

## 論文

# 喫煙が自転車エルゴメーター全力駆動時の無酸素性パワーへ及ぼす急性影響について

○中島 峻\*1 西村 涼\*1 林田 康弘\*1 岡野 亮介\*2

キーワード：喫煙、自転車エルゴメーター、Wingate anaerobic test、無酸素性パワー

### I. 目的

喫煙と全身持久性との関係はこれまで良く調べられてきており、Karpovich と Hale<sup>1)</sup>によれば持久的運動の持続能力において、喫煙者は非喫煙者より劣るとされている。大学生を対象とした坂井ら<sup>2)</sup>の研究によれば 1500m 走については喫煙期間の違いにより有意な差があるとともに、非喫煙者の記録が良く、喫煙者の記録が低下傾向にあり、特に喫煙期間 9~11 カ月ならびに 12 カ月群は非喫煙者群に比べて有意に低い値を示すとした。さらに、踏み台昇降テストについて喫煙者群は、喫煙期間に関わらず、非喫煙者群に比べて有意に低い得点を示すことを報告している。

また、藤瀬ら<sup>3)</sup>は男子大学生喫煙者 8 名を対象として自転車エルゴメーターによる漸増負荷運動時の作業成績及び生理的変量に及ぼす一時的喫煙中止の影響について検討した結果、軽度喫煙者が持久的最大運動前に一時的な喫煙中止を行うことは、運動時の生理的応答の低減を促し、同時に作業成績を向上させることを報告した。

この様に喫煙によって全身持久性が低下するというのは概ね一致した見解で、その原因としては主流煙に含まれる一酸化炭素が血液中のヘモグロビンと結合してカルボキシヘモグロビンとなり酸素運搬能を低下させるということが考えられている<sup>4)</sup>。

一方、喫煙が無酸素性パワーに及ぼす急性影響に関する研究については非常に少なく、山地や橋爪ら<sup>5)</sup>の研究に限定されるように思われる。彼らの研究では喫煙前後の自転車エルゴメーターの無酸素的的最大パワー

にほとんど差はみられなかったというものである。この測定ではコンビ社製パワーマックスを使用して数秒間で全力駆動した時のフライホイール半回転毎のパワーの最大値を求めたものである。しかし数秒では脳の活性状態の方が喫煙の影響力より強く前記最大パワーに影響を与える可能性も考えられる。喫煙の影響をより詳細に調べるためには、もう少し長い時間の無酸素性作業を行った時のパワーを調べた方が合理的であると思われる。そのため本研究では非喫煙日と喫煙日において、無酸素性作業能力の持久力も測るこのできる 40 秒間の Wingate anaerobic test<sup>6~8)</sup> (本テストは本来 30 秒間の全力駆動である) を行わせ、その時得られた各種の無酸素性パワーを比較し、喫煙の無酸素性パワーへ及ぼす急性影響を明らかにすることを目的とした。

### II. 方法

#### A. 被検者

被検者は喫煙習慣のある本学男子学生 10 名で年齢、身長、体重及び除脂肪体重 (インピーダンス法により体脂肪率を求めその値より算出) は  $20.3 \pm 0.3$  歳、 $170.9 \pm 7.2$ cm、 $70.0 \pm 8.4$ kg 及び  $61.8 \pm 6.2$ kg (平均値  $\pm$  標準偏差) であった。彼らの 1 日の喫煙本数、タバコの銘柄及び喫煙継続年齢は表 1 の通りであった。

#### B. 測定項目と調査項目

##### ①非喫煙日

被検者は自転車エルゴメーター (Monark 社製自転車エルゴメーター Ergomic828E を使用) で軽いウォーミングアップ (1kp の負荷で 60rpm の駆動を 1 分間)

\*1 平成 26 年度至誠館大学卒業生 \*2 至誠館大学ライフデザイン学部

を行い同エルゴメーターで 40 秒間の全力駆動 (40 秒間の Wingate anaerobic test) を行った。負荷は体重の 7.5%であった。安静時、全力駆動終了直後、回復 1 分目、回復 2 分目、回復 3 分目、回復 4 分目及び回復 5 分目において心拍数 (FUKUDA 電子株式会社製セントラルモニタ DS-5600 使用、誘導は胸部双極誘導 CM<sub>5</sub>) を測定し、安静時を除いて主観的運動強度 (以下 RPE) を調査した。

無酸素性パワーの計測は以下の通りであった。フライホイールの 2 箇所等に等間隔に取り付けた鉄製ナットが磁気センサー (オムロン社製直流 3 線式近接スイッチ) 通過時に発する電気的パルスにシュミットトリガー回路とワンショットマルチ回路を通して整流し、A/D 変換ボードを介してパーソナルコンピューターへ電圧値を転送し、100 分の 1 秒単位で 1 秒毎の電気的パルス数を計測した。その後、次式により各種の平均パワー等を求めた。

$$\text{パワー} = \text{負荷量(kg)} \times 6(\text{m}) \times 14/52 \times (\text{X 秒間のパルス数}) \times (60 \text{ 秒} \div \text{X 秒}) \div 6.12 \text{ kpm} \div 2$$

14/52 はギア比

X は計測目標の秒数 (例えば 5 秒等)

## ②喫煙日

被検者は自転車エルゴメーターで前述のウォーミングアップを行った後 3 分間で 1 本の喫煙を行い (タバコはセブンスター タール 14mg ニコチン 1.2mg)、直後に 40 秒間の全力駆動を行った。その他の測定・調査項目は非喫煙日と同じであった。

非喫煙日及び喫煙日とも測定時刻は午前 10 時 30 分からであり、非喫煙日と喫煙日の間隔は 2 週間以内であった。また、被検者毎に非喫煙日と喫煙日は順不動とした。測定時の室温は 25~27℃であった。

