

青年喫煙者の漸増負荷運動における作業成績及び生理的変量に及ぼす一時的喫煙中止の効果

The effects of temporal smoking cessation on performance and physiological parameters during incremental exercise in young smokers

藤瀬 武彦* 長崎 浩爾**

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of temporal smoking cessation on performance and physiological parameters during incremental exercise in eight young male smokers (16.9 ± 7.0 cigarettes per day). Four of the 8 subjects were free to smoke the cigarettes after getting up on the day of first experiment (S: smoking condition) and did not smoke on second experiment (N-S: non-smoking condition), and the other four subjects were carried out in reverse order. Physical performance (endurance time and total work) was tested with braked bicycle ergometer, which work rate was increased every 2 minutes by 180 kgm until exhaustion under both conditions. Endurance time and total work were significantly increased by 38 sec (3.6%) and 995 kgm (7.9%) under N-S condition as compared with S condition respectively. The $\dot{V}O_{2max}$ and blood lactate concentration immediately after exhaustion were same levels under both conditions. However, the resting and exercise heart rate, and ventilation after 10 min (720 kgm/min), $\dot{V}CO_2$ after 12 min (900 kgm/min) during incremental exercise were significantly lower under N-S condition than those under S condition. These results suggest that temporal smoking cessation on light smokers dose appear to reduce physiological responses during incremental exercise at heigher work rate, and to enhance endurance performance.

Key words : cigarette, young smoker, temporal smoking cessation, endurance performance, physiological parameter

*FUJISE, Takehiko [新潟国際情報大学 情報文化学部 情報システム学科]

**NAGASAKI, Koji [新潟国際情報大学 情報文化学部 体育非常勤講師]

I. 緒言

一般に喫煙が癌や心疾患など健康に対して悪影響を及ぼすことは周知の事実であり、それらの関連性については数多くの調査により明らかにされている。1998年には癌死者の中で肺癌による死者が最多になるのが確実になり、喫煙の影響が深刻であることが報告された²³⁾。日本人の喫煙率は、世界各国と比較すると男性は高く女性は低いのが特徴であり¹⁸⁾、1999年の厚生省の調査²⁴⁾では成人男性が52.8%で女性が13.4%と報告された。例えば、アメリカ人の喫煙率(1993年)は、男性が27.7%で女性が22.5%であるが、喫煙率は男女とも減少している¹⁾。しかし、日本人全体の喫煙率は横ばいであるが、特に20代女性の喫煙率は十年来顕著な増加を示し、1999年には23.2%²⁴⁾の過去最高を記録している¹⁹⁾。このことは母性保健においても重大な問題であろう。

一方、喫煙が基礎体力や運動能力に及ぼす影響についても数多くの報告がなされている。例えば、トレッドミルによる漸増負荷テストでは喫煙者の方が非喫煙者よりも持続時間が短いこと¹²⁾、1500m走及び踏み台昇降テストの記録は喫煙者が劣ること²⁶⁾、最大酸素摂取量は喫煙者が劣ること^{8, 13)}などである。過去には喫煙が体力に何ら影響を与えないという報告もなされている^{16, 25)}が、近年の研究においては特に持久的な運動種目では喫煙者が非喫煙者よりも作業成績が劣るとする見解はおよそ一致している。

従来、喫煙と体力に関する研究は、運動テストにおいてある一定期間の喫煙習慣による影響²⁶⁾や喫煙者と非喫煙者との作業成績を比較したものが多く^{6, 12, 20)}。また、喫煙による生理応答は静脈投与に匹敵するくらい速やかに作用するといわれており²⁷⁾、運動直前における一過性の喫煙の影響についても報告されている⁹⁾。さらに喫煙者の一時的な喫煙中止が作業成績や生理応答に及ぼす影響についても検討されており、一時的に喫煙を中止すると運動能力が低下したもののそれは喫煙後に改善されたことも示されている⁶⁾。しかし、今日までに喫煙者の一時的喫煙中止と基礎体力や運動能力との関係についての研究はまだ少ないうえに、被験者の喫煙本数や喫煙歴など実験条件が様々であり、これらの関連性については一致した見解が得られていないのが現状であろう。

