

原 著

広範囲の負荷設定で30秒間全力自転車駆動を実施した時のパフォーマンスと血中乳酸濃度との関係

三秋欣彦*1 脇本敏裕*1 中嶋雅子*2 長尾光城*3 松枝秀二*4 長尾憲樹*5

要 約

本研究は、広範囲の異なる負荷設定で30秒間の全力自転車駆動をした際に負荷設定の違いがパフォーマンスと運動後の血中乳酸濃度に及ぼす影響とその関係を明らかにすることを目的とした。本研究の被験者は、日常的にトレーニングをしている大学運動部員男性6名であった。30秒間の全力自転車駆動は、電磁ブレーキ式自転車エルゴメータを用い、体重の3.7%、5.6%、7.5%、9.4%、11.3%の負荷条件で実施した。その結果、負荷の違いによる血中乳酸濃度に有意差はみられなかった。また、酸素摂取量、二酸化炭素産出量、換気量、そして有酸素性エネルギー貢献度についても各負荷間で有意差はなかった。したがって、30秒の無酸素性最大努力運動における負荷条件の違いは、運動後の血中乳酸濃度、運動時の呼吸代謝と有酸素エネルギー貢献度に影響を及ぼさないことが示唆された。しかしながら、最高回転数と平均パワーの積と血中乳酸濃度の間には有意な相関関係($r = 0.91$)がみられ、速度とパワー要素の兼ね合いが、血中乳酸濃度に反映されていることが考えられた。

緒 言

無酸素性能力の評価方法の1つとして、自転車エルゴメータを利用した Wingate Anaerobic test (WAnT)¹⁾がある。WAnTは、筋パワー、筋持久力、疲労性の評価ができ、再現性のある標準法として生理学的な分析や超最大運動に対する反応を知る²⁾上で広く用いられている。WAnTに用いられる負荷は、可能な限りピークパワー(PP)と平均パワー(MP)を最大にする目的で至適負荷が設定されており、WAnTに用いられる体重の7.5%(7.5% BW)という負荷は、日ごろトレーニングをしていない若年小集団のデータより作成されたものである²⁾。Pattonら³⁾は、PPを最大にするには9.6% BWの負荷、MPを最大にするには9.4% BWの負荷が適していると述べており、今日に至るまで、負荷選択やテスト時間の選択など、種目特性にあわせてオリジナルのWAnTの様々な修正プログラムが用いられてきた⁴⁻⁸⁾が、成人男性については、7.5%~10% BW程度の負荷が多く用いられている。一方、WAnT時の代謝は、Pattonら³⁾が示したように、高負荷時にパワーが最大になった場合低負荷時よりも高負荷時

の方が動員される速筋線維を主とした筋量も多く、解糖系のエネルギー供給量増加によって血中乳酸濃度が高くなることが考えられる。Shlichtら⁹⁾は、陸上の短距離選手が300mを最高スピードの82.5%以上で走行した時、運動強度の増加に伴い、運動後の血中乳酸濃度が増加したとしている。負荷強度と血中乳酸濃度の関係について、Gastinら¹²⁾は、負荷設定が、6.5% BWから9.5% BWの間における60秒間の全力自転車駆動では、運動後の血中乳酸濃度は、負荷が高いほど僅かに高い傾向であったが、有意な差はなかったとしている。また、60秒から120秒の全力自転車駆動では、運動後の血中乳酸濃度のピーク値が全て同等になるという報告¹⁰⁾や30秒から60秒までの全力自転車駆動においては、駆動時間が長い方が血中乳酸濃度が高くなる傾向であるが、有意差はないという報告¹¹⁾もみられる。無酸素性のエネルギー供給が重要となる競技において、解糖系へのトレーニング効果を最大限に得ることを目的とした場合には、運動形態や、時間、負荷強度などが血中乳酸濃度に及ぼす影響、およびその決定要因を明確にしておくことで、トレーニングの強度や頻度、時間を決めるうえで有用な情報となるものと考

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻 *2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻

*3 川崎医療福祉大学 医療福祉学部 保健看護学科 *4 川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床栄養学科

*5 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(連絡先)三秋欣彦 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