無酸素性パワーにおける比較項目はピークパワー (駆動開始から 30 秒目までの 5 秒毎の平均パワーのピーク値、短距離的能力の指標)、駆動開始から 10 秒間の平均パワー/体重 (以後 10 秒平均パワー/体重と表記)、駆動開始から 20 秒間の平均パワー/体重 (以後

20 秒平均パワー/体重と表記)、駆動開始から 30 秒間の平均パワー/除脂肪体重 (以後 30 秒平均パワー/除脂肪体重と表記、Wingate anaerobic test では 30 秒間の平均パワーは除脂肪体重で除して評価しているので本処置を施している<sup>6)</sup>、平均パワー減少量 (駆動開始から 30 秒目までの 5 秒毎の平均パワーにピーク値とボトム値の差を秒間で割った値、筋疲労の指標<sup>6,8)</sup>、駆動開始から 40 秒間の平均パワー/体重 (40 秒平均パワー/体重と表記) 及び 40 秒パワー<sup>9)</sup> (30~40 秒の 10 秒間の平均パワーを体重で割った値、無酸素性作業能力の持久性の指標) であった。

## C. 統計解析

2 群間における平均値の差については対応のある t 検定を行った。危険率 5%未満をもって有意とした。

## III. 結果

非喫煙日と喫煙日の各種の無酸素性パワーの比較を図 1 から図 7 に示した。ピークパワーは、非喫煙日と比較して喫煙日では有意に低い値であった (図 1)。

10 秒平均パワー/体重は、非喫煙日と比較して喫煙日では有意に低い値であった (図 2)。

20 秒平均パワー/体重も、非喫煙日と比較して喫煙日では低い傾向であった (図 3)。

30 秒平均パワー/除脂肪体重は、非喫煙日と比較して喫煙日の方がやや低い値であったが有意な差ではなかった (図 4)。

平均パワー減少量は、喫煙日の方が非喫煙日と比較して有意に低い値であった (図 5)。

40 秒平均パワー/体重は、非喫煙日と比較して喫煙日の方がやや低い値であったが有意な差ではなかった (図 6)。

40 秒パワーは非喫煙日と喫煙日はほぼ同じ値であった (図 7)。

非喫煙日と喫煙日における安静時、全力駆動終了直後、回復 1 分目、回復 2 分目、回復 3 分目、回復 4 分目及び回復 5 分目の心拍数を図 8 に、全力駆動直後か

ら前記同様の1分毎の回復5分目までのRPEの比較を図9に示した。両パラメーターとも非喫煙日と喫煙日の間にほとんど差はなかった。

表1 被検者の1日の喫煙本数、タバコの銘柄及び喫煙継続年齢

| 被検者 | 1日の喫煙本数 | タバコの銘柄      | 喫煙継続年齢 |
|-----|---------|-------------|--------|
| Y・H | 20本     | マルボロ(メンソール) | 3年2か月  |
| R・N | 10本     | JPS         | 3年2か月  |
| R・N | 10本     | ピース         | 3年2か月  |
| T・S | 20本     | マイルドセブンビウス  | 3年2か月  |
| Y・O | 20本     | パーラメント      | 7年2か月  |
| Y・K | 10本     | マイルドセブン     | 2年2か月  |
| T・K | 20本     | ピース         | 1年2か月  |
| H・T | 12本     | エコー         | 2年2か月  |
| S・O | 10本     | マイルドセブン     | 1年2か月  |
| F・K | 10本     | マイルドセブンビウス  | 2年2か月  |