そこで本実験では、大学生の喫煙者を対象に漸増負荷運動直前に一時的な喫煙中止を行わせて、その作業成績及び生理的変量にどのような影響を及ぼすか比較検討した。

II. 方法

A. 被験者

被験者はN大学の活動的な男子大学生喫煙者(1日10本以上、喫煙歴2年以上)8名とした。彼らの身体特性等は表1に、また実験当日の喫煙状況を表2に示した。表中の体脂肪率は、上腕背部及び肩甲骨下部の皮下脂肪厚を測定することにより求めた⁹⁾。なお、実験に先立ち、その目的、方法、及び安全性について彼等に説明し実験の同意を得た。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subjects	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)	Duration of smoking (yr)	Number of cigarette smoking (cig/day)
A	21	176	61	12	3	20
B	23	177	68	15	4	10
C	20	181	99	20	2	20
D	22	166	51	12	4	10
E	22	170	58	11	4	10
F	23	175	89	33	7	15
G	21	181	59	12	7	30
H	22	181	77	12	4	20
Mean	21.8	175.9	70.3	15.9	4.4	16.9
SD	1.0	5.5	16.7	7.5	1.8	7.0

Table 2. Cigarette smoking of each subject on the day of experiment in smoking condition.

Subjects	Number of cigarette smoking before exercise (cig)	Time from wake to exercise (hr)	Number of cigarette smoking before exercise (cig/hr)
A	4	2.8	1.4
B	3	6.0	0.5
C	3	2.5	1.2
D	8	6.2	1.3
E	3	3.8	0.8
F	11	3.9	2.8
G	15	5.0	3.0
H	6	3.5	1.7
Mean	6.6	4.2	1.6
SD	4.4	1.4	0.9

B. 最大運動テスト

運動方法は自転車エルゴメーター(Monark社製)を用いた漸増負荷法とした。すなわち、毎分60回転のペダリング頻度(メトロノームに同調させた)で0 kpから2分毎に0.5 kp(180 kgm/min)ずつ負荷を漸増し、疲労困憊まで至らしめるものであった。なお、疲労困憊の判定は、被験者がメトロノームに合わせてペダルを漕げなくなった時点とし、最高心拍数180 b/min以上、酸素摂取量のleveling off、呼吸交換比1.00以上、血中乳酸値8 mM以上などの基準を指標とした。

この最大運動テストは各被験者とも1週間の間隔において2回行い、1回目のテストでは8名中4名の被験者が起床から安静値の測定開始まで通常通りに喫煙を行わせ(以下喫煙条件とする)、他の4名は起床から測定開始まで一時的に喫煙を中止させてからテストを行かせた(以下喫煙中止条件とする)。2回目のテストではそれぞれ1回目と逆の条件で行った。なお、テスト当日には被験者は原則として朝9時以前に起床して朝食をとらせ、測定開始前2時間以降の食事を禁止とした。

なお、喫煙条件及び喫煙中止条件における作業成績の評価は、最大運動テストの運動持続時間及び総仕事量により比較するものとした。

C. 測定項目

1. 心拍数

心拍数は、心電図モニター(日本光電 BSM-7103)を用いて、双極胸部誘導法により求めた。まず、被験者に20分間の安静をとってもらい、その後の5分間の心拍数を1分毎に連続して記録した。安静時の心拍数はその5分間の平均値とし、運動時の心拍数は運動開始後1分毎に連続して記録した。

2. 酸素摂取量及び二酸化炭素排出量

酸素摂取量(以下 $\dot{V}O_2$)及び二酸化炭素排出量(以下 $\dot{V}CO_2$)はダグラスバッグ法により求めた。すなわち、まず安静値を求めるために20分間の仰臥安静後に5分間の採気を、運動時は運動開始1分後から2分毎に1分間の採気を行い、疲労困憊になると予想される数分前から連続採気を行った。呼気ガスの分析には日本電気三栄呼気ガス分析器(Respina IH26)を用いた。これは予め、太陽東陽酸素株式会社製の超高純度窒素(99.9999%)及び標準ガス(15.2% O_2 + 4.9% CO_2)によって校正した。また、換気量は品川精器株式会社製乾式ガスメーター(MODEL DC-5A)により求め、各採気ごとの $\dot{V}O_2$ 及び $\dot{V}CO_2$ を算出するとともに、これらの値から呼吸交換比($\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$)を算出した。

3. 血中乳酸値

血中乳酸値は、安静の採気終了後及び疲労困憊直後にオートレットにより指先を穿刺してキャピラリーチューブ(YSI 1505 CAPILLARY DISPENSERS, 25 μ l)を用いて採血し、Yellow