えられる。しかしながら、無酸素性運動時の運動時間や強度の違いによるパフォーマンスと運動後の血中乳酸濃度の関係については、未だ明確ではない。そこで本研究は、極端な低負荷や高負荷を含む5種類の負荷を設定し、全力自転車駆動を行うことにより、その負荷設定の違いがパフォーマンスと運動後の血中乳酸濃度に及ぼす影響、およびその関係について明らかにすることを目的とした。

方 法

1. プロトコル

被験者は、日頃からトレーニングを継続しており、自転車駆動になれている心身ともに健康な大学男子運動部員6名(年齢 21 ± 2 歳、平均 \pm 標準偏差)とした。体組成は、水中体重秤量法¹³⁾により測定し、体脂肪率はBrožekの式¹³⁾に代入して算出した。各被験者の身体的特徴は、身長 171.7 ± 4.8 cm、体重 66.0 ± 4.1 kg、体脂肪率 $7.1 \pm 1.8\%$ であった。被験者には、実験についての方法と詳細、危険性について口頭で説明した。理解を得た後、自発的に実験に参加してもらった。実験は被験者の意思によっていつでも辞退できるものとした。測定は、電磁ブレーキ式自転車エルゴメータ(パワーマックスVII, コンビ社製)を用い、3.7%、5.6%、7.5%、9.4%、11.3% BWの合計5種類の負荷で30秒間の全力自転車駆動を行った。測定の順番は、ランダムであるが、同一日に全員、同じ負荷設定で実施した。各測定間隔は、最低24時間以上とし、すべての測定が2週間以内に終わるようにした。測定日以外は激しい身体活動を避け、測定日に疲労を残さないよう指示した。また、測定当日は測定前の身体活動を禁止した。実験は、ウォーミングアップの後、測定時と同じ負荷で7秒間の全力駆動を1~2回行い、10~20分の休憩をさせた後、30秒間の全力自転車駆動を行った。被験者には、運動開始から30秒間、最大努力により駆動すること、運動中サドルから腰を浮かせないことを指示し、運動中は周りの者が声援し最大努力を促した。サドルの高さは、最もこぎやすいと思われる高さを被験者が選び、すべての測定をその高さで統一した。実験前日に飲酒やサプリメントの摂取がない事を確認し、測定は、負荷条件間で血中乳酸濃度に食事の影響が出ないように、食後2時間30分~3時間の間に行った。

2. 血中乳酸濃度測定

血中乳酸濃度の測定には、手指をエタノール消毒の後穿刺し、簡易血中乳酸測定器(ラクテートプロ、

アークレイ社製)を用いて実施した。測定前の血中乳酸濃度は、7秒間の全力自転車駆動の後、10分以上休憩し、2~3回測定後、最低値を採用した。また、運動終了後3、5、7、9、12、15分に血中乳酸濃度を測定した。板橋ら¹⁴⁾によると、当測定器は、乳酸濃度が高い場合に実際よりも低値を示す可能性があるため、3分から12分までの血中乳酸値の和を乳酸時間和(Lactic time summation: LTS値)、各血中乳酸濃度から測定前の血中乳酸濃度を引いたものを Δ LTS値と定義して評価した。

3. 有酸素エネルギー貢献度

呼吸代謝測定はVmax229(Sensor Medics社製)を用いて実施した。全ての測定前に、既知濃度の標準ガスによりO₂アナライザとCO₂アナライザの較正と、既知の大気体積を用いたフローセンサの較正を実施した。測定はbreath-by-breath法で実施し、得られたパラメータは、Vmax229に内蔵されている独自のアルゴリズムによって10秒平均したものをを用いた。サドルに座った状態で安静3分後、30秒間の全力自転車駆動を行い、直ちに仰臥位にて安静にし、自転車駆動終了15分後まで行った。

