

# 水泳による積極的回復がその後の血中乳酸動態 およびパフォーマンスに及ぼす影響

群馬大学 後藤 真二

(共同研究者) 群馬県立 榎崎 龍一  
前橋西高等学校

## The Effects of Swimming Recovery on Blood Lactate Kinetics and Subsequent Exercise Performance

by

Shinji Goto

*Gunma University*

Ryuichi Kashizaki

*Maebashi-nishi High School*

### ABSTRACT

The purpose of this investigation was to determine the effect of swimming and cycling on the recovery of blood lactate kinetics, and subsequent 1 min maximal exercise. Seven male trained subjects performed three 1 min exercise bouts, at approximately 130%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  with 2 min rest periods between each work bout. The exercise protocol for each trial was identical, while the recovery following three 1 min maximal exercise bouts being rest (R : 60 min seated rest), cycling (C : 30 min at 40%  $\dot{V}_{O_{2max}}$ ), or swimming (S : 30 min breast stroke self-selected pace). Initial blood lactate concentration did not differ.

After three 1 min maximal exercise bouts, blood lactate concentration increased to  $15.8 \pm 2.1$  mmol/l for S,  $15.7 \pm 2.4$  mmol/l for C, and  $16.8 \pm 1.9$  mmol/l for R respectively ( $P > 0.05$ ). The decrease in blood lactate concentration in S was greater compared to other recoveries.

They were significantly different at the 25, and 35 min points of the recovery period, between S and R, and the 35 min point between S and C. Blood lactate concentration during recovery was not significantly different between C and R. However power output during maximal exercise in S was smaller than in R. These data suggest that swimming recovery after maximal exercise bouts results in greater decrease of blood lactate concentration, but it isn't beneficial for subsequent 1 min maximal exercise performance.

## 要 旨

本研究の目的は、水泳および自転車による回復運動が、血中乳酸動態およびその後の1分間最大運動のパフォーマンスに及ぼす影響を検討することであった。7名の男子鍛錬者は約130%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  強度の1分間最大運動を、2分間の休息をはさんで3回行った。回復条件は、安静(R:60分間の座位安静)、自転車(C:40%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  強度での30分間の自転車運動)および水泳(S:任意の強度での30分間平泳ぎ)であった。安静時の血中乳酸濃度に差はなかった。

3回の最大運動後の血中乳酸濃度は、Sで15.8 ± 2.1 mmol/l, Cで15.7 ± 2.4 mmol/l, Rで16.8 ± 1.9 mmol/lであった。回復期の血中乳酸濃度はSで低く、回復25分ではRに、回復35分ではRとCに比べて有意に低かった。回復後のパワーはSでRに比べて有意に低かった。したがって、最大自転車運動後に水泳を回復運動として用いると、血中乳酸濃度の低下は速くなるが、その後の自転車運動のパフォーマンスには好ましくないことが示唆された。

## 緒 言

激しい運動を行うと乳酸が増加し、高度の乳酸蓄積は疲労をもたらすことが知られている<sup>20)</sup>。増加した乳酸は、時間の経過とともに安静値に回復

するが、このときに有酸素運動を行った方が、安静を保つよりも血中乳酸濃度が速く低下することが報告されている<sup>2,3,5-8,10,12,14,15,18,19,21-25)</sup>。この現象は、運動による筋血流量の増大が筋からの乳酸の放出を速やかにすること、乳酸も活動筋でエネルギーとして酸化されるので、運動を行って筋の活動水準を高めた方が、その酸化量が増加するためなどによっておこるものと考えられている。

乳酸除去のための最適の運動強度は、運動の様式によって異なり、自転車運動では30%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  程度である<sup>1)</sup>のに対して、ランニングでは60%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  程度<sup>9)</sup>とされる。また水泳については、Cazorlaら<sup>5)</sup>が全力泳後の回復運動の強度としては、60%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  程度が好ましいと報告している。

