

腕の持久的トレーニング効果の全身作業能に  
及ぼす生理的貢献度  
—脚筋群を主体とした持久的競技における乳酸性作業閾値  
(LT) からみた腕作業能の評価とトレーナビリティ—

三重大学 征矢英昭  
(共同研究者) 同 彦井浩孝 脇田裕久  
同 八木規夫 高木英樹  
同 富樫健二 西端 泉  
同 浜中健二  
筑波大学 野村武男 生田泰士

**Physiological Contribution of the Effect of Endurance Arm  
Training to Work Capacity**  
—Evaluation of Work Capacity in Arm Cranking Based on Lactate Threshold  
and Arm Trainability for Endurance Leg-trained Man—

by

Hideaki Soya  
*Department of Health and Physical Education,  
Faculty of Education, Mie University*  
Hirotaka Hikoi  
*Graduate School, Mie University*  
Hirohisa Wakita, Norio Yagi, Hideki Takagi, Kenji Togashi  
*Department of Health and Physical Education,  
Faculty of Education, Mie University*  
Izumi Nishibata  
*College of Medicine and Science, Mie University*  
Kenji Hamanaka  
*Department of Psychiatry, School of Medicine, Mie University*

Takeo Nomura

*Institute of Health and Sports Science, Tsukuba University*

Yasushi Ikuta

*Graduate School, Tsukuba University*

## ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the work capacity in arm cranking based on lactate threshold (LT) and arm trainability for endurance leg-trained man. Eleven leg-trained (LTr), nine arm-trained (ATr) and eight untrained (UTr) subjects performed a progressive arm cranking test to exhaustion. Maximal power output (PO max) and LT in ATr were significantly higher than those in LTr and UTr. LTr attained a significantly higher PO max, but their LT was not significantly higher than that of UTr. Furthermore, the time to peak blood lactate (TPL) during recovery in ATr was significantly shorter than those in LTr and UTr.

In conclusion, these data suggested that the exhaustion in LTr before attainment to of maximal central response was due to the lower local work capacity seen in the LT, therefore, it is demonstrated that the arm trainability in LTr was higher.

## 要 旨

本研究の目的は、脚筋群主体の持久的トレーニングを行っている競技選手11名(LTr群)、腕筋群主体の専門的トレーニングを行うエリート競泳選手9名(ATr群)、トレーニングを行っていない者8名(UTr群)を対象に持久的腕作業能の評価を乳酸性作業閾値(lactate threshold: LT)を指標として試み、LTr群における腕筋群のtrainability\*の貢献度を横断的に検討することである。

腕クランキングにおける最大仕事量(maximal

power output: PO max)は、ATr群で有意に最も高く、LTr群においてUTr群より有意な高値を示した。LTは、ATr群で他の群より有意な高値を示したが、LTr群とUTr群との間に有意差は認められなかった。さらに、運動後回復期の血中乳酸(blood lactate: La)の拡散能を検討した結果、Laが最も高い値を示すまでの時間(time to peak La: TPL)がATr群で有意に短かった。

結論として、LTr群ではLTを指標とする局所的持久性が低いため、中枢応答が最大に達する前に局所の疲労によりall-outに致ったことが推

察され、LTr 群における腕筋群の trainability が高いことが示唆された。

\*trainability : トレーニング効果の可能性

## 緒 言

一般に、陸上中・長距離走競技や自転車競技などのような脚運動を主体とした競技では、主働筋である脚筋群を中心とした持久的トレーニングが実施されていることが多い。しかし、陸上競技の腕振りや自転車競技における上体の支持には腕筋群をはじめとした上体筋群の関与も少なくないことから、腕筋群の持久的作業能を見積もる必要性が示唆される。一方、水泳競技のように腕筋群の活動を主体とする競技では、腕筋群のトレーニングによって腕作業能の水準がより高いことが予想される。したがって、腕筋群トレーニングと比較して、脚運動を主体とする持久的トレーニングが腕作業能にどの程度の影響をもたらしているかを検討することは、陸上中・長距離走競技や自転車競技などのトレーニング処方を考える際の有用な情報を提供するものと考えられる。

本研究は、脚筋群主体の持久的トレーニングを行っている競技選手、腕筋群主体の専門的トレーニングを行っているエリート競泳選手およびまったくトレーニングを行っていない者を対象に、腕クランキングにおける作業能の評価を乳酸性作業閾値 (lactate threshold : LT) を指標として検討すること。また、LT および腕クランキング後回復期における血中乳酸 (blood lactate : La) 動態を群間で比較することにより、全身持久的トレーニングが腕作業能に及ぼす影響、さらには脚筋群主体の競技における腕および上体筋群の trainability の程度を横断的に検討することを目的とした。