安静時酸素摂取量を 3.5 ml/kg/min として運動時から安静時の酸素摂取量を差し引き算出した30秒間の純酸素摂取量を $\text{Net VO}_2 (\text{L})$ ¹⁵⁾とし、30秒間の運動中のエネルギー消費量を炭水化物が、100%酸化したと仮定し、酸素1リットルあたり 21.11 kJ (5.05 kcal)¹⁶⁾として Net VO_2 をエネルギー換算した。有酸素エネルギー貢献度を delta Efficiency により算出した運動時の機械的効率(25%)と Net VO_2 により計算した¹⁷⁾。30秒間の全力自転車駆動による総エネルギー需要量(kJ)は、30秒間のMPより算出した。有酸素性エネルギー貢献度は、30秒間の仕事を完遂するのに必要な総エネルギー量に対する割合(%)で表した。

4. 統計と解析処理

表2については、相対負荷強度を独立変数、最大PP、最大MPを従属変数として最小二乗法による二次回帰で各被験者の相対負荷強度(%BW)を予測した。それ以外のそれぞれの負荷における各指標の比較については、一元配置の繰り返しのある分散分析を行い、F値が有意なものに対してTukey-Kramerのpost-hocテストにより群間の平均値の差を検定した。また、単相関関係については、ピアソンの積率相関を用いた。なお駆動時の速度と力を併せたものと血中乳酸濃度を比較するために、回転数とパワーの積によって、速度に重みづけをした任意の数

値 (RP 値) を評価指標として用いた (式 1)。本研究では、運動時の MR (最高回転数) と MP の積を用いた。この積の負荷条件毎の平均値と LTS および ΔLTS 値の平均値との相関を比較した。いずれも有意水準は 5% 未満とした。

$$\text{式 1) } RP = R \times P = V^2 \times F$$

RP: 回転数とパワーの積, R: 回転数, P: パワー, V: 速度, F: 力

結 果

各被験者の測定時の MR, PP, MP の絶対値と相対値を表 1 に示した。11.3% BW までは、負荷強度の増加に伴い PP, MP 等のパワーが高くなる傾向がみられた。各被験者の 5 種類の相対強度とその

時のパワーとの関係について、二次回帰による最大 PP, 最大 MP の予測値を表 2 に示した。このときの最大 PP の相対負荷%は、11.7±1.7% BW, 最大 MP の相対負荷%は、10.5±0.8% BW であり、被験者 6 名中で予測された最大 PP の最高値は、14.4% BW, 最大 MP では、11.5% BW であった。

血中乳酸濃度について、MP の相対値と ΔLTS 値には、有意な相関関係はみられなかった。また、3.7% BW や 11.3% BW は、5.6% BW から 9.4% BW と比べてやや血中乳酸濃度が、低値を示したが、負荷の違いによる血中乳酸濃度にも差はみられず、LTS, ΔLTS 値のどちらも各負荷間に有意差はなかった (表 3)。次に RP 値と LTS, ΔLTS 値との比較について、いずれにおいても有意な相関があり、[MR と MP の積] と LTS 値との相関が最も高く (r = 0.939), 最も低いもので [MR と MP の相対値の積]

表 1 各負荷で 30 秒間の全力自転車駆動をした時の出力結果

	MR (rpm)	PP (W)	PP/kg (BW) (W/kg)	PP/kg (LBM) (W/kg)	MP (W)	MP/kg (BW) (W/kg)	MP/kg (LBM) (W/kg)
3.7%BW	215.7±10.8	520.5±28.4	7.6±0.4	8.4±0.4	436.8±20.6	6.4±0.3	7.1±0.4
5.6%BW	192.5±10.7	727.3±65.2	10.6±1.0	11.8±1.3	579.5±46.3	8.4±0.7	9.4±0.9
7.5%BW	175.7±10.9	862.8±60.0	12.6±0.9	14.0±1.0	671.3±48.3	9.8±0.7	10.9±0.8
9.4%BW	153.5±11.5	946.3±69.6	13.8±1.0	15.5±1.1	708.8±57.8	10.3±0.8	11.5±0.9
11.3%BW	132.3±11.7	981.2±102.4	14.3±1.5	15.9±1.6	718.7±75.4	10.5±1.1	11.6±1.1
Significance Comparisons (P<0.05);	ABCDEFGHIJ	ABCDEFGFI	ABCDEFGFI	ABCDEFGFI	ABCDEF	ABCDEF	ABCDEF

Comparisons (P<0.05);

A: 3.7%BW vs 5.6%BW; B: 3.7%BW vs 7.5%BW; C: 3.7%BW vs 9.4%BW; D: 3.7%BW vs 11.3%BW; E: 5.6%BW vs 7.5%BW

; F: 5.6%BW vs 9.4%BW; G: 5.6%BW vs 11.3%BW; H: 7.5%BW vs 9.4%BW; I: 7.5%BW vs 11.3%BW; J: 9.4%BW vs 11.3%BW

Values are expressed as Mean ± SD, n = 6.