これまでのクーリングダウンに関する報告は、クーリングダウンで用いる運動と全力運動は、同じ運動様式で行うことが普通であったが、近年、水泳以外のスポーツを行った後でも、クーリングダウンとして水泳を行うことがよく行われるようになってきた。しかしながら、自転車運動やランニングなど、水泳以外の運動の後に水泳を行うことが、血中乳酸濃度の低下を速めるかどうかについての報告はない。また、回復運動がその後の運動のパフォーマンスに与える影響については、まだ一致した見解は得られていない<sup>16,18,21-25)</sup>。

そこで本研究では、最大努力の自転車運動を繰り返し行う際に、その間の回復の条件を安静、自

転車運動および水泳の3種類として、水泳が激運動後の回復期の血中乳酸動態とその後の運動のパフォーマンスに及ぼす影響を検討することを目的とした。

### 1. 実験方法

被験者は日頃トレーニングをしている男子7名で、彼らの年齢、身長、体重、事前に負荷漸増法の自転車運動によって求めた最大酸素摂取量、および本研究で回復運動に用いた平泳ぎによる100m泳の記録は表1のとおりであった。

最大運動は自転車エルゴメータ（コンビ社製、パワーマックスV）を用いた1分間の全力運動で、負荷は無酸素能力を測定する代表的テストであるWingate Anaerobic Test<sup>D</sup>にしたがって体重あたり75g (4.9 ± 0.3 kp)とし、被験者にはできるだけ速くペダルをこぐように指示した。この運動を2分間の休息をはさみ、3回繰り返した。その後60分間の回復過程をはさんで、再び1分間の全力運動を行った。回復過程は、(1)座位安静(R)、(2)自転車運動(C)、および水泳(S)であった。CおよびSでは、回復5分から35分

まで運動を行った。Cでは自転車エルゴメータ（モナーク社製818E型）を用いて、その強度は40%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  相当(60rpm)とし、Sの運動は任意の強度の平泳ぎとした。

心拍数は胸部双極誘導の心電図法（フクダ電子社製DS-502）により、実験の初めから終了まで1分ごとに記録した。採血は安静、2回目および3回目の全力運動の直後、回復の5分、15分、25分、35分、回復後の全力運動の開始直前、直後、および5分後に指先より行い、血中乳酸濃度は乳酸分析装置（YSI社製Model 1500）により分析した。

### 2. 実験結果

血中乳酸濃度の変化は表2および図1に示した。安静時の血中乳酸濃度は、Sで1.9 ± 0.7 mmol/l、Cで2.2 ± 1.4 mmol/l、Rで1.9 ± 0.8 mmol/lでいずれも同様の値であった。3回の連続する1分間の最大運動で、血中乳酸濃度はいずれの条件でも大きく増加して、Sでは15.8 ± 2.1 mmol/l、Cでは15.7 ± 2.4 mmol/l、Rでは16.8 ± 1.39 mmol/lとなった。

表1 Physical characteristics, and swimming ability of subjects

	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}_{O_{2max}}$ (ml/min/kg)	100m B.S. best time
Mean	20.7	171.9	65.2	54.5	2' 08" 7
SD	0.5	3.3	4.4	4.9	17" 4

表2 Changes in blood lactate concentration during experiment

		-11	-3	0	5	15	25	35	60	61	66
Swimming	Mean	1.8	14.5	15.8	15.5	8.3	5.7	3.9	2.3	8.1	9.4
	SD	0.7	2.3	2.1	2.3	2.2	2.3	1.0	0.7	1.4	1.4
Cycling	Mean	2.2	16.2	15.7	14.4	11.5	7.3	6.5	3.1	10.7	11.9
	SD	1.4	2.6	2.4	2.1	4.5	3.1	2.2	1.0	3.2	2.7
Rest	Mean	1.9	14.1	16.8	15.0	11.9	9.9	7.0	3.9	10.3	11.5
	SD	0.8	1.9	1.9	5.1	2.8	3.2	2.4	1.9	2.4	2.5