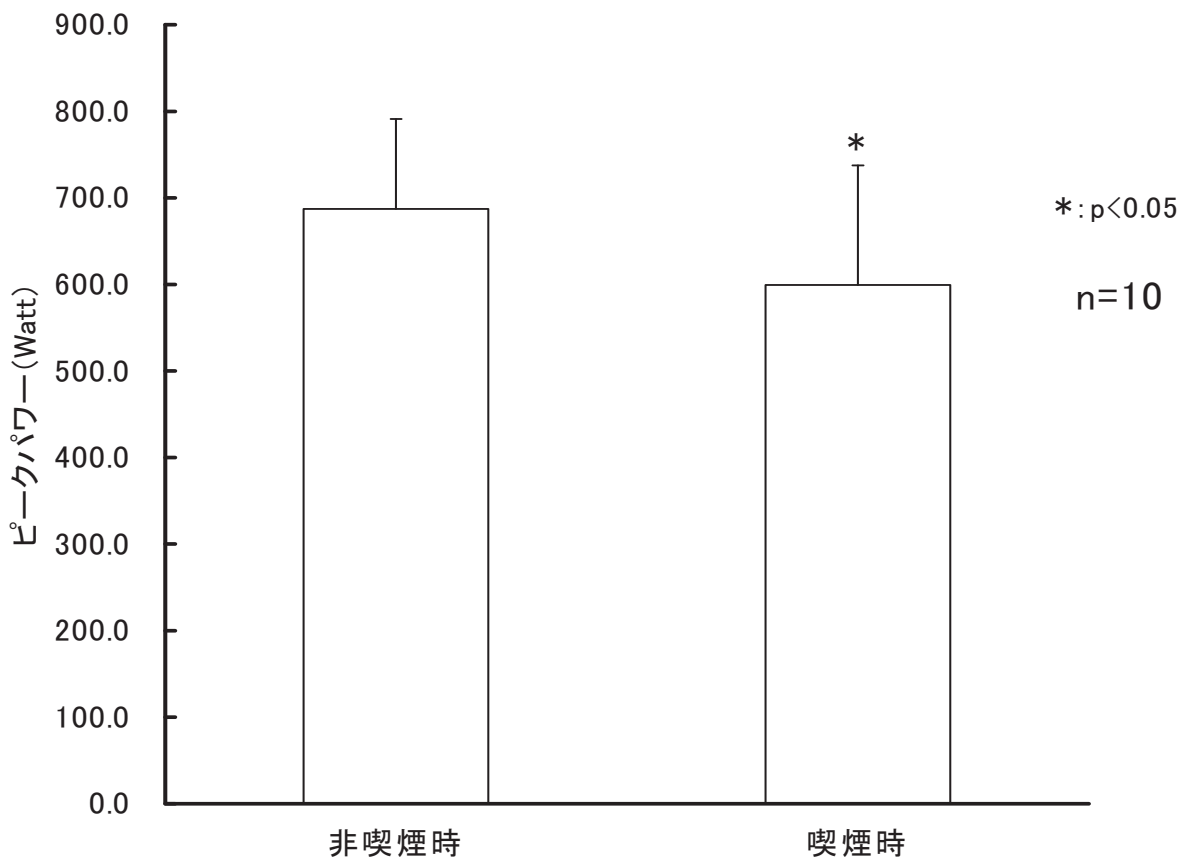


図1 非喫煙時と喫煙時のピークパワーの比較

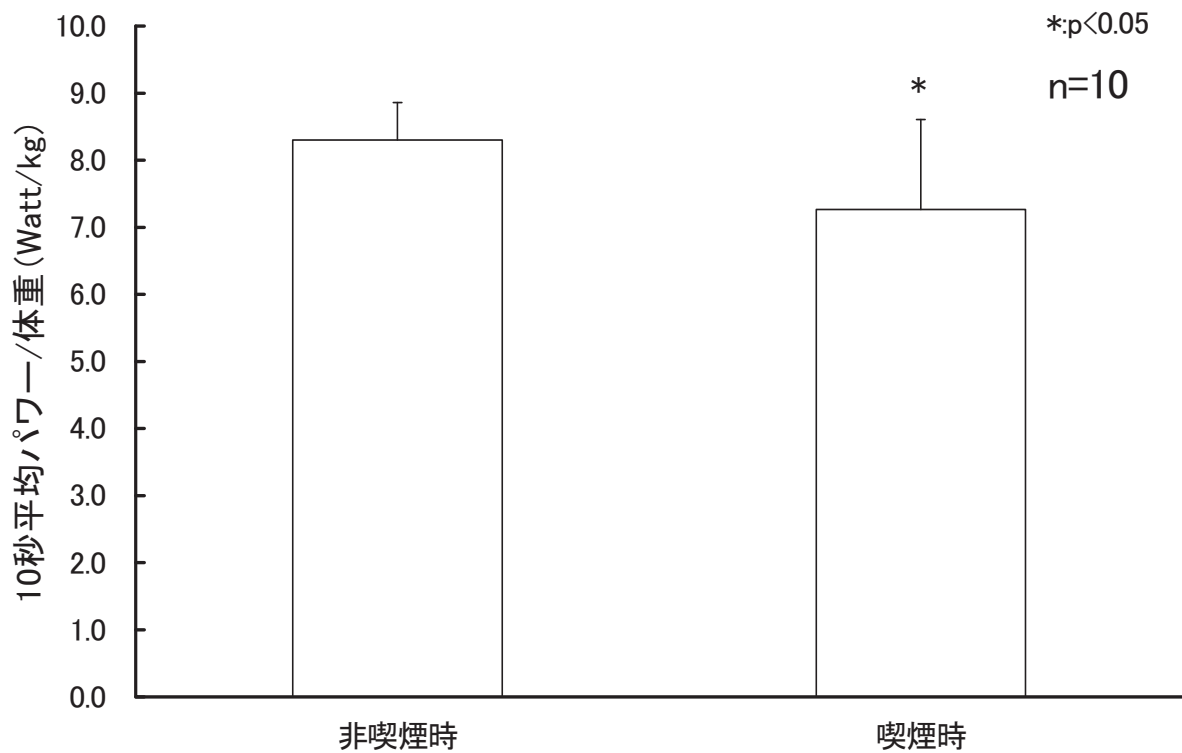


図2 非喫煙時と喫煙時の10秒平均パワー/体重の比較

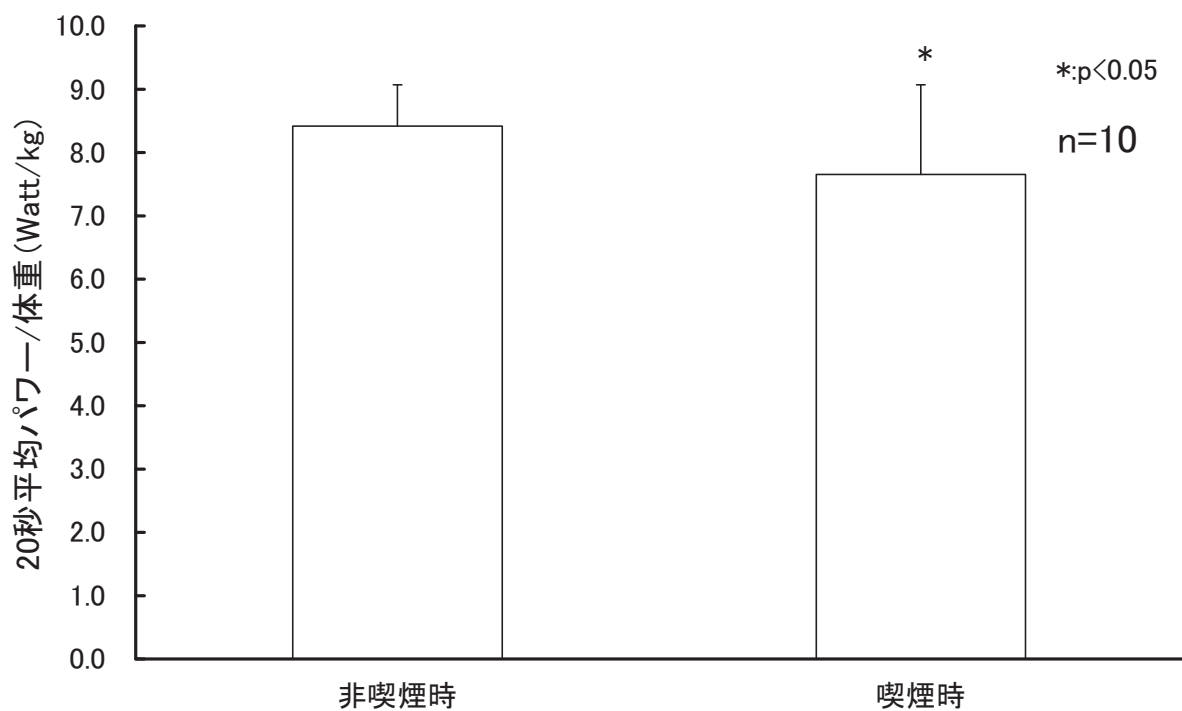


図3 非喫煙時と喫煙時の20秒平均パワー/体重の比較

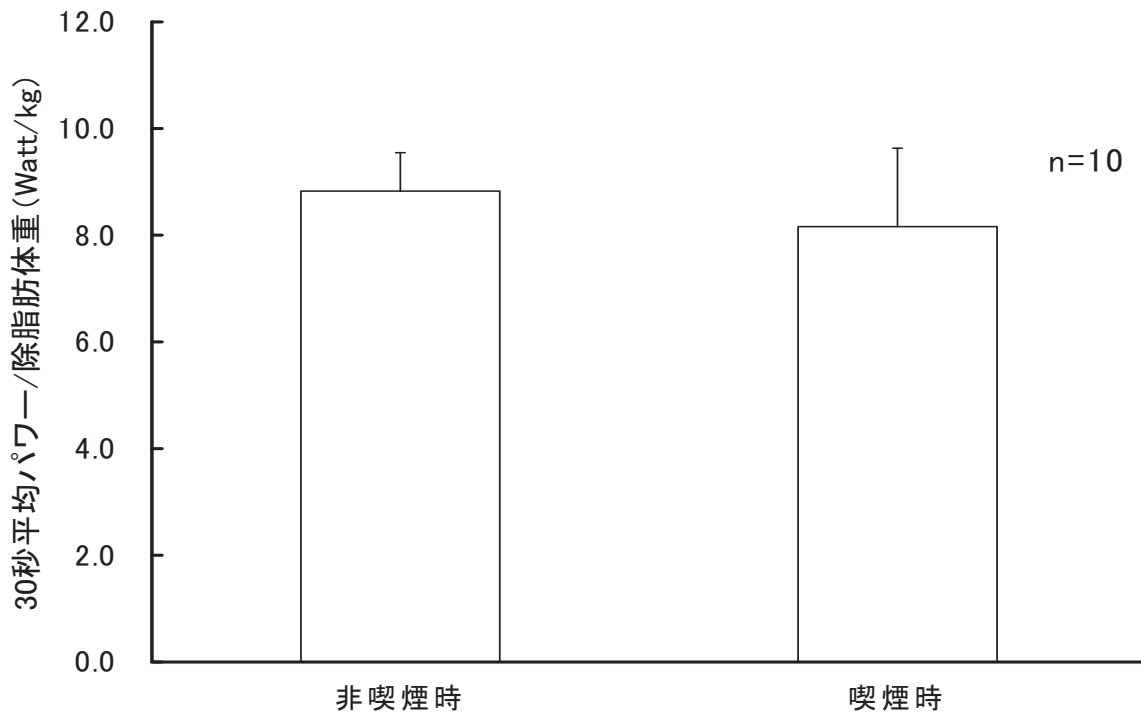


図4 非喫煙時と喫煙時の30秒平均パワー/除脂肪体重の比較

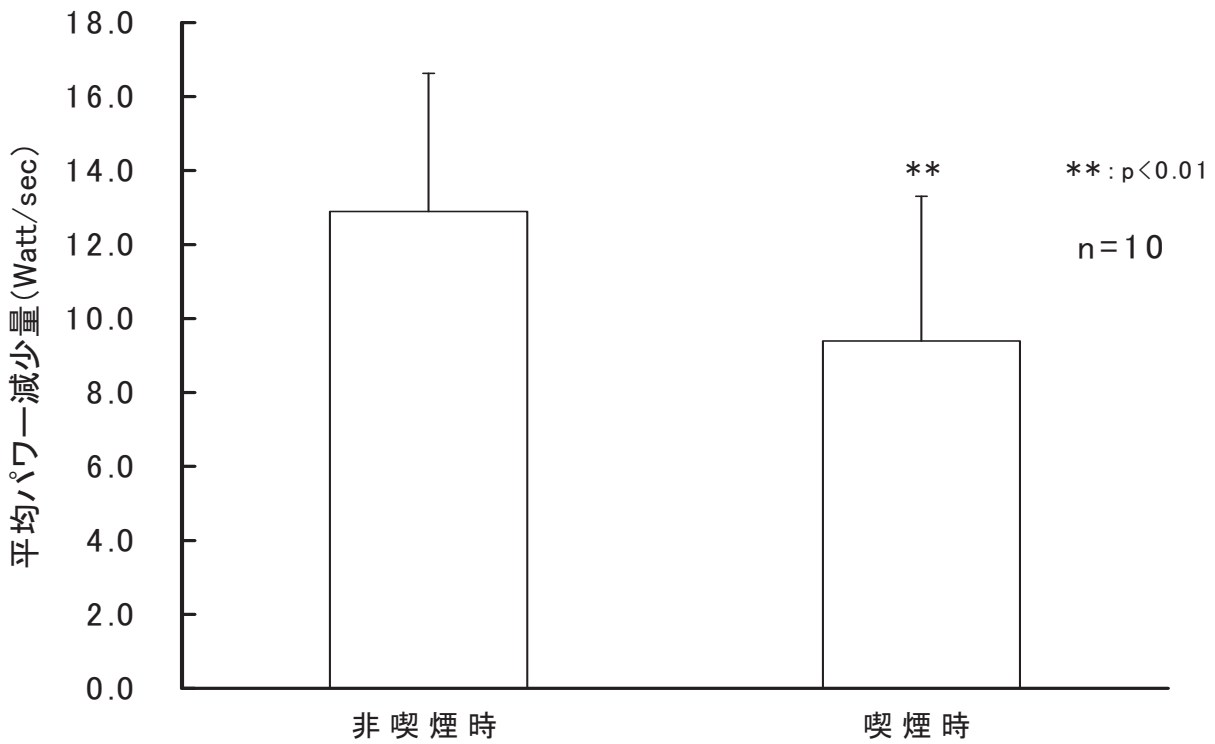


図5 非喫煙時と喫煙時の平均パワー減少量の比較

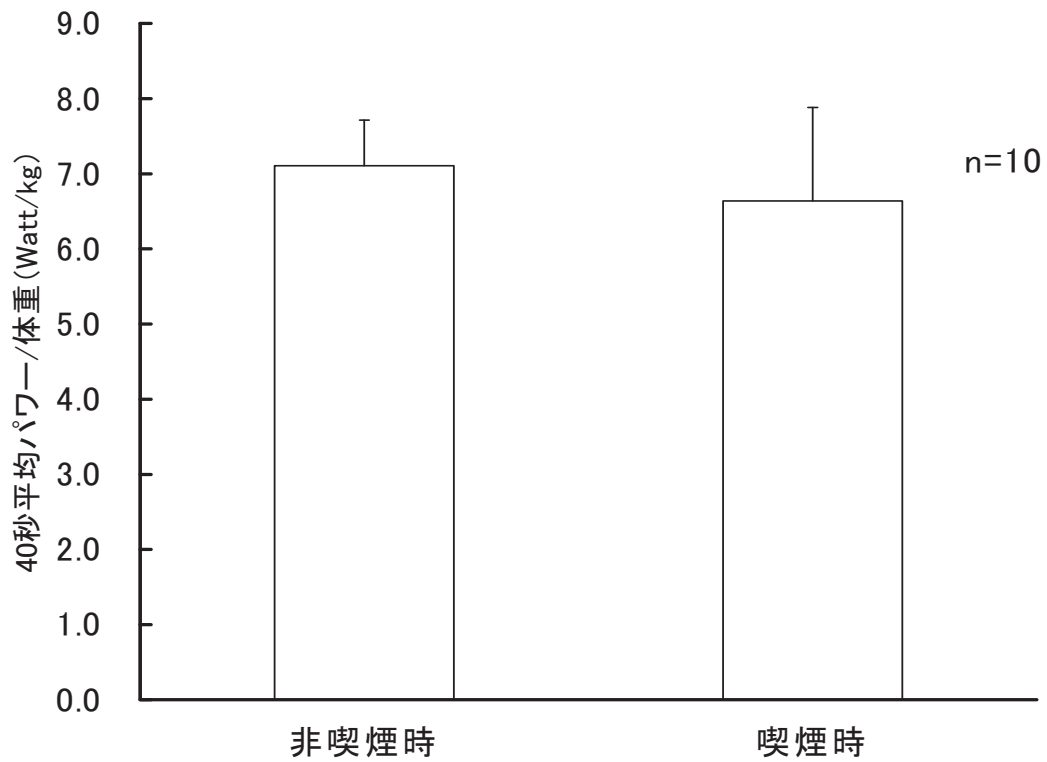


図6 非喫煙時と喫煙時の40秒平均パワー/体重の比較

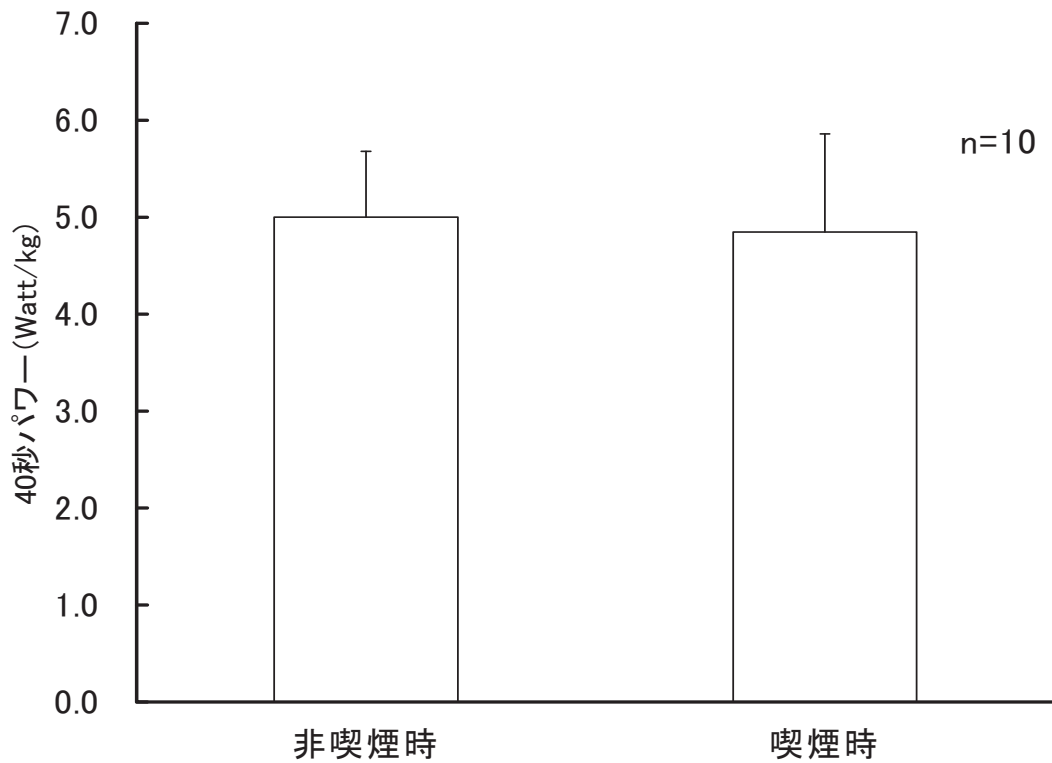


図7 非喫煙時と喫煙時の40秒パワーの比較

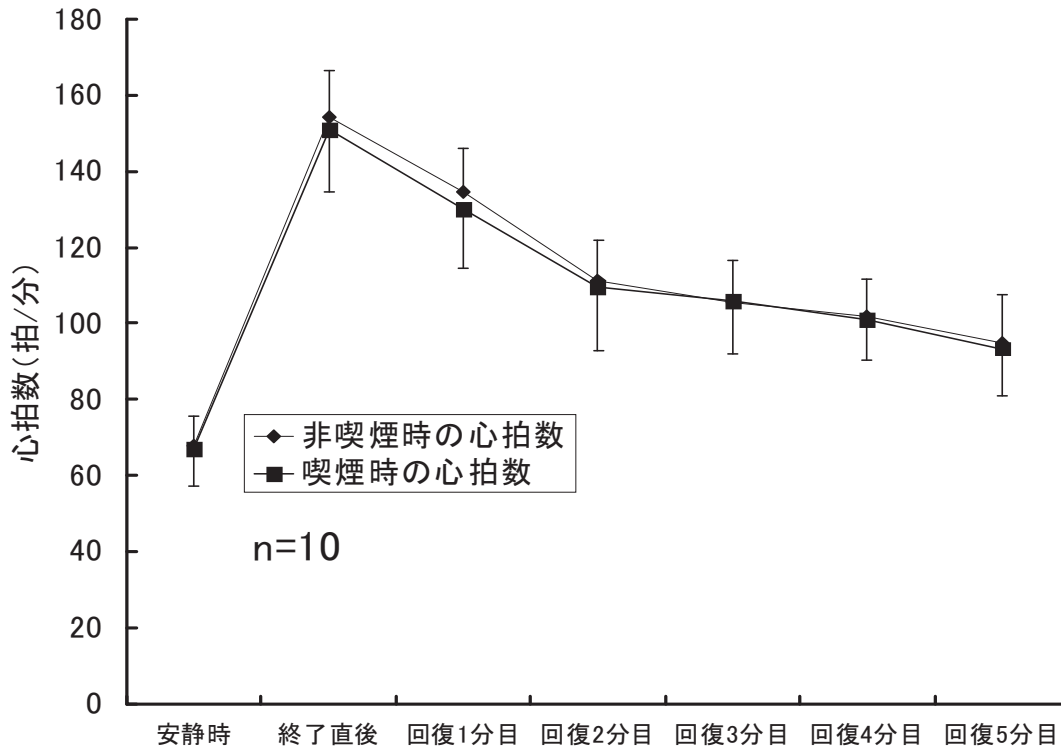