MR: Maximal Revolution, PP: Peak Power, MP: Mean Power

表 2 二次回帰により最大 PP, 最大 MP を予測した時の各被験者の相対負荷強度 (%BW)。R² は、決定係数。

	%BW	PP	R ²	P value	%BW	MP	R ²	P value
	%	W			%	W		
A	11.8	1037.6	0.992	0.0083	10.8	773.1	0.995	0.0055
B	11.0	1003.3	0.979	0.0212	10.2	749.7	0.981	0.0185
C	10.6	866.2	0.999	0.0007	10.7	671.5	1.000	0.0003
D	9.7	918.3	0.989	0.0108	9.1	684.6	0.998	0.0017
E	14.4	1004.1	0.997	0.0029	10.8	652.6	0.990	0.0100
F	12.7	1138.1	1.000	0.0002	11.5	821.5	0.999	0.0006
Mean±SD	11.7±1.7	994.6±94.8			10.5±0.8	725.5±66.3		

PP: Peak Power, MP: Mean Power

表 3 LTS, ΔLTS 値として比較した各負荷間での運動後の血中乳酸濃度の比較

	3.7%BW	5.6%BW	7.5%BW	9.4%BW	11.3%BW
LTS	85.9±15.6	92.1±17.6	92.6±12.0	92.7±13.2	87.6±14.8
ΔLTS	76.9±16.9	84.3±16.1	84.9±10.1	85.5±13.9	79.7±15.8

Values are expressed as Mean ± SD, n = 6.

Significance: N.S.

と Δ LTS 値間で $r = 0.91$ であった (表 4) . [MR と MP の相対値の積] と Δ LTS 値の相関を図 1 に示した . RP 値は , 絶対値および相対値のいずれにおいても , 7.5% BW の時に最も高く , LTS 値 , Δ LTS 値も高かった . また , 3.7% BW , 11.3% BW 時で RP 値および LTS 値 , Δ LTS 値が低かった .

表 4 各負荷で30秒間の全力自転車駆動を実施した時の最高回転数と平均パワーの積 (絶対値と相対値) の平均値と LTS , Δ LTS 値の平均値との相関係数の表

	LTS	Δ LTS
MR × MP	0.939 *	0.911 *
MR × MP/kg	0.938 *	0.910 *

* $p < 0.05$

MR : Maximal Revolution, PP : Peak Power, MP : Mean Power, $n = 6$.

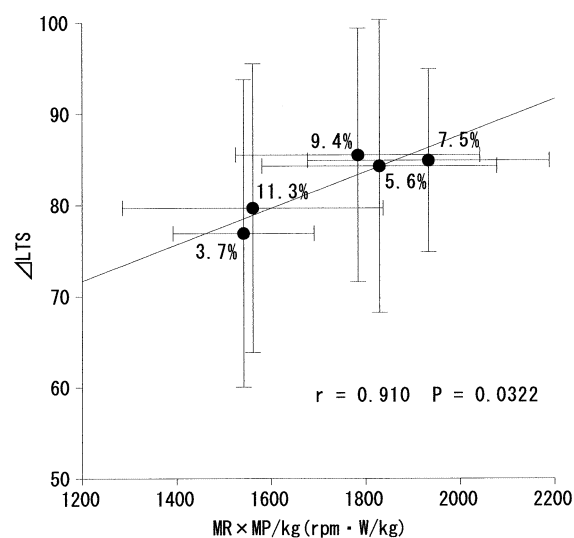


図 1 最高回転数 (MR) と平均パワー (MP) の相対値の積により算出した RP 値と Δ LTS 値との相関

呼吸代謝測定において運動中の酸素摂取量 , 二酸化炭素産出量 , 換気量には , 負荷の違いによる差はなかった (表 5) . また運動中の有酸素性エネルギー貢献度は , 3.7% BW で高くなる傾向であったが , 負荷の違いによって有意な差はなかった (表 6) . 30秒間の仕事量は , 負荷が高くなるにつれて高くなり , 3.7% BW とそれ以外 , 5.6% BW とそれ以外の負荷との間には有意な差があった (表 6) . 各負荷での全力自転車駆動における , 運動中 (30秒間) の有酸素性エネルギー貢献度と LTS 値および Δ LTS 値と

の間には , 有意な相関関係はなかった .