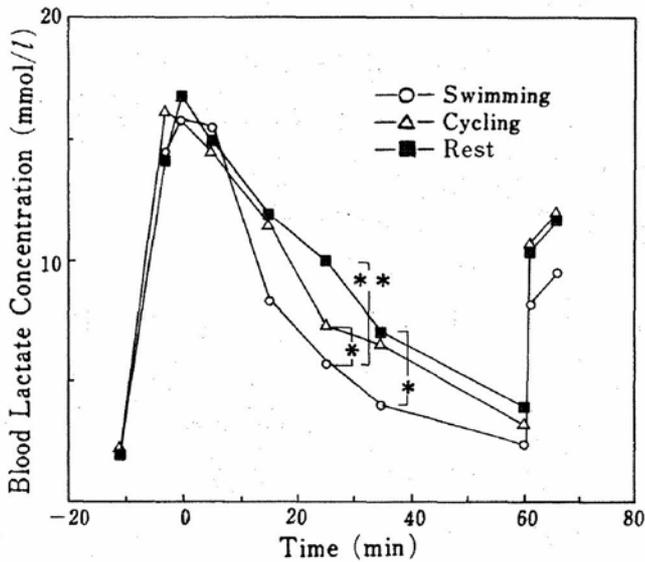


図1 Changes in blood lactate concentration during experiment (Significantly Different \*; P< 0.05 \*\*; P< 0.01)

ピーク血中乳酸濃度はいずれの条件間でも有意差は認められなかった。回復期の血中乳酸濃度の変化は、その回復の条件によって異なっていた。それは、Sで回復期を通して低く、25分の時点ではRに比べて (S:  $5.7 \pm 2.3$  mmol/l < R:  $9.9 \pm 3.2$  mmol/l, P< 0.05), また、35分の時点では他の2条件に比べて (S:  $3.9 \pm 1.0$  mmol/l < C:  $6.5 \pm 2.2$  mmol/l, R:  $7.0 \pm 2.4$  mmol/l, P< 0.05) 有意に低い値を示した。

またCとRの間では、回復期の血中乳酸濃度に有意差は認められなかった。回復期終了時点でも、血中乳酸濃度はSで他の2条件に比べて低い傾向にあったが、その差は有意ではなかった。回

表3 Power output (watt) of each one minute maximal exercise

		trial.1	trial.2	trial.3	trial.4
Swimming	Mean	476.7	366.7	277.1	436.4
	SD	35.1	21.0	53.6	34.6
Cycling	Mean	482.6	378.4	308.7	460.4
	SD	30.5	27.4	53.6	33.7
Rest	Mean	484.1	377.4	301.7	482.6
	SD	40.7	17.0	28.0	42.8

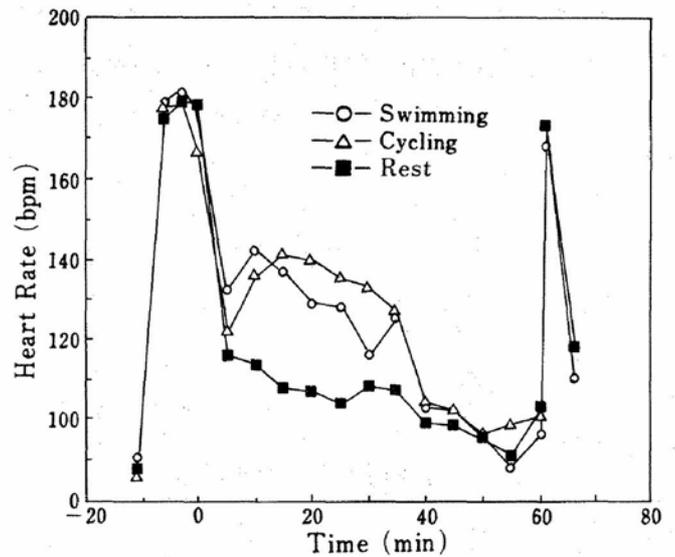


図2 Changes in heart rate during experiment

復後の最大運動の後に、血中乳酸濃度は再び増加したが、いずれの条件間でも有意差は見られなかった。

最大運動のパワーは表3に示したとおりであった。連続する3回の最大運動のパワーは、いずれの条件においても、1回目から3回目にかけて減少したが、条件による差は認められなかった。回復後の最大運動のパワーはRで最も高く ( $482.6 \pm 42.8$  Watt), ついでC ( $460.4 \pm 33.7$  Watt), そしてSで最も低く ( $436.4 \pm 34.6$  Watt), それとRの差は有意であった。