図8 喫煙時と喫煙時の最大無酸素性運動後の心拍数の変動の比較

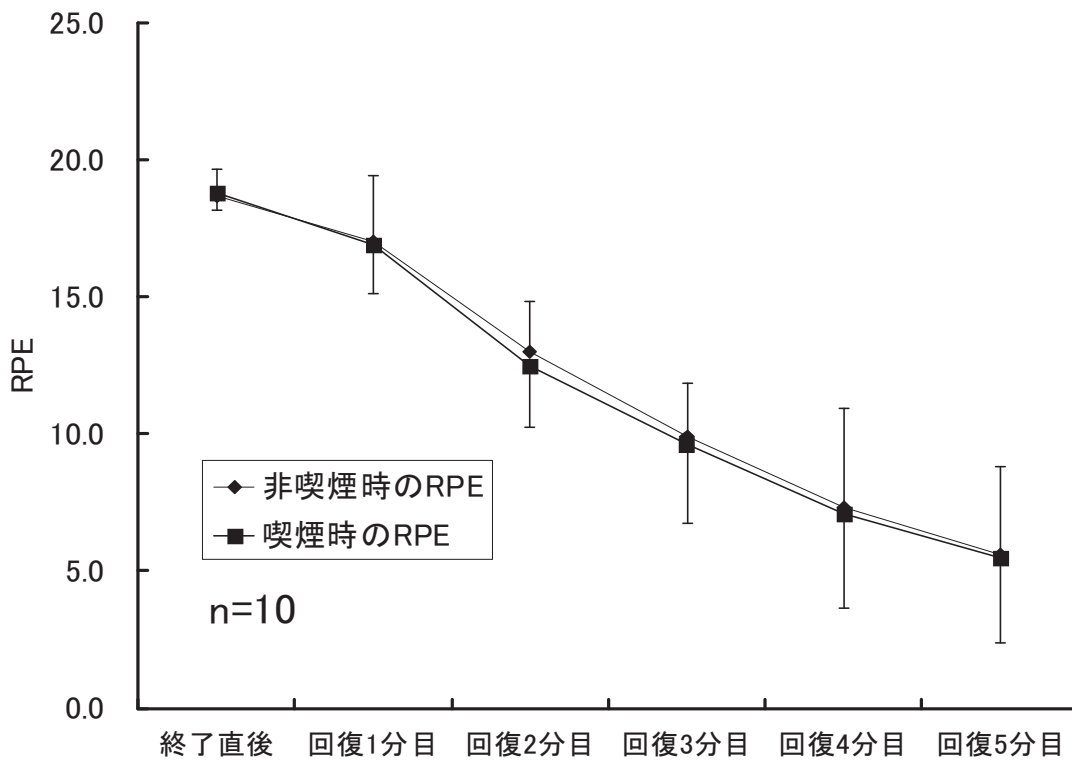


図9 非喫煙時と喫煙時の最大無酸素性運動後のRPEの変動の比較

#### IV. 考察

タバコの煙の中には約 4000 種類の化合物が存在し、この中で循環機能に最も影響を与えるのはニコチンで、その他にたばこの煙の中に比較的少量に存在し、生物学的活性の高い物質として、一酸化炭素、一酸化窒素、シアンガス及びスーパーオキシド等がある<sup>10)</sup>。

喫煙が循環器へ及ぼす影響、肺機能へ及ぼす影響、自律神経機能へ及ぼす影響及び全身持久性に及ぼす影響を追究した研究は多く見られるが<sup>1~5,10~15)</sup>、無酸素性作業能力や筋力へ及ぼす影響を追究した研究は少ない。山地や橋爪ら<sup>5)</sup>は後者の少数派の研究を行い、喫煙前後において自転車エルゴメーターにおける非常に短時間における瞬時の最大無酸素性パワーと握力にはほとんど差はないと報告した。