考 察

現在まで負荷設定とパワーの関係は , 放物線を描く³⁾とされており , 最大 PP , 最大 MP を二次回帰により予測した結果 (表 2) , 相対負荷強度の予測値の平均は最大 PP が 11.7% BW , 最大 MP が 10.5% BW となり , どちらも 10% BW 以上に予測された . Patton ら³⁾ は , PP を最大にするには 9.6% BW の負荷 , MP を最大にするには 9.4% BW の負荷 , 男子体育学生とナショナルチームの選手においては , 被験者のグループ平均で 9.7% BW の負荷時に MP の最大値が得られているものもある¹⁸⁾ . 本研究においては , 成人の競技選手におけるパワーは , 負荷が体重の 10% 付近か , それ以上の時に最大となった . また , 最大で 14.4% BW の負荷で駆動した時に最大 PP を迎えると予測されている者もあり , 競技選手の中でも体重やトレーニング内容 , 駆動技術などの要因によって PP , MP を最大にする相対負荷強度がかなり高くなる者が存在することが考えられ , アスリートでは 12% BW を超えるという McArdle ら¹⁶⁾ の知見と一致する .

負荷強度の違いが血中乳酸濃度に与える影響について Gastin ら¹²⁾ は , 6.5%~9.5% BW で 60秒間の全力自転車駆動をしたところ , 高負荷の方が僅かに血中乳酸濃度が高い傾向を示したが血中乳酸濃度に有意差はなかったと述べている . また , 30秒から 60秒までの全力自転車駆動においては , 駆動時間が長い方が血中乳酸濃度が高くなる傾向であるが , 有意差はないという報告¹¹⁾ もみられる . 本研究では , 3.7% BW と 11.3% BW は , 5.6% BW から 9.4% BW と比べてやや血中乳酸濃度が , 低値を示したが , 有意な差はなかった (表 3) . 全力自転車駆動をした時の強度と時間が血中乳酸濃度に及ぼす影響について , 運動後の血中乳酸濃度に差がないのは , 筋中の乳酸が血中乳酸濃度に正確に反映されていないことが原因であると考えられている^{11,12)} . さらに , 筋中で産生された乳酸が , 心臓 , 肝臓 , 腎臓で代謝されるため , 血中乳酸は , 無酸素性の解糖の指標として , 無酸素性のエネルギー産生量を正確に定量できていない可能性があるとも考えられている¹¹⁾ . 本研究においても , 高負荷時にパワーが高くなる傾向であったことから , 高負荷の方が , 運動単位数や筋量が多く動員され , 解糖系のエネルギー供給量も多くなり , 筋中で産生される乳酸の量も増加したものの , 最終的な血中乳酸濃度としては差が無くなったのかもしれない . また , 種目特性として , 陸上短距離選手の方が , 中長距離選手よりも運動後

表5 各負荷で30秒間の全力自転車駆動をした時の呼吸代謝

	$\dot{V}O_2$	$\dot{V}O_2/kg$	$\dot{V}CO_2$	$\dot{V}CO_2/kg$	\dot{V}_E (STPD)
	l/min	ml/kg/min	l/min	ml/kg/min	l/min
3.7% BW	1.57±0.38	23.70±6.45	2.02±0.41	30.39±6.85	83.11±20.49
5.6% BW	1.54±0.63	22.89±8.71	1.92±0.68	28.71±9.77	71.96±22.67
7.5% BW	1.71±0.69	25.67±10.16	2.10±0.76	31.38±11.31	81.59±18.35
9.4% BW	1.57±0.34	23.40±4.71	1.82±0.53	27.19±7.69	71.77±30.69
11.3% BW	1.65±0.52	26.02±7.74	1.93±0.61	29.03±9.52	70.44±28.41

Values are expressed as Mean ± SD, n = 6.