実験中の心拍数の変化は図2に示した。心拍数は、連続する最大運動中にはいずれの場合も180 bpm程度に増加し、条件による有意差は認められなかった。心拍数は、回復期にはいずれの条件でも低下したが、水泳中の心拍数は116~142 bpm, サイクリング中のそれは121~141 bpmで、その間のRの値(104~116 bpm)に比べて有意に高かった。

### 3. 考 察

本研究の主な所見は、激運動後の血中乳酸濃度の低下は、SではRに比べて有意に速かったが、

CではRとの間に有意な差が認められなかったこと、および回復後の最大運動のパフォーマンスが、SでRに比べて有意に低かったことである。

激運動後の血中乳酸濃度の低下が、有酸素運動をした方が安静を保持するよりも速いことはこれまで報告されている<sup>2,3,5-8,10,12,14,15,18,19,21-25</sup>。今回Sで、RやCに比べて血中乳酸濃度の低下が有意に速かったことは、SiebersとMcMurry<sup>18</sup>の90%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  強度の6分間水泳後には、水泳で回復運動をした方が、歩行を行う場合よりも血中乳酸濃度の低下が速かったとする報告と一致した。しかし、今回、CとRで血中乳酸濃度の低下に有意差が認められなかったことは、これまでの多くの報告と異なっていた。

BelcastroとBonen<sup>2</sup>は、90%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  の6分間自転車運動後に、4種類の強度の自転車運動を行った場合と、安静にしていた場合を比較した。その結果、回復期に運動を行った方が、安静にしているよりも血中乳酸濃度の低下が速いこと、および血中乳酸濃度低下を速めるのに最も適した強度は、32%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  であることを報告した。

BonenとBelcastro<sup>3</sup>は、1マイル走後にランニングを行った場合と、安静の場合の血中乳酸濃度低下速度を比較して、ランニングをした場合の方がそれが速く、その研究で用いられた強度（平均61.4%  $\dot{V}_{O_{2max}}$ ）は血中乳酸濃度を低下するのに、ほぼ至適な強度であったと報告している。

またHermansenとStensvold<sup>9</sup>も、疲労困憊に至るトレッドミル走の後に、種々の強度でランニングを行って、血中乳酸濃度を速く低下するための至適強度は63%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  であったと報告している。したがって、激運動後の血中乳酸濃度は、適度な運動を行った方が、安静にしているよりもその低下が速くなり、その至適強度は自転車では30%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  程度であり、ランニングでは60%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  程度であると思われる。しかし今回Cで回復期の血中乳酸濃度は、Rに比べて有意な差が

認められなかった。この原因は明らかではないが、Cの回復期の血中乳酸濃度は、回復25分の時点では有意ではないがRに比べ低い傾向があったが、35分の時点で両者の差が小さくなった。

池上ら<sup>12</sup>は、激運動後の回復期においては、その血中乳酸濃度の低下に伴って運動強度を下げた方が、効率的に血中乳酸濃度を低下できる可能性を示唆した。今回Cにおいて、回復25分の時点から35分の時点の血中乳酸濃度の低下がRよりも小さかったのは、この時点における運動強度としては、自転車運動ではより低い強度が好ましかった可能性が考えられる。

今回の回復運動中には、酸素摂取量を測定しなかったが、心拍数より推定した強度は60～70%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  であり、自転車の回復運動として至適とされる30%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  程度に比べて高かった可能性がある。したがって、Cでは回復運動の強度が予想よりも高くなったために、活動筋における乳酸の利用だけでなく、乳酸の生産も引きおこし、その結果、血中乳酸濃度の低下にRとの間で有意な差を引きおこさなかったのかもしれない。

Gisolfiら<sup>8</sup>は、疲労困憊に至るトレッドミル走後には、有酸素運動をした方が安静にしているよりも血中乳酸濃度の低下が速く、酸素負債量も低く、これは回復運動中に乳酸がエネルギー源として利用されたことを示すことを示唆するものとした。