## 1. 方 法

### 1.1 被検者

被検者は、健常な男子大学生 28 名を対象とした。その内訳は、規則的にトレーニングを行っている競泳選手 9 名、陸上競技中・長距離走選手 7 名、トライアスロン選手 2 名、自転車競技選手 1 名、ラグビー選手 1 名および習慣的な身体活動を行っていない者 8 名であった。このうち、主に脚筋群を主体とした持久的トレーニングを行っている者 11 名を脚トレーニング群 (leg-trained : LTr 群) とした。また、それに対して、腕筋群の活動を主体とする競泳選手 9 名を腕トレーニング群 (arm-trained : ATr 群) とし、トレーニングを行っていない者 8 名を非トレーニング群 (untrained : UTr 群) とした。各被検者には、あらかじめ実験の目的、手順および実験実施上の危険性などに関する説明を行い、紙面での承諾を得た。実験当日は健康状態を確認した上で異常の認められない被検者について実験を行った。また、被検者のトレーニング状況に関しては、アンケート調査により行った。各群の身体的特性および競技歴は、表 1 に示した。

### 1.2 実験手順

腕クランキングは、自転車エルゴメータ (Monark) を高さ 120 cm の鉄フレーム製ベンチの上に固定したものを使用して行った。被検者をエルゴメータの後部に固定された高さ 80 cm の椅子に座らせ、マットを用いて肩峰がエルゴメータのクランク軸の高さになるように調節した。自転車エルゴメータのペダルはクランキングが可能となるように改良して軸だけとした。また、運動中、上体の固定に必要な労力を最小限に抑えるため上体をシートベルトで固定し、さらに前腕の早期疲労を防ぐためにウエイトトレーニング用のストラップを用いてペダルと手を固定した。

腕クランキング漸増負荷テストのプロトコール (図 1) は、椅座位安静を 10 分間保たせた後、回転数 50 rpm で 4 分ごとに負荷を 12.5 w ずつ漸増させ、疲労困憊もしくは 5 rpm の遅れが生じる

まで継続させた。最初のステージにおける負荷は 0 w に設定した。ただし、UTr 群の一部に対しては負荷を 10 w ずつ漸増した。負荷テスト中、被検者は検者により常に鼓舞された。テスト終了後の回復期では椅座位安静を 20 分間保持させた。

### 1.3 測定項目

#### 1.3.1 LT

採血は、右足背静脈に留置した翼静針を介して、座位安静 10 分後および漸増負荷テスト中各ステージ終了 30 秒前に行った(図 1)。翼静針は、1% ヘパリン生理食塩水を満たした延長チューブおよび三方活栓と連結させ、一度に約 500  $\mu$ l ずつ採血した。また、継続的な採血を可能にするためテスト中は足部を温熱器(ヤシマ技研工業)で覆い保温した。採血後は直ちに自動乳酸微量分析器(YSI, model 2300)を用いて、全血中の乳酸(blood lactate: La)濃度を測定し、La と仕事量(power output: PO)との関係から回帰分析プログラムを用いて二本の回帰方程式を求め、その交点を LT として客観的に<sup>18)</sup>評価した。図 2 は、その代表例を示している。

#### 1.3.2 time to peak La: TPL

負荷テスト後回復期 20 分間において前半の 10 分間は 1 分ごとに、後半の 10 分間は 5 分ごとに採血を行った。La が最も高い値を示すまでに要した時間を TPL<sup>1)</sup>とした。

#### 1.3.3 血中乳酸除去率(La removal)

負荷テスト終了直後、右肘正中静脈から採血を行い、求めた La 濃度を腕部の最高血中乳酸濃度(arm La peak)<sup>1)</sup>とし、足背静脈から採血し求めた La 濃度の最高値を脚部の最高血中乳酸濃度