本研究では、山地や橋爪ら<sup>5)</sup>の行った作業時間より長い 40 秒間の Wingate anaerobic test を行った時の各種の無酸素性作業値に及ぼす喫煙の影響を追究したものである。本研究の主要結果では喫煙によってピークパワー、10 秒平均パワー/体重、20 秒平均パワー/体重及び平均パワー減少量は有意に低下し、30 秒平均パワー/除脂肪体重、40 秒平均パワー/体重及び 40 秒パワーには喫煙によって差の認められるものではなかった。また、全力運動直後、回復 1 分目、回復 2 分目、回復 3 分目、回復 4 分目及び回復 5 分目の心拍数及び RPE についても喫煙日と非喫煙日の間に差は認められなかった。

ピークパワーは短距離的能力の指標であり、被検者全員が駆動開始から 6~10 秒目までの 5 秒間の平均パワーがそれに相当した。ピークパワーに加えて 10 秒平均パワー/体重と 20 秒平均パワー/体重についても非喫煙日より喫煙日で有意に低下したことから 20 秒の間の全力無酸素性運動においても喫煙がパフォーマンス低下の影響を与える可能性があることが推測された。つまり喫煙が例えば陸上競技短距離走で言えば 100m~200m 走のパワーを低下させたと解釈できるものである。その原因についてはニコチン、一酸化