McGrailら<sup>15</sup>は、90%  $\dot{V}_{O_{2max}}$  強度での6分間運動の後に、腕、脚、および腕と脚で運動した場合と安静にした場合の血中乳酸濃度の変化を比較して、血中乳酸濃度低下速度と回復期の酸素摂取量に高い相関 ( $r=0.92$ ) があることを示し、回復運動をした場合の血中乳酸の低下が速くなるのは、主に活動筋での乳酸の酸化によることを示唆した。

今回Sで血中乳酸濃度の低下が速かったことは、水泳中でも活動筋での乳酸のエネルギー源と

しての利用が促進されることを示唆するものと考えられる。本研究の回復期の水泳の強度は、被験者の最大泳速度の約 57% であった。心拍数から推定した強度は、C のそれよりやや低く、とくに運動の最後の 10 分くらいは比較的強度を低くする傾向にあった。これは池上ら<sup>12)</sup>が示唆した強度を漸減する回復運動に相当するもので、血中乳酸濃度を低下するには好ましいものであったかもしれない。

黒川ら<sup>13)</sup>は、水泳中の酸素摂取量と心拍数の関係を検討し、酸素摂取量が同じ場合には、水泳では陸上運動に比べて心拍数が 10 bpm 程度低くなると報告した。したがって、今回の運動による回復中、S は C よりやや心拍数が低かったので、酸素摂取量は両者でほぼ同様であったと考えられる。しかし、自転車は主に脚だけの運動であるのに対して、水泳では脚だけでなく、腕も運動に使われる。したがって S の方が活動筋量は多く、両者の呼吸レベルでの代謝水準が同様であったとしても、活動筋自体の代謝水準は S で低く、これが血中乳酸濃度の低下を速めた可能性が考えられる。また、Caldwell と Pekkarinen<sup>9)</sup> の自転車を用いて測定した無酸素性作業閾値は、水泳でのそれよりもかなり低いという報告もこの考えを指示するものであろう。

血中乳酸濃度の低下は S で有意に速まったが、回復後の最大運動のパフォーマンスは S で低くなった。この原因を本研究だけから明らかにすることはできなかった。Choi ら<sup>9)</sup>は、4 分間の休息をはさんで 1 分間の超最大運動を 3 回繰り返した後の、筋および血中のグリコーゲンと乳酸の変化を検討した。その結果、血中乳酸濃度の回復は、 $42.3\% \dot{V}_{O_{2max}}$  強度の自転車運動を行った場合の方が安静に比べて速かったが、筋グリコーゲンは、回復期に運動した場合は 60 分間の回復でやや低下したのに対して、安静回復では増加を示したことから、回復期には運動するよりも安静にし

ていた方が筋グリコーゲンの回復を速めることを示した。彼らは、これがその後のパフォーマンスにどう影響するかは検討していないが、筋グリコーゲンの濃度が高い方が、その後の運動のパフォーマンスに有利であることは推察される。

Weltman ら<sup>22, 23)</sup> および Weltman と Regan<sup>24)</sup> は、超最大運動後の血中乳酸濃度は回復のパターンに影響されるが、血中乳酸濃度が高くても、その後の 5 分間の最大運動のパフォーマンスには影響しないことを示した。Thiriet ら<sup>21)</sup> は、2 分間の最大努力作業を 20 分間の休息をはさんで 4 回繰り返すとき、20 分間の休息中に  $30\% \dot{V}_{O_{2max}}$  強度の作業を行った場合は、運動のパワーが 1 回目に比べて有意に低下するのは 4 回目になってのであるのに対して、安静にしていた場合には、それが 2 回目ですでに 1 回目よりも有意に低くなったと報告している。

また山本と山本<sup>25)</sup> は、33 分間の休息をはさんで激運動を繰り返す場合、回復運動の強度を正しく設定すれば、それがその後の運動のパフォーマンスに有効である可能性を示唆した。したがって、比較的短い時間で強い運動を繰り返す場合には、その間に回復運動をはさむことはパフォーマンスに有効なのかもしれない。