Significance : N.S.

表6 各負荷で30秒間の全力自転車駆動をした時の酸素摂取量のネット値, 総仕事量および有酸素エネルギー貢献度

	3.7%BW	5.6%BW	7.5%BW	9.4%BW	11.3%BW	Significance
Net $\dot{V}O_2$ (L)	0.67±0.19	0.65±0.31	0.74±0.34	0.67±0.17	0.71±0.26	N.S.
Work (kJ)	13.1±0.6	17.4±1.4	20.1±1.4	21.3±1.7	21.6±2.3	abcdefg
Aerobic Contribution (%)	27.2±8.5	19.9±9.3	19.4±8.5	16.7±4.5	18.1±8.0	N.S.

Comparisons (P<0.05)

a:3.7%BW vs 5.6%BW, b:3.7%BW vs 7.5%BW, c:3.7%BW vs 9.4%BW, d:3.7%BW vs 11.3%BW,

e:5.6%BW vs 7.5%BW, f:5.6%BW vs 9.4%BW, g:5.6%BW vs 11.3%BW

Values are expressed as Mean ± SD, n = 6.

の血中乳酸濃度が高くなる¹⁹⁾ように,同一個人内での比較でない場合で,筋線維組成²⁰⁾や筋量の差が,ある程度大きい時には,筋中と血中での乳酸濃度の違いを加味しても現象を明確に捉えることができるのかもしれない.しかし,自転車駆動時の速度に重みづけをしたRP値を指標として血中乳酸濃度との相関関係の比較を行ったが,いずれも $r = 0.91$ の相関がみられた(表4).高負荷においては,パワーが高く,単位時間あたりの解糖系のエネルギー供給量が多い反面,回転速度が遅いため,単位時間あたりの筋の収縮回数が少ない場合と,低負荷においてパワーが低く,単位時間あたりの解糖系のエネルギー供給量が少ないものの,回転速度が速いため,単位時間あたりの筋の収縮回数が多くなる場合とが存在することが考えられる.また,7.5% BWの時にRP値およびLTS値,ΔLTS値が高く,その前後の負荷強度で両者が7.5% BW時に準ずる値となる反面,3.7% BW,11.3% BW時でRP値,およびLTS値,ΔLTS値が低いのは,低負荷では,低いパワーを筋の収縮回数,つまり収縮速度と頻度を高めることで補おうとすることに限界があることが考えられる.このように,ある程度の範囲内の負荷

設定では,筋中の乳酸が血中に反映される段階で負荷間での差が消失する可能性があるため,負荷設定の違いが血中乳酸濃度に及ぼす影響やその決定要因について明確にならなかったものと考えられる.本研究のような広範囲の負荷設定により検討することで,新たな知見を得ることができたと考えられる.なお,本研究では,事前に行った重回帰分析では出力値と血中乳酸濃度に有意な相関関係はみられなかったが,RP値により,血中乳酸濃度との関連性をみることができた.RPという指標は,物理量としては問題であるが,無酸素性の自転車駆動運動におけるパフォーマンスを評価するうえで,有用である可能性が示唆された.

有酸素性エネルギー貢献度について,Serresseら²¹⁾は,機械的効率を16.2%として計算した場合,10秒の全力自転車駆動に於いて,ATP-PCr系,解糖系,有酸素系のエネルギーシステムでの相対的な貢献度は,それぞれ53%,44%,3%であり,30秒の全力自転車駆動においては,それぞれ23%,49%,28%に推定されたと述べている.また,90秒の全力自転車駆動では,約60秒で $\dot{V}O_{2max}$ に達し,30秒,90秒は,無酸素性のエネルギー供給が大半をしめて

いるものの、完全に無酸素性のエネルギー供給がなされていないとは限らないと結論づけている²¹⁾。本研究では、有酸素性エネルギーの貢献度は、平均値で約17%~27%となり、30秒という短時間においても有酸素的なエネルギー供給が行われていると考えられる。