炭素及び活性酸素による集中力の低下やこれから始まる強運動に対する意欲の低下あるいは時間的に非乳酸性機構と乳酸性機構が影響を受けているのでクレアチンリン酸の分解や解糖過程に抑制的影響を与えたことが推測されたが、メカニズムについてはさらに追究する必要があるであろう。

平均パワー減少量(ボトム値は全員が 26~30 秒までの 5 秒間の平均パワーであった)は筋肉疲労の指標の一つであるが、非喫煙日の方が有意に大きい値を示した。しかしこれはピークパワーが喫煙日は非喫煙日より有意に低い値であったことが大きく影響した結果であり、喫煙が筋肉疲労を抑制したわけではないであろう。

また、40 秒パワーに喫煙日と非喫煙日で差がなかったことから、喫煙は無酸素性作業能力の持久性に影響を及ぼさないことが示唆される。さらに 40 秒平均パワー/体重についても喫煙日と非喫煙日で差がなかったことから、40 秒間の全力無酸素性作業の総体に対して喫煙は影響を及ぼさないことが示唆された。

以上を換言すれば、喫煙によるニコチンや一酸化炭素は 40 秒間の無酸素的全力運動における初期の 20 秒間に対しては大きな悪影響を与える可能性があるが、作業全体を平均化して見ると影響を及ぼしておらず、また無酸素性作業の持久性にも影響を及ぼさないと言う事ができるであろう。

また、山地<sup>4)</sup>から喫煙は安静時の心拍数を増加させることが報告されているが、無酸素的全力運動直後から回復 5 分の心拍数は比較研究されたことはなく、本研究結果から喫煙が影響を与えることはないと思われた。また回復時ではあるが主観的運動強度を用いて身体の苦しさを推定した結果でも喫煙が影響を与えているとは思われなかった。これらのことは 40 秒平均パワー/体重について喫煙日と非喫煙日で差がなかったことと符合していると思われた。

自転車エルゴメーターの全力駆動によって得られる無酸素性パワーと陸上競技短距離走の成績と相関関係



が認められる<sup>16)17)</sup>ことから、本研究結果をスポーツの場に適用すれば、直前に喫煙することによって陸上競技の100m走と200m走の記録には悪影響を与える可能性があるが、300m走(公式種目ではない)の記録にはほとんど影響を与えない可能性が示唆された。また、喫煙が特に100m走と200m走に悪影響を与えることが懸念される点から、指導者はスポーツ選手に対して喫煙の防止教育とすでに喫煙習慣のあるスポーツ選手には禁煙教育を徹底して行う必要があるであろう。