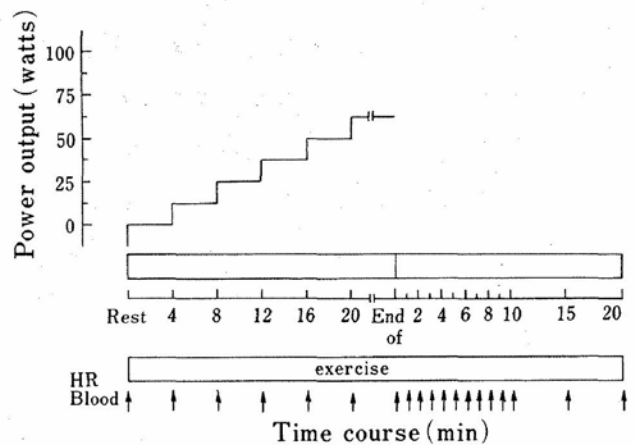


図 1 Experimental design for arm cranking test. Cranking rate set at 50 rpm

表 1 Physical characteristics and athletic activities of subjects

Group (n)	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Relative fat (%)	Athletic activities	
					d/w	speciality (n)
Untrained (8)						
Mean	25.1	170.1	64.2	15.5		
SD	1.9	8.3	8.7	4.8		
Leg-trained (11)					5	Local competitive endurance runners (7)
Mean	20.9 <sup>++</sup>	171.5	63.8	14.4	6	Competitive triathletes (2)
SD	1.2	5.8	7.2	2.8	6	National competitive cyclist (1)
					5	Football player (1)
Arm-trained (9)					6	National competitive swimmers (9)
Mean	20.0 <sup>++</sup>	178.2 <sup>**+</sup>	73.8 <sup>**+</sup>	13.7		
SD	1.2	3.4	7.5	3.3		

Significantly different from leg-trained at \*P<0.05, \*\*P<0.01 and untrained at +P<0.05, ++P<0.01

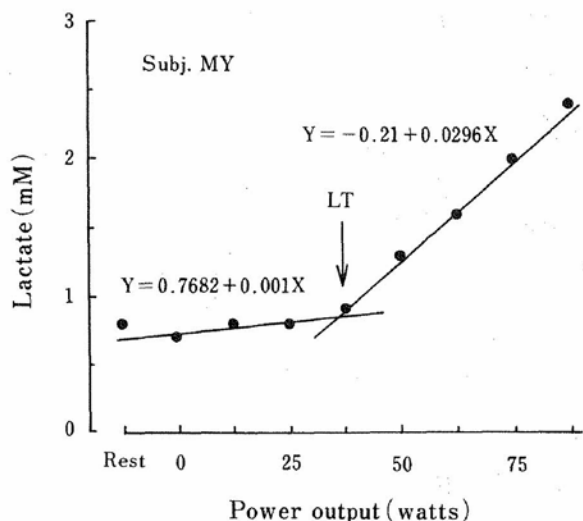


図2 Determination of lactate threshold.

(leg La peak)<sup>11)</sup>とした。また、Laの除去率の指標として、arm La peakとleg La peakの差をarm La peakで除した値をLa removal (La除去率)とした。

1.3.4 最高心拍数 (peak heart rate : HR peak)

運動時のHR peakを胸部双極誘導による携帯用心拍計 (Vine, Memory Mac, Heart rate memory system)を用いて測定した。

2. 結果

2.1 腕作業能の評価

表2は、各群の腕クランキングにおけるPO max, LTおよびHR peakを示している。PO maxは、ATr群は他の2群に比べそれぞれ有意な高値を示し、またLTr群はUTr群に対し、有意な高値を示した。HR peakは、LTr群がUTr群に比べ有意な高値を示した。LTは、絶対値お

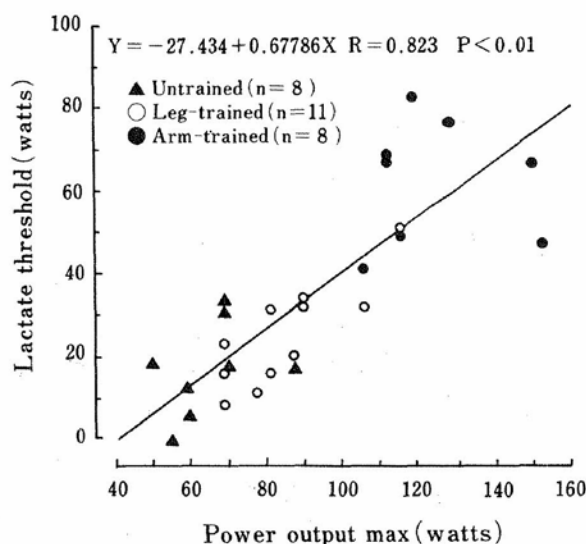


図3 Relationship between power output max and lactate threshold

表2 Physiological characteristics of subjects

Group (n)	PO max (w)	LT (w)	LT (%PO max)	HR peak (beats/min)
Untrained (8)				
Mean	64.9	17.1	26.0	182.6
SD	10.8	10.7	15.9	8.3
Leg-trained (11)				
Mean	85.1 <sup>++</sup>	25.2	28.6	166.5 <sup>+</sup>
SD	14.5	11.9	10.0	15.5
Arm-trained (9)				
Mean	128.3 <sup>**++</sup>	62.9 <sup>**++</sup>	51.2 <sup>**++</sup>	178.0
SD	18.8	13.9	12.5	10.2

