選手における喚起閾値, 乳酸閾値, OBLA の標準値について. *トレーニング科学* 4 (1): 23-30
 - 23) 小笠原定雄, 西川和子, 西田水奈子 (1997) Borg 指数からみた心拍数評価, 慢性心不全, 運動習慣のない健常者, アイスホッケー選手という異なる運動耐容能をもつグループにおける Borg 指数, 心拍数, 酸素摂取量の比較と Borg 指数による有酸素運動の運動処方. *臨床スポーツ医学* 14: 1217-1221
 - 24) 雑賀光一, 小松 豊, 山中重雄 (1997) 簡易血中乳酸測定器 Lactate Pro TM の評価. *臨床検査器・試薬* 20(4): 535-540
 - 25) Serresse O. (1991) Aerobic and anaerobic energy contribution during maximal work output in 90 s determined with various ergocycle workloads. *Int.J.sports Med.* 12(6): 543-547
 - 26) Serresse O. (1988) Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *Int.J.Sports Med.* 9(6): 456-460
 - 27) Sharp R.L. (1982) Relationship between power and spirit freestyle swimming. *Med.Sci.Sports Exerc.* 14(1): 53-56
 - 28) Toklu A.S., Kayserilioglu A., Unal M., Ozer S.A., Ktas S. (2003) Ventilatory and metabolic response to rebreathing the expired air in the snorkel. *Int. J. Sports Med.* Apr. 24(3): 162-165
 - 29) 富山英輔 (1997) 気象と波を知ろう, 赤井得士, サーフィン上達101のコツ, 138-139, えい出版社
 - 30) 山本利春, 小峰直総, 荒井宏和, 深山元良 (1999) ライフセーバーにとって必要な技術と体力的資質. *臨床スポーツ医学* 16(8): 903-911
 - 31) 山地啓司 (2000) $\dot{V}O_{2max}$ 測定のための負荷方法, 山地啓司, 最大酸素摂取量の科学, 改訂版, 18-23, 杏林書院, 東京
(平成16年 9 月30日受付, 平成16年12月 1 日訂正, 平成17年 4 月14日受理)