陸上のトラック選手では、短距離選手の方が中距離選手²²⁾や持久的な競技選手²³⁾と比較して無酸素性のエネルギー貢献度が高く、逆に持久的な競技選手では、有酸素性のエネルギー貢献度が高い²³⁾と考えられている。このように競技特性が有酸素性のエネルギー貢献度に影響しているのに対し、Gastinら¹²⁾は、呼吸代謝データについて、負荷設定の違いによる差がないことを示している。本研究においても、酸素摂取量、二酸化炭素産出量、換気量には、各負荷間で有意差はなく、極端な低負荷(3.7% BW)や高負荷(11.3% BW)時についても同様であった(表5)。また、負荷設定と有酸素エネルギー貢献度との関係では、3.7% BWにおいて他の負荷強度時に比べて高い傾向を示したが、負荷設定によって有酸素エネルギー貢献度には有意差はなかった(表6)。これらのことから、本研究のように選択負荷強度の差異だけでは有酸素性エネルギー貢献度に影響を与える可能性が少ないことが考えられた。

以上より、負荷強度の違いは、本研究のような単発の運動後の血中乳酸濃度、および呼吸代謝に影響を及ぼさないことが明らかとなった。一方、速度とパワー要素の兼ね合いが、血中乳酸濃度に反映されていることが示唆された。なお、今後、RP値の指標の妥当性、信頼性を検証するため、被験者数を増やすなどして、より詳細な検討を行う必要性がある。

結 論

本研究は、異なる負荷設定で30秒間の全力自転車駆動をした際に負荷設定の違いがパフォーマンスと運動後の血中乳酸濃度に及ぼす影響、およびその関係について明らかにすることを目的として検討した。その結果、以下に示すようなことが明らかになった。

1. 極端な低負荷や高負荷での30秒間の無酸素性最大努力運動においても、負荷設定の違いは、運動後の血中乳酸濃度、酸素摂取量、二酸化炭素産出量、換気量に影響を及ぼさなかった。
2. 速度とパワー要素の兼ね合いが、血中乳酸濃度に反映される可能性が考えられた。
3. RP値は、無酸素性の自転車駆動運動におけるパフォーマンスの指標として有用である可能性が示唆された。

文 献

- 1) Bar-Or O: The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, **4**(6), 381-394, 1987.
- 2) Inbar O, Bar-Or O and Skinner JS: The Wingate Anaerobic Test. *Human Kinetics*. Illinois, **1**, 16, 1996.
- 3) Patton JF, Murphy MM and Frederick FA: Maximal power outputs during the wingate anaerobic test. *International Journal of Sports Medicine*, **6**(2), 82-85, 1985.
- 4) Shomrat A, Weinstein Y and Katz A: Effect of creatine feeding on maximal exercise performance in vegetarians. *European Journal of Applied Physiology*, **82**(4), 321-325, 2000.
- 5) Marsh GD, Paterson DH, Govindasamy D and Cunningham DA: Anaerobic power of the arms and legs of young and older men. *Experimental Physiology*, **84**(3), 589-597, 1999.
- 6) Hill DW and Smith JC: Circadian rhythm in anaerobic power and capacity. *Canadian Journal of Sport Sciences*, **10**(1), 30-32, 1991.
- 7) Smith JC and Hill DW: Contribution of energy systems during a Wingate power test. *British Journal of Sports Medicine*, **25**(4), 196-199, 1991.
- 8) Nioka S, Moser D, Lech G, Evengelisti M, Verde T, Chance B and Kuno S: Muscle deoxygenation in aerobic and anaerobic exercise. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, **454**, 63-70, 1998.
- 9) Schlicht W, Naretz W, Witt D and Rieckert H: Ammonia and Lactate: Differential information on monitoring training load in sprint events. *International Journal of Sports Medicine*, **11**(Suppl 2), S85-90, 1990.
- 10) 山本正嘉: 自転車全力ペダリング時におけるパワー-下降曲線の特性と血中乳酸の関係, *体力科学*, **32**(2), 81, 1983.
- 11) Craig NP, Pyke FS and Norton KI: Specificity of test duration when assessing the anaerobic lactacid capacity of high-performance track cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, **10**(4), 237-242, 1989.
- 12) Gastin P, Lawson D, Hargreaves M, Carey M and Fairweather I: Variable resistance loadings in anaerobic