Significantly different from leg-trained at \*P<0.05, \*\*P<0.01 and untrained at +P<0.05, ++P<0.01

よび PO max に対する相対値 (%PO max) ともに ATr 群が他の 2 群に比べ有意な高値を示したが, LTr 群と UTr 群との間に有意差は認められなかった。また, PO max と LT との間には, 有意な正の相関関係が認められた (図 3)。

## 2. 2 腕クランキング中における La 動態

図 4 A は, 各群の運動中の La の変動を示している。各群ともに La は PO の増加にともない指数関数的に増加する傾向が認められた。La の変動は UTr 群, LTr 群, ATr 群の順に大きい傾向にあり, PO が 37.5, 50, 62.5, 75, 87.5 w では

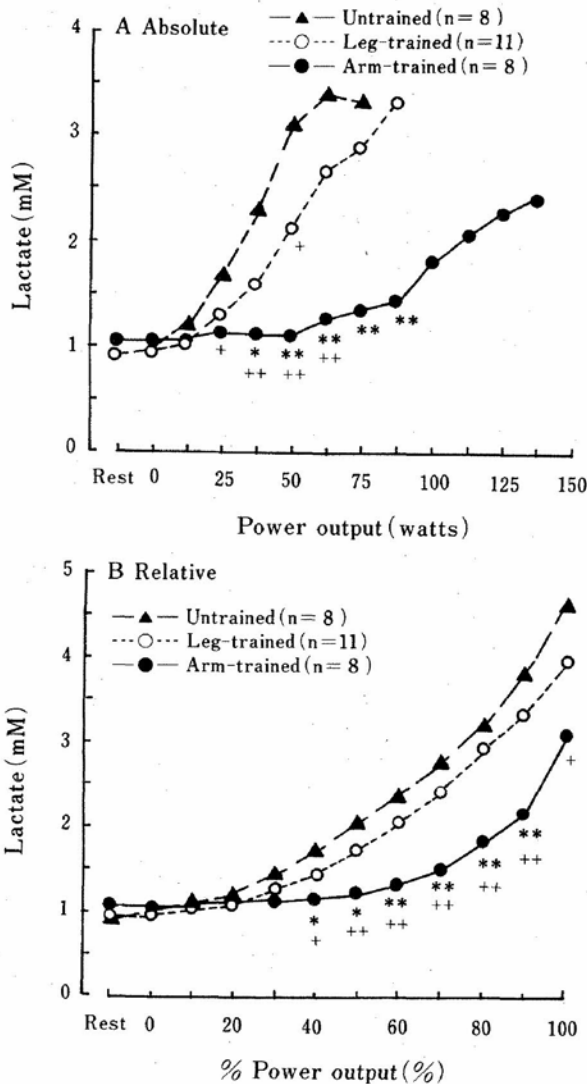


図 4 Blood lactate concentrations at rest and during arm cranking. Significantly different from leg-trained at \*P < 0.05, \*\*P < 0.01 and untrained at +P < 0.05, ++P < 0.01

ATr 群と LTr 群との間に, また, 25, 37.5, 50, 62.5 w では ATr 群と UTr 群との間にそれぞれ有意差が認められた。さらに, 50 w では LTr 群と UTr 群との間にも有意差が認められた。

図 4 B は, 運動中の La の変動を %PO max を用いて示している。LTr 群と UTr 群との間に有意差は認められなかったものの, ATr 群では %PO max が 40 ~ 90% 間で LTr 群との間に, また, 40 ~ 100% 間で UTr 群との間にそれぞれ有意な高値を示した。