今回、S で血中乳酸濃度低下は速く、その値は回復 25 分の時点では R と C に比べて、さらに 35 分の時点でも R に比べて有意に低かった。しかし、回復後の最大運動を行う直前の血中乳酸濃度は、S で低い傾向にあったが他の条件との差は小さくなり、その差は有意ではなかった。したがって、回復 60 分の時点では、回復運動によって血中乳酸濃度の低下が速められたことが、その後の運動に与える影響は非常に小さくなっていった可能性が考えられ、回復運動がその後の運動のパフォーマンスに与える影響を考える場合、その運動様式、強度とともに回復時間も考慮する必要があることが示唆される。

また、今回の被験者が日頃、水泳にそれほど慣れていなかったために、水泳による慣れない筋の使用が最大運動におけるパワー発揮を低くした可能性が考えられる。このことは、水泳を専門とする被験者と、陸上や自転車を専門とする被験者を比較することで明らかにされるかもしれない。

#### 4. まとめ

激運動後の水泳による回復運動が、血中乳酸濃度およびその後の1分間最大運動に対する効果を検討することを目的として実験を行った。被験者は日頃トレーニングしている男子7名で、初めに3回の1分間最大運動を行い、回復期の条件を1) 60分間の座位安静、2) 水泳、および3) 自転車の3種類とした。水泳は自由なペースとし、自転車の強度は約40%  $\dot{V}O_{2max}$  として、それぞれ回復の5分から35分までの30分間行って、その後は安静とした。回復後に再び1分間最大運動を行って、回復期の血中乳酸濃度の変化および回復後の最大運動のパフォーマンスについて検討を加え、つぎのような結果を得た。

1) 水泳による回復運動は血中乳酸濃度の低下を速め、その値は回復25分の時点で安静回復に比べて、さらに35分の時点では安静回復および自転車回復に比べて有意に低かった。したがって、水泳は血中乳酸濃度を速く低下させる目的で行う激運動後の回復運動として、水泳以外の運動の後に用いても効果的であることが示された。

2) 自転車による回復では安静回復との間に、血中乳酸濃度の差を認められなかった。この原因については不明であるが、自転車運動の強度が強すぎた可能性は否定できなかった。

3) 水泳回復の後の1分間最大運動のパワーは、安静回復の場合に比べて有意に低かった。したがって本研究からは、水泳による回復運動は、血中乳酸濃度を低下させるには効果的であったが、その後の自転車運動のパフォーマンスには好

ましくない影響を与えることが示唆された。

#### 文 献

- 1) Bar-Or, O.; A new anaerobic capacity test—characteristics and applications, Proc 21st World Congress in Sports Medicine, Brasilia, 1-27 (1978)
- 2) Belcastro, A. N., A. Bonen ; Lactic acid removal during controlled and uncontrolled recovery exercise, *J. Appl. Physiol.*, **39**, 932-936 (1975)
- 3) Bonen, A., A. N. Belcastro ; Comparison of self-selected recovery methods on lactic acid removal rates, *Med. Sci. Sports*, **8**, 176-178 (1976)
- 4) Caldwell, J. E., H. Pekkarinen ; A comparison of the anaerobic threshold and blood lactate increases during cycle ergometry and free swimming, In Hollander, P., P. A. Huijing, G. de Groot (eds) : *Biomechanics and Medicine in Swimming*, Champaign, U. S. A., 235-243 (1982)
- 5) Cazorla, G., C. Dufort, J. —P. Cervetti, R. R. Montpetit ; The influence of active recovery on blood lactate disappearance after supra-maximal swimming, In Hollander, P., P. A. Huijing, and G. de Groot (eds) : *Biomechanics and Medicine in Swimming*, Champaign, U.S. A., 244-250 (1982)
- 6) Choi, D., K. J. Cole, B. H. Goodpaster, W. J. Fink, D. L. Costill ; Effect of passive and active recovery on the resynthesis of muscle glycogen, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **26**, 992-996 (1994)
- 7) Dodd, S., S. K. Powers, T. Callender, E. Brooks ; Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise, *J. Appl. Physiol.*, **57**, 1462-1465 (1984)
- 8) Gisolfi, C., S. Robinson, E. S. Torrel ; Effects of aerobic work performed during recovery from exhausting work, *J. Appl. Physiol.*, **21**, 1767-1772 (1966)
- 9) Hermansen, L., I. Stensvold ; Production and removal of lactate during exercise in man, *Acta. Physiol. Scand.*, **86**, 191-201 (1972)
- 10) Hermansen, L., S. Maehlum, E. D. R. Pruet, O. Naage, H. Waldum, T. Wessel-Aas ; Lactate removal at rest and during exercise, In Howald, H. and J. R. Poortmans (eds.) : *Metabolic Adaptation to Prolonged Physical*