Springs Instrument 社製乳酸分析器 (YSI 1500 SPORT) によって測定した。

D. 統計処理

測定値は平均及び標準偏差で示した。喫煙条件及び喫煙中止条件における各測定値の比較は、paired t-testにより検定した。なお、統計的な有意性は危険率5%水準未満とした。

Ⅲ. 結果

A. 作業成績

最大運動テストにおける運動持続時間及び総仕事量は表3に示した。運動開始から疲労困憊までの持続時間は、喫煙条件が1055(17分35秒)±159秒であるのに対して喫煙中止条件が1093(18分13秒)±165秒であり、一時的な喫煙中止により38秒(3.7%)向上し、統計的に有意であった($p=0.0270$)。また、総仕事量は喫煙条件が12627±4099 kgmであるのに対して一時禁煙条件が13622±4404 kgmであり、一時的な禁煙により995 kgm(7.9%)増加し、統計的に有意であった($p=0.0316$)。

なお、作業成績に関しては喫煙中止条件で向上した被験者は8名中5名、両条件で変わらなかった被験者が2名、喫煙中止条件で低下した被験者が1名であった。

Table 3. Endurance time and total work of performance test under smoking and non-smoking conditions.

Subjects	Smoking		Non-smoking	
	Endurance time (sec)	Total work (kgm)	Endurance time (sec)	Total work (kgm)
A	1107	13689	1096	13392
B	960	10080	1020	11520
C	1260	18000	1260	18000
D	840	7560	840	7560
E	960	10080	990	10800
F	990	10800	1080	12960
G	1020	11520	1080	12960
H	1303	19290	1380	21780
Mean	1055	12627	1093	13622
SD	159	4099	165	4404
increase (%)			3.6	7.9
significance			*	*

Between-condition differences were analysed by paired t-test method.

* : $p < 0.05$

B. 心拍数

安静時及び運動時の心拍数の変動は図1に示した。心拍数は安静時、運動開始後2分(0 kpm/min)、8分(540 kpm/min)、10分(720 kpm/min)、12分(900 kpm/min)、及び14分(1080 kpm/min)の時点で喫煙中止条件が喫煙条件よりも有意に低値を示した。

なお、最高心拍数は喫煙条件で 191 ± 8 b/min、喫煙中止条件では 189 ± 10 b/minであり、両条件ともほぼ同等の値であった。

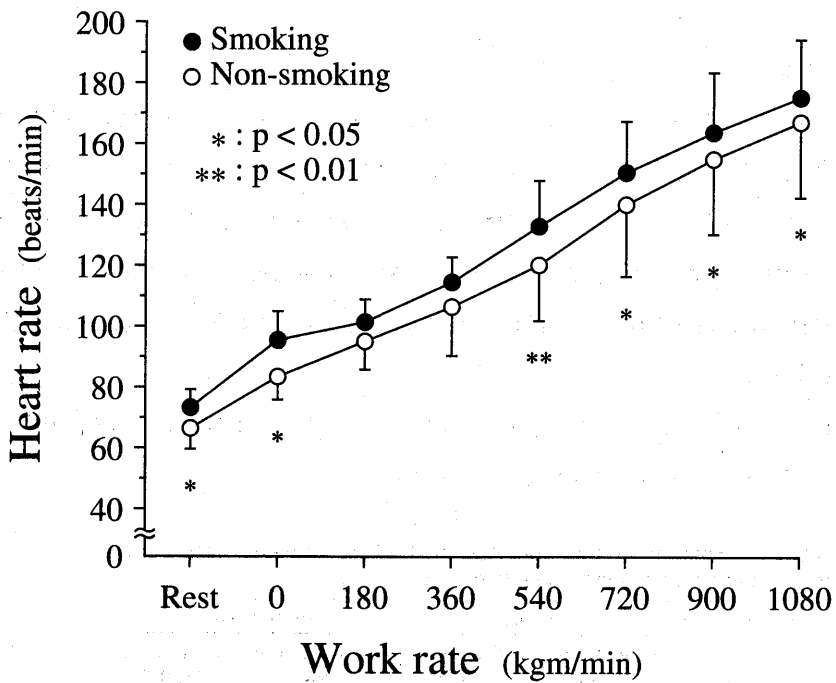


Fig. 1. Heart rate (n=8, means \pm SD) during exercise under smoking and non-smoking conditions.