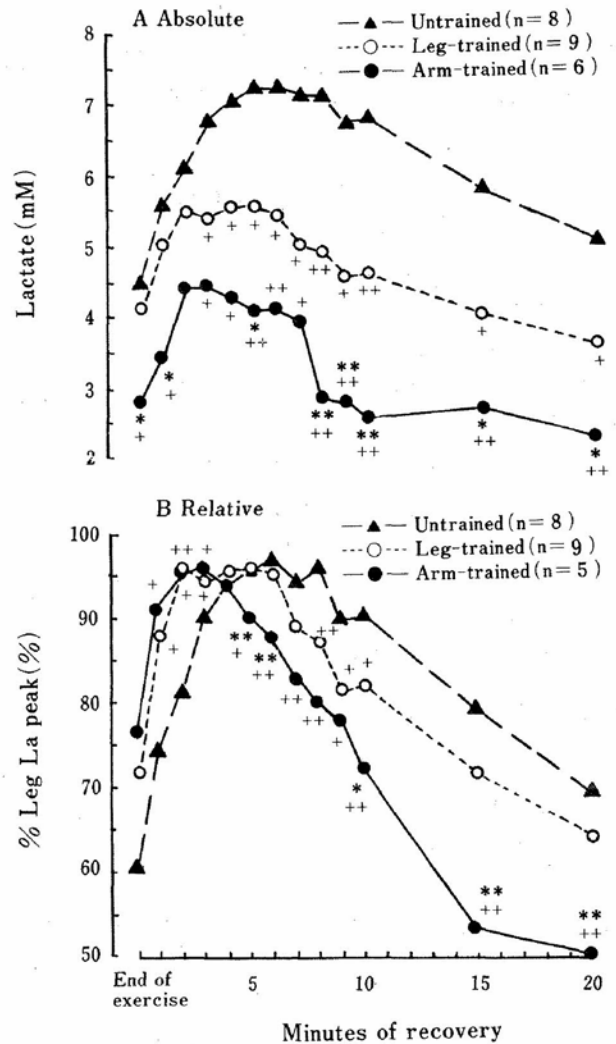


図 5 Time course of blood lactate concentrations following the end of arm cranking. Significantly different from leg-trained at \*P < 0.05, \*\*P < 0.01 and untrained at +P < 0.05, ++P < 0.01

表3 Lactate kinetics during recovery

Group (n)	TPL (min)	Arm La peak (mM)	Leg La peak (mM)	La removal (%)
Untrained (8)				
Mean	6.6	9.6	7.5	22.0
SD	1.0	1.5	2.0	9.3
Leg-trained (11)				
Mean	3.7+	7.7+	5.8++	27.0
SD	1.4	1.9	1.0	15.9
Arm-trained (9)				
Mean	2.0*++	6.4++	3.8**++	26.1
SD	1.1	2.5	0.7	3.8

Significantly different from leg-trained at \*P<0.05, \*\*P<0.01 and untrained at +P<0.05, ++P<0.01

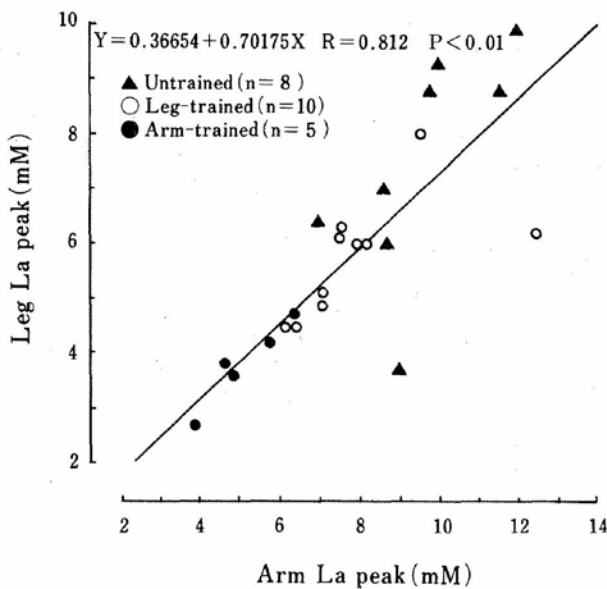


図6 Relationship between arm La peak and leg La peak

### 2.3 腕クランキング後回復期における

#### La 動態

図5Aは、各群の運動終了直後から20分までのLaの変動を示している。各群ともに運動後もLaは上昇し続け、ピークに到達した後下降していく傾向にあった。運動終了直後および終了後のLa濃度は、ATr群が他の2群に比べ高値を示し、とくに1, 5, 8~20分ではATr群、LTr群と

の間に、運動終了直後および終了後3~20分ではATr群とUTr群との間にそれぞれ有意差が認められた。また、終了後3~20分ではLTr群がUTr群に対し有意な高値を示した。

図5Bは、運動終了直後から20分までのLaの変動をLeg La peakに対する相対値(%leg La peak)を用いて示している。Laの変動は、ATr群、LTr群、UTr群の順に右傾する傾向にあった。とくに、ATr群ではLaの減少が迅速な傾向にあった。しかし、これにはLaの絶対量の影響が関与していると考えられるため、その影響を取り除く必要から共分散分析を行った結果、有意差は認められなかった。