- power testing . *International Journal of Sports Medicine* , **12**(6) , 513-518 , 1991 .
- 13) Brožek J , Grande F , Anderson JT and Keys A : Densitometric analysis of body composition : revision of some quantitative assumptions . *Annals of the New York Academy of Sciences* , **20**(110) , 113-140 , 1963 .
- 14) 板橋純 , 御園生隆夫 , 佐々木敏文 , 三秋欣彦 , 長尾光城 , 松枝秀二 , 長尾憲樹 : 疲労物質としての血中乳酸を再考する . *疲労と休養の科学* , **15**(1) , 123-132 , 2000 .
- 15) 運動処方指針 — 運動負荷試験と運動プログラム — . アメリカスポーツ医学会 , 原著第 6 版 , 南江堂 , 東京 , 296-309 , 2001 .
- 16) McArdle WD , Katch FI and Katch VL : Exercise physiology : Energy , Nutrition , and Human Performance . 5 th Edition , Lippincott Williams & Wilkins , Philadelphia . PA , 183 , 226 , 2001 .
- 17) Gaesser GA and Brooks GA : Muscular efficiency during steady-rate exercise : effects of speed and work rate . *Journal of Applied Physiology* , **38**(6) , 1132-1139 , 1975 .
- 18) Evans JA and Quinney HA : Determination of resistance settings for anaerobic power testing . *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* , **6**(2) , 53-56 , 1981 .
- 19) 三秋欣彦 , 脇本敏裕 , 中嶋雅子 , 長尾光城 , 松枝秀二 , 長尾憲樹 : 陸上競技選手における一定高強度高回転数自転車駆動の再現性および Wingate Anaerobic Test との比較 . *川崎医療福祉学会誌* , **14**(1) , 125-134 , 2004 .
- 20) Inbar O , Kaiser P and Tesch P : Relationships between leg muscle fiber type distribution and leg exercise performance . *International Journal of Sports Medicine* , **2**(3) , 154-159 , 1981 .
- 21) Serresse O , Lortie G , Bouchard C and Boulay MR : Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration . *International Journal of Sports Medicine* , **9**(6) , 456-460 , 1988 .
- 22) Granier P , Mercier B , Mercier J , Anselme F and Préfaut C : Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle-distance runners . *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* , **70**(1) , 58-65 , 1995 .
- 23) Nummela A and Rusko H : Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes . *International Journal of Sports Medicine* , **16**(8) , 522-527 , 1995 .

(平成17年 6 月10日受理)

Relationship of Performance and Blood Lactate Concentration in 30-s Maximal Pedaling for Wide Range Load Conditions

Yoshihiko MIAKI, Toshihiro WAKIMOTO, Masako NAKAJIMA,
Mitsushiro NAGAO, Syuji MATSUEDA and Noriki NAGAO

(Accepted Jun. 10, 2005)

Key words : Wingate, load conditions, blood lactate, anaerobic

Abstract

The purpose of this study was to clarify the effect of 30-s maximal pedaling for wide range load conditions on performance, blood lactate concentration after exercise and their relations. The subjects of this study were 6 healthy well trained male college students. The pedaling test was loaded at 3.7%, 5.6%, 7.5%, 9.4% and 11.3% of body weight using a magnetic braked ergometer. Blood lactate concentration showed no significant differences for any loaded conditions. Oxygen consumption ($\dot{V}O_2$), carbon dioxide production ($\dot{V}CO_2$), minute ventilation (\dot{V}_E) and aerobic contribution also did not show significant differences for any loaded conditions. Therefore, these results indicated that the differences in load conditions might not be contributed to the changes in blood lactate concentration, respiratory metabolism and aerobic contribution in 30-s anaerobic maximal exercise. There was, however, significant correlation between the product of maximal revolution by mean power and blood lactate concentration ($r = 0.91$). It is considered that the balance of speed and power reflects blood lactate concentration.

Correspondence to : Yoshihiko MIAKI

Doctoral Program in Health Science, Graduate School of Health
Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.15, No.1, 2005 201-208)