C. 換気量

安静時及び運動時の換気量(STPD)の変動は図2に示した。換気量は運動開始後10分(720 kpm/min)、12分(900 kpm/min)、及び14分(1080 kpm/min)の時点で喫煙中止条件が喫煙条件よりも有意に低値を示した。

なお、最大換気量は喫煙条件で 104.3 ± 15.1 l/min、喫煙中止条件では 106.0 ± 16.8 l/minであり、両条件ともほぼ同等の値であった。

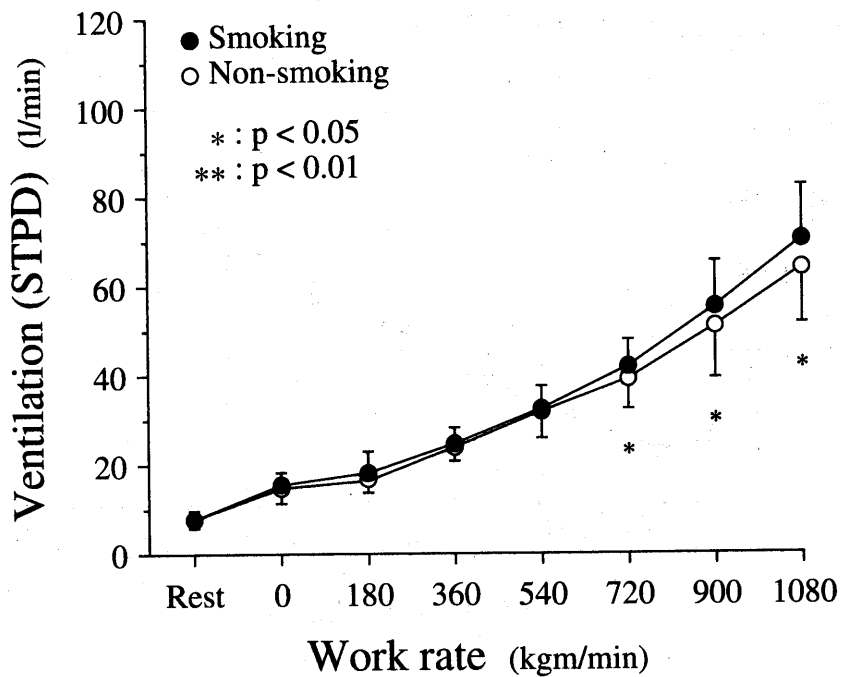


Fig. 2. Ventilation (n=8, means \pm SD) during exercise under smoking and non-smoking conditions.

D. 酸素摂取量

安静時及び運動時の $\dot{V}O_2$ の変動は図3に示した。運動時の $\dot{V}O_2$ は喫煙中止条件の方が喫煙条件よりも低値を示す傾向にあり、運動開始後12分(900 kpm/min)の時点では有意差が認められた。

なお、最大酸素摂取量(以下 $\dot{V}O_{2max}$)は喫煙条件で 3060 ± 661 ml/min、喫煙中止条件では 3087 ± 728 ml/minであり、両条件ともほぼ同等の値であった。