表3は、各群の回復期におけるTPL, arm La peak, leg La peakおよびLa removalを示している。TPLは、ATr群が他の2群に比べ有意な低値を示し、またLTr群はUTr群に対し有意な低値を示した。arm La peakは、ATr群、LTr群ともにUTr群に比べそれぞれ有意な低値を示した。leg La peakは、ATr群が他の群に比べ有意な低値を示し、またLTr群はUTr群に対し有意な低値を示した。また、arm La peakとleg

La peak との間には、有意な正の相関関係が認められた (図6)。La removal は、各群間に有意差は認められなかった。

### 3. 考 察

本研究では、持久的トレーニングの部位特異性により分類した健全な男子大学生を対象に、腕クランキングにおける持久的腕作業能の評価をLTを指標に用いて検討した。腕クランキングには、先行研究<sup>2,6,7,13,15,16,17,19,20</sup>と同様に自転車エルゴメータを改良した装置を用いた。

最大腕クランキングにおける PO max は ATr 群で最も高い値を示し、LTr 群では UTr 群より高値を示したが、これらの結果は、いずれもこれまでの報告<sup>10,16,21</sup>と比較して低いものであった。本研究では、LT を求める必要から、負荷の漸増時間を La の定常状態が得られると考えられる4分とした。しかし、これは先行研究における最大腕作業テストで漸増時間が、2分<sup>21</sup>、3分<sup>10,16</sup>であることからみると長く、総作業時間が長引くことによる早期の疲労やエネルギー枯渇が生じ、結果的に PO max が低い値を示した可能性も否定できない。

また、腕クランキングにおける作業能を LT を

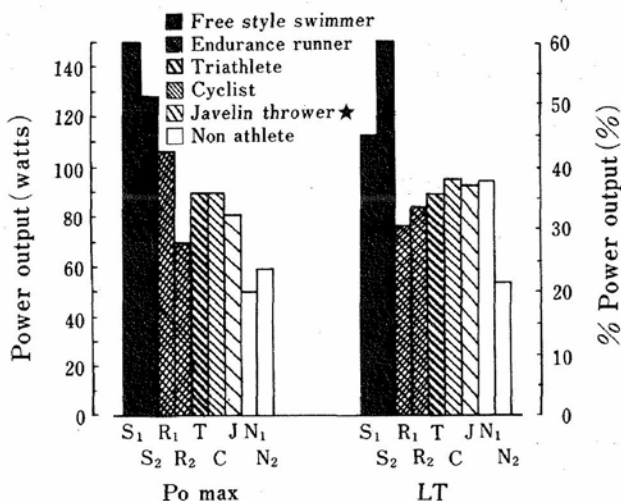


図7 Comparisons of PO max and LT among representative athletes and control subjects  
★: did not belong any group in the present study

指標にして評価し、ATr 群で有意な高値を示すことを明らかにした。一方、LTr 群では UTr 群より高値を示したものの、有意差は認められなかったことから、腕クランキングにおける LT は系統的かつ継続的な腕筋群トレーニングによってのみ向上することが示唆される。図7には、各群の代表例を示した。

PO max および LT は、長距離走選手 (R1, R2)、トライアスロン選手 (T)、自転車競技選手 (C) では非トレーニング者 (N1, N2) よりは高値を示す傾向にあるものの、競泳選手 (S1, S2) と比較して低値を示している。さらに、やり投げ選手 (J) の一例もあわせて示したが、上体筋群のトレーニングによる筋力、パワーの増大が推察されるにもかかわらず S1, S2 と比較すると低値を示した。このことは、筋力やパワーなどのトレーニングは持久的腕作業における PO max や LT の改善には貢献しないことを示唆している。

Pendergast ら<sup>11</sup>の報告によると、腕筋群のよくトレーニングされたカヤック選手の腕クランキング時の  $\dot{V}_{O_{2max}}$  は、非トレーニング群と比較して高く、この要因として筋量よりもむしろ筋内のミトコンドリア密度や酸化酵素活性、毛細血管密度などの局所性因子の適応的増大を指摘している。しかし、LTr 群の PO max が、とくに腕筋群が持久的にトレーニングされていないにもかかわらず UTr 群より高い値を示したことは、多くの研究者<sup>4,5,8,14</sup>が腕作業におけるトレーニング効果は腕トレーニングでは顕著に生じるものの、脚トレーニングではほとんど生じなかったという報告からも支持される。おそらく、腕筋群という局所の持久性よりもむしろ脚筋群を主体とした持久的トレーニングによる中枢の持久性の増大によるところが大きいと考えられる。