- Exercise, Basel, Switzerland, Birkhauser Verlag., 101-105 (1975)
- 11) Hermansen, L. ; Effect of acidosis on skeletal muscle performance during maximal exercise in man, *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.*, **15**, 229-239 (1979)
  - 12) 池上晴夫, 稲沢見矢子, 近藤徳彦 ; 乳酸消失からみたクーリング・ダウンに関する研究—特に漸減強度の回復期運動の効果について, 筑波大学体育科学系紀要, **9**, 151-158 (1986)
  - 13) 黒川隆志, 野村武男, 富樫泰一, 池上晴夫 ; 水泳, ランニングおよびベダリングにおける水泳選手の呼吸循環器系の反応, 体力科学, **33**, 157-170 (1984)
  - 14) 駒井説夫, 白石龍生, 上林久雄 ; 短時間の激運動後の最大下運動が血中乳酸及び血清 FFA に及ぼす影響, 体力科学, **31**, 306-311 (1982)
  - 15) McGrail, J. C., A. Bonen, A. N. Belcastro ; Dependence of lactate removal on muscle metabolism in man, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **39**, 89-97 (1978)
  - 16) McMurray, R. G.; Effects of body position and immersion on recovery after swimming exercise, *Res. Quart.*, **40**, 738-742 (1969)
  - 17) Mitchell, J. B., J. S. Huston ; The effect of high- and low-intensity warm-up on the physiological responses to a standardized swim and tethered swimming performance, *J. Sports Sci.*, **11**, 159-165 (1993)
  - 18) Siebers, L. H., R. G. McMurry ; Effects of swimming and walking on exercise recovery and subsequent swim performance, *Res. Q. Exer. Sport*, **52**, 68-75 (1981)
  - 19) Stamford, B. A., R. J. Moffatt, A. Weltman, C. Maldonado, M. Curtis ; Blood lactate disappearance after supramaximal one-leg exercise, *J. Appl. Physiol.*, **45**, 244-248 (1978)
  - 20) Tesch, P., B. Sjodin, A. Thorstensson, J. Karlsson ; Muscle fatigue and its relation to lactate accumulation and LDH activity in man, *Acta. Physiol. Scand.*, **103**, 413-420 (1978)
  - 21) Thireiet, P., D. Gozal, D. Wouassi, T. Oumarou, H. Gelas, J. R. Lacour ; The effect of various recovery modalities on subsequent performance, in consecutive supramaximal exercise, *J. Sports Med. Phys Fitness*, **33**, 118-129 (1993)
  - 22) Weltman, A., B. A. Stamford, R. J. Moffat, V. L. Katch ; Exercise recovery, lactate removal, and subsequent high intensity exercise performance, *Res. Q. Exer. Sport*, **48**, 786-796 (1977)
  - 23) Weltman, A., B. A. Stamford, C. Fulco ; Recovery from maximal effort exercise, lactate disappearance and subsequent performance, *J. Appl. Physiol.*, **47**, 677-682 (1979)
  - 24) Weltman, A., J. D. Regan ; Prior exhaustive exercise and subsequent, maximal constant load exercise performance, *Int. J. Sports Med.*, **4**, 184-189 (1983)
  - 25) 山本正嘉, 山本利春 ; 激運動後のストレッチング, スポーツマッサージ, 軽運動, ホットパックが疲労回復におよぼす効果—作業能力および血中乳酸の回復を指標として, 体力科学, **42**, 82-92 (1993)