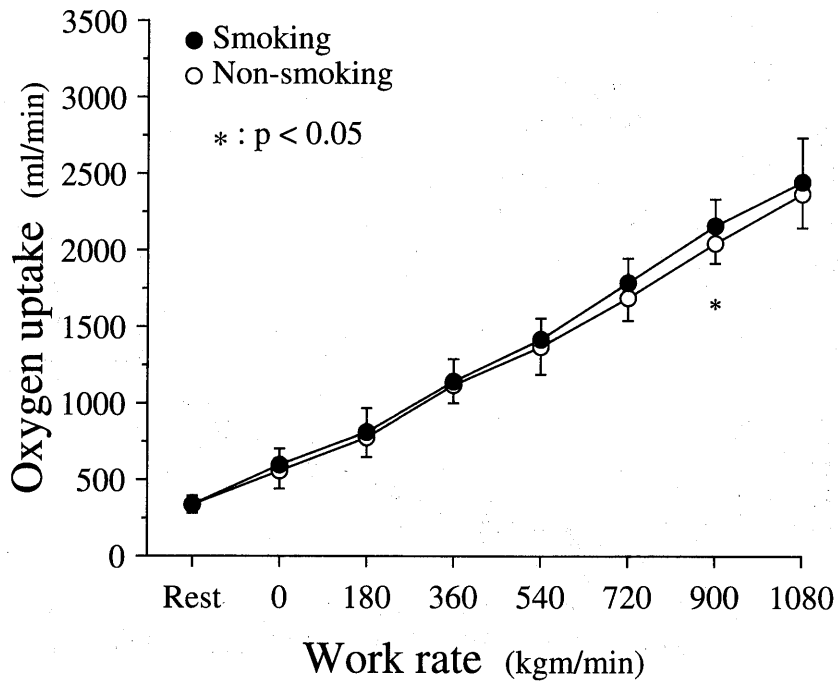


Fig. 3. Oxygen uptake (n=8, means \pm SD) during exercise under smoking and non-smoking conditions.

E. 二酸化炭素排出量

安静時及び運動時の \dot{V}_{CO_2} の変動は図4に示した。運動時の \dot{V}_{CO_2} は運動開始後12(900 kpm/min)及び14分(1080 kpm/min)の時点で喫煙中止条件の方が喫煙条件よりも有意に低値を示した。

なお、最大二酸化炭素排出量は喫煙条件で 3260 ± 636 ml/min、喫煙中止条件では 3281 ± 635 ml/minであり、両条件ともほぼ同等の値であった。

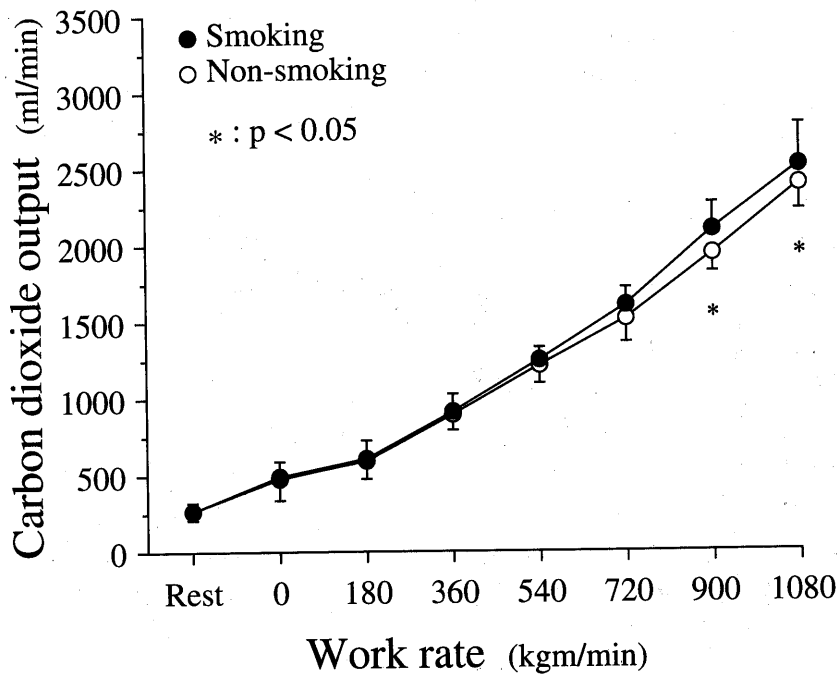


Fig. 4. Carbon dioxide output (n=8, means \pm SD) during exercise under smoking and non-smoking conditions.

F. 呼吸交換比

安静時及び運動時の呼吸交換比の変動は図5に示した。安静時の呼吸交換比は、喫煙中止条件の方が喫煙条件よりも低値を示す傾向にあったが両条件間に有意差は認められなかった。

なお、疲労困憊時点あるいは直前の呼吸交換比(最高値)は、喫煙条件で 1.078 ± 0.087 、喫煙中止条件では 1.078 ± 0.081 であり、両条件ともほぼ同等の値であった。