## V. 要約

男子大学生10名を対象として、非喫煙日と喫煙日に自転車エルゴメーターによる40秒間の全力駆動(40秒間のWingate anaerobic test、負荷は体重の7.5%)を行わせ、その時の各種のパワー及び負荷終了直後から回復5分目までの心拍数とRPEを比較した。各種無酸素性パワーについては、非喫煙日と比較して喫煙日にはピークパワー、10秒平均パワー/体重及び20秒平均パワー/体重は有意に低く、喫煙が駆動開始から20秒の間に大きな影響を与えたものと推測された。平均パワー減少量も喫煙日に有意な低下をしたが、ピークパワーが低かったことによる影響で、喫煙が筋肉疲労を抑制したわけではないと思われた。40秒パワーについては両日の間に有意な差はなく、喫煙が無酸素性作業の持久性に影響を与えないと思われた。また40秒平均パワー/体重についても両日の間に有意な差はなく、喫煙が無酸素性作業の総体には影響を与えないと思われた。これらのことは作業直後から回復5分目までの心拍数とRPEに喫煙が影響を与えなかったことと符合していると思われた。これらの結果から競技直前の喫煙は陸上競技の100m走及び200m走の記録には強く影響を与えるが300m走の記録にはほとんど影響を与えない可能性が示唆された。

### [注]

本論文は中島峻、西村涼、林田康弘の平成26年度卒業論文を、加筆修正したものである。

## 参考文献

- 1)Karpovich, P.V.,& Hale, C.J.; Tobacco smoking and athletic performance. J. Appl. Physiol. 3:616-621,1951
- 2)坂井学,高本登,佐藤広徳,久島公夫; 大学生の体力と短期喫煙習慣の関連, 体育学研究, 39: 90-99, 1994
- 3)藤瀬武彦,長崎浩爾; 青年喫煙者の漸増負荷時における作業成績及び生理変量に及ぼす一時的喫煙中止の効果, 新潟国際情報大学情報文化学部紀要, 3:187-202, 2000
- 4)山地啓司; ころとからだを知る心拍数 第13章補章 7.たばこと心拍数, 杏林書院, 2013, 353-362
- 5)山地啓司,橋爪和夫,小野寺孝一,梅野克身,北川鉄人; スポーツの場における喫煙の影響に関する研究—作業前後の喫煙がパフォーマンスや自律神経に及ぼす影響—,デサントスポーツ科学, 22:3-13, 2001
- 6)Bar-Or, O., Dotan, R., Inbar, O., Rothstein, A., Karlsson, J.,& Tesch, P.; Anaerobic capacity and muscle fiber distribution in man, Int. J. Sports Medicine, 1:82-85, 1980
- 7)Dotan, R.,& Bar-Or, O.; Load optimization for the Wingate anaerobic test, Eur. J. Appl. Physiol., 51:409-417, 1983
- 8)Bar-Or, O.; The Wingate anaerobic test An update on methodology, reliability and validity, Sports Med., 4:381-394, 1987
- 9)山本正嘉,中村好男;一般人・スポーツ選手のための体力診断システム, 4.40秒パワーの測定,ソニー企業,1986,77-80
- 10)中西弘則;喫煙と循環機能—血液循環動態に及ぼす喫煙の影響—  
<http://www.srf.or.jp/hisoly/papers/0.4.html> (平成27年4月20日)
- 11)厚生労働省の最新たばこ情報  
<http://www.health-net.or.jp/tobacoo/menu03.html> (平成27年4月20日)
- 12)スポーツとタバコの関係 肉体改造研究所(筋トレ&ダイエット)

- [http://www.know-dt.com/TrainigARC/life\\_train/060\\_smo king.html](http://www.know-dt.com/TrainigARC/life_train/060_smo king.html) (平成 27 年 4 月 20 日)
- 13) 喫煙による健康障害一名嘉村クリニック  
<http://nsleep.com/hp/internal/healthy-obstacle/healthy-bsta cle.html> (平成 27 年 4 月 20 日)
- 14) 橋爪和夫, 山地啓司; スポーツとたばこ, 総合臨床, 57:2078-2080, 2008
- 15) 谷口博志, 今井賢治, 谷口授, 小笠原千絵, 日野こころ, 新原寿志, 角谷英治; 短期習慣的喫煙による心拍数への影響, 明治国際医療大学誌, 9:1-7, 2013
- 16) Crielaard, J. M., & Pirnay, F.; Anaerobic and aerobic power of top athletes, Eur. J. Appl. Physiol., 47:295-300, 1981
- 17) 岡野亮介; 自転車エルゴメーター全力漕ぎ運動時の無酸素パワーと陸上競技 100m 走の記録との関連について, 萩国際大学論集, 3:129-139, 2001

## The Acute Influence of Smoking on the Anaerobic Power Output Measured by Maximal Pedaling of a Bicycle Ergometer

Ryo NAKASHIMA Ryo NISHIMURA Yasuhiro HAYASHIDA Ryosuke OKANO

abstract : The purpose of this study was to examine the acute influence of smoking on the anaerobic power output measured by maximal pedaling of a bicycle ergometer for 40 seconds. Ten university males participated in this study. They executed the maximal pedaling in both days of smoking and non-smoking. Peak power output, 10seconds mean power output/weight, 20seconds mean power output/weight and mean power decrease were significantly lower in the smoking day than in the non-smoking day. The result of mean power decrease seemed to be attributed to the lowered peak power output compared to the non-smoking day, and not to indicate that the smoking suppressed the fatigue of the leg muscle in the maximal pedaling. Contrastively, 40seconds power output in the smoking day was not significantly different from that in the non-smoking day, indicating that the smoking did not influence the endurance of the anaerobic work. In addition to that, 40seconds mean power output/weight in the smoking day was not significantly different from that in the non-smoking day, indicating that the smoking did not influence the whole anaerobic work of 40 seconds. From these results it was suggested that the smoking influenced the 100m and 200m run records but not influence the 300m run record of athletic sports.