ところで、HR peak は、LTr 群で最も低い値を示した。さらに、被検者の年齢をもとに推定した最大心拍数 (HR max, 220 beats/min-age)



からみると、LTr群で70～90% HR maxであるのに対して、UTr群では90～100% HR maxの範囲にあった。また、arm La peakからみると、UTr群ではその値が9.6 mMときわめて高い値を示していることから、本研究での負荷法に問題があるとは必ずしも言えない。また、ATr群においてはHR peakが最大近く（80～95% HR max）まで到達していることから、運動にともなって中枢と局所の応答性が並行して亢進したことが予想される。したがって、LTr群では脚筋群主体の持久的トレーニングによる中枢の持久性の増大によりPO maxがUTr群と比較して高値を示したが、局所的持久性（LT）が低いため中枢応答が最大に達する前に局所の疲労が生じ運動継続が困難になった可能性も考えられる。したがって、LTr群は腕筋群のさらなる持久性の獲得が必要であり、LTr群における腕筋群のtrainabilityが高いことが示唆される。

また本研究では、PO maxとLTとの間に有意な相関関係が認められ、LTがPO maxの高低に依存することが推察された。しかし、LTを%PO maxであらわすと、ATr群および他の群との間に同様に有意差が認められた。また、運動中のLaの変動を%PO maxで示した場合、LTr群とUTr群との間に有意差は認められなくなったものの、ATr群と他の群との間にそれぞれ同様に有意差が認められたことから、ATr群のLTにはPO max以外の因子が影響している可能性が示唆される。

その一因として、高度な腕筋群トレーニングはLaの酸化代謝能の増大をもたらすとされている<sup>15)</sup>ことから、Laの拡散や除去能の影響が考えられる。本研究では、それらの指標としてTPL<sup>1)</sup>およびLa removalを検討し、各群のTPLはATr群で最も短いことが明らかとなった。これに関して、Bassettら<sup>1)</sup>は脚ペダリング後回復期におけるTPLはトレーニング群で有意に短い傾向がある

り、その要因として筋の毛細血管密度および血流量（muscle blood flow : MBF）の増大をあげている。

一方、運動中、筋で産生されたLaは採血部位に到るまでに活動筋あるいは休止筋や内臓、その他の組織に拡散され除去されると報告されている<sup>3)</sup>。本研究ではLa除去能の指標としてLa removalを検討したが、各群間に有意差は認められなかった。また、各群の回復期におけるLaの変動を検討したところ、とくにATr群ではLaの除去に迅速な傾向が認められた。しかし、leg La peakの絶対値の高低の影響を共分散分析によって除去し検討した結果、有意差は認められず、またarm La peakとleg La peakとの間に有意な正の相関関係が認められたことから、La除去能にはトレーニング効果が影響しないと考えられた。これらの結果から腕筋群のトレーニングは腕クランキング後回復期のLaの拡散能の増大には貢献するものの、除去能には影響しないと考えられ、Bassettら<sup>1)</sup>の報告とも一致した。しかし、筋におけるLaは筋活動によって除去あるいは消費されるとされている<sup>3,10)</sup>ことから、本研究のような安静状態ではLa除去能に差が認められなかったとしても妥当であると考えられる。

したがって、運動中および筋活動をともなった回復時の場合では、トレーニング効果がLa除去能を高めることに貢献する可能性もある。しかし、運動中のLa拡散能がトレーニング効果の影響を受けるか否かは明らかでない。また、本研究で得られた傾向が逆に脚ペダリングもしくは脚筋群トレーニングによってももたらされるものか、あるいは腕クランキングもしくは腕筋群トレーニングによってのみ特異的にもたらされるものかについても明らかでなく、現在検討中である。

## 結 論

脚筋群を主体とした持久的トレーニングを行っ

ている競技選手、腕筋群主体の専門的トレーニングを行っているエリート競泳選手およびトレーニングを行っていない者を対象に、腕クランキングにおける持続的腕作業能の評価をLTを指標に用いて検討した結果、以下の知見を得た。

1) 腕クランキングにおけるLTは、系統的かつ継続的な腕筋群トレーニングによってのみ向上することが示唆された。

2) LTr群では、全身持久性に相応するより高度な腕筋群の持久性の獲得が必要とされ、腕筋群のtrainabilityが高いことが示唆された。

3) ATr群では、腕クランキングにおけるLTが高く、高度な腕筋群トレーニングは回復期のLaの拡散能を向上させ、それがLT増大の一要因となる可能性が示唆された。

#### 文 献

- 1) Bassett, D. R., Jr., P. W. Merrill, F. J. Nagle, J. C. Agre, R. Sampedro ; Rate of decline in blood lactate after cycling exercise in endurance-trained and-untrained subjects, *J. Appl. Physiol.*, **70** (4) 1816-1820 (1991)
- 2) Bobbert, A. C. ; Physiological comparison of three types of ergometry, *J. Appl. Physiol.*, **15** (6) 1007-1014 (1960)
- 3) Brooks, G. A. ; The lactate shuttle during exercise and recovery, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **18** (3) 360-368 (1986)
- 4) Cerretelli, P. D., W. C. Paganelli, D. W. Rennie ; Effects of specific muscle training on  $\dot{V}_{O_2}$  on-response and early blood lactate, *J. Appl. Physiol., Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **47** (4) 761-769 (1979)
- 5) Clausen, J. P., K. Klausen, B. Rasmussen, J. T. Jensen ; Central and peripheral circulatory changes after training of the arms or legs, *Am. J. Physiol.*, **225** (3) 675-682 (1973)
- 6) Davis, J. A., P. Vodak, J. H. Wilmore, J. Vodak, P. Kurtz ; Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise, *J. Appl. Physiol.*, **41** (4) 544-550 (1976)
- 7) Hooker, S. P., C. L. Wells, M. M. Manore, S. A. Philip, N. Martin ; Differences in epinephrine and substrate responses between arm and leg exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **22** (6) 779-784 (1990)
- 8) Klausen, K., B. Rasmussen, J. P. Clausen, J. T. Jensen ; Blood lactate from exercising extremities before and after arm or leg exercise, *Am. J. Physiol.*, **227** (1) 67-72 (1974)
- 9) McArdle, W. D., J. R. Magel, D. J. Delio, M. Toner, J. M. Chase ; Specificity of run training on  $\dot{V}_{O_2\max}$  and heart rate changes during running and swimming, *Med. Sci. Sports*, **10** (1) 16-20 (1978)
- 10) McLoughlin, P., N. McCaffrey, J. B. Moynihan ; Gentle exercise with a previously inactive muscle group hastens the decline of blood lactate concentration after strenuous exercise, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **62**, 274-278 (1991)
- 11) Nagle, F. J., J. P. Richie, M. D. Giese ;  $\dot{V}_{O_2\max}$  responses in separate and combined arm and leg air-braked ergometer exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16** (6) 563-566 (1984)
- 12) Pendergast, D., P. Cerretelli, D. W. Rennie ; Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise, *J. Appl. Physiol.*, **47** (4) 754-760 (1979)
- 13) Pimental, N. A., M. N. Sawka, D. S. Billings, L. A. Trad ; Physiological responses to prolonged upperbody exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16** (4) 360-365 (1984)
- 14) Rasmussen, B., K. Klausen, J. P. Clausen, J. T. Jensen ; Pulmonary ventilation, blood gases, and blood pH after training of the arms or the legs, *J. Appl. Physiol.*, **38** (2) 250-256 (1975)
- 15) Sawka, M. N., D. S. Miles, J. S. Petrofsky, S. W. Wilde, R. M. Glaser ; Ventilation and acid-base equilibrium for upper body and lower body exercise, *Aviat. Space Environ. Med.*, **53** (4) 354-359 (1982)
- 16) Sawka, M. N., M. E. Foley, N. A. Pimental, M. M. Toner, K. B. Pandolf ; Determination of maximal aerobic power during upper-body exercise, *J. Appl. Physiol., Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **54** (1) 113-117 (1983)
- 17) Secher, N. H., J. P. Clausen, K. Klausen, I. Noer, J. T. Jensen ; Central and regional circulatory effects of adding arm exercise to leg exercise, *Acta. Physiol. Scand.*, **100**, 288-297 (1977)

- 18) 征矢英昭, 彦井浩孝, 西端 泉, 浜中健二; 腕作業中の血中乳酸変動, 三重大学教育学部自然科学研究紀要 (印刷中)
- 19) Stenberg, J., P. O. Astrand, B. Ekblom, J. Royce, B. Saltin ; Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine, *J. Appl. Physiol.*, **22** (1) 61-70 (1967)
- 20) Toner, M. M., M. N. Sawka, L. Levine, K. B. Pandolf ; Cardiovascular responses to exercise distributed between the upper and lower body, *J. Appl. Physiol., Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **54** (5) 1403-1407 (1983)
- 21) Toner, M. M., E. L. Glickman, W. D. Mcardle ; Cardiovascular adjustments to exercise distributed between the upper and lower body, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **22**, (6) 773-778