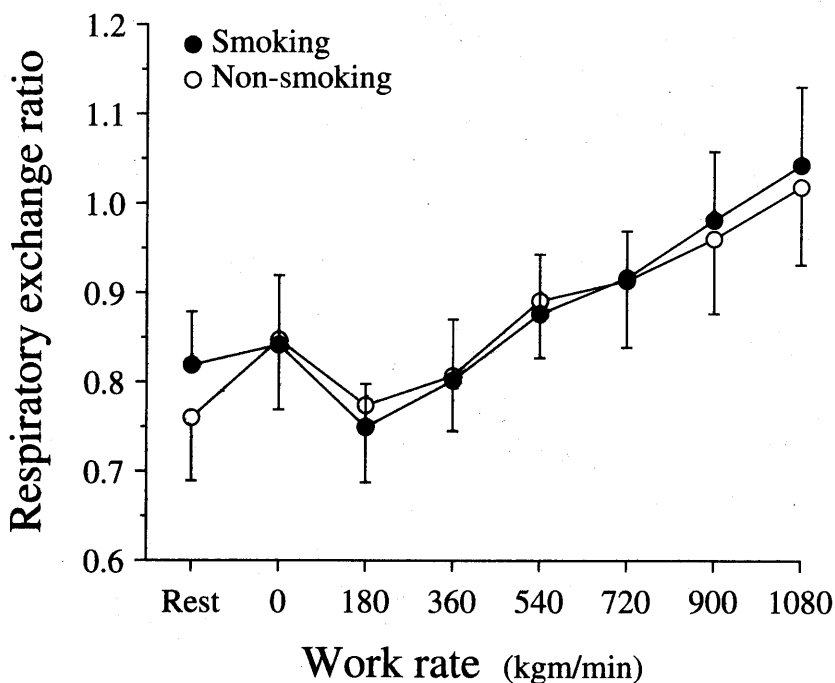


Fig. 5. Respiratory exchange ratio (n=8, means \pm SD) during exercise under smoking and non-smoking conditions.

G. 血中乳酸値

安静時及び疲労困憊直後の血中乳酸値は図6に示した。これらの値はそれぞれ喫煙条件で 1.52 ± 0.25 mM及び 10.84 ± 1.34 mM、一時禁煙条件で 1.47 ± 0.29 mM及び 11.00 ± 1.33 mMであり、両条件ともほぼ同等な値であった。

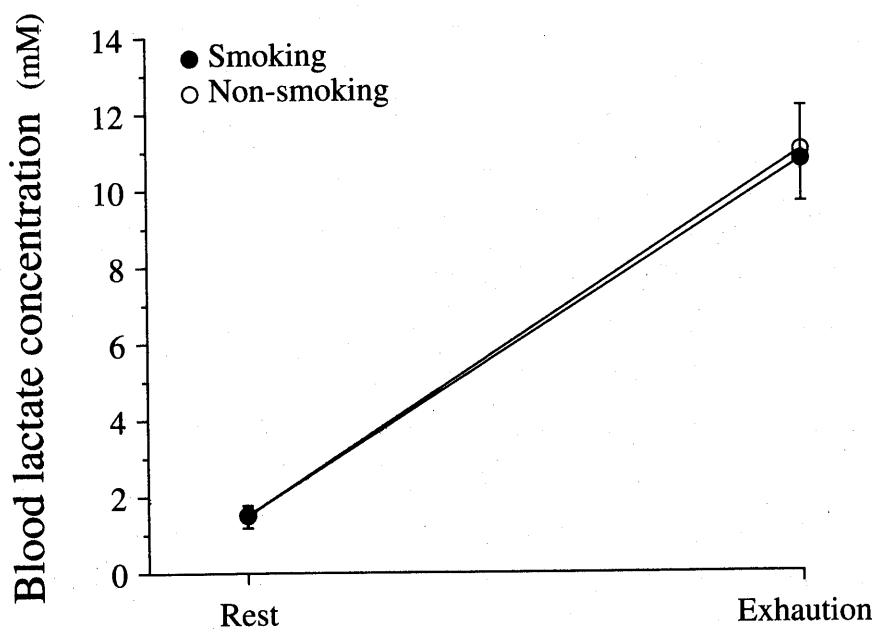


Fig. 6. Blood lactate concentration (n=8, means \pm SD) at rest and Exhaustion under smoking and non-smoking conditions.

IV. 考 察

タバコの煙の中で基礎体力や運動能力に影響を及ぼすと思われる主たる薬理作用物質は、ニコチン($C_{10}H_{14}N_2$)及び一酸化炭素(CO)であろう。タバコ1本中には10 mg前後のニコチンが含まれており、喫煙により体内に1~2 mg吸収され²⁷⁾、副腎髄質からカテコールアミン分泌を促進するとともに交感神経末端からはノルアドレナリンを遊離し、心機能亢進や末梢血管収縮などを生じさせる^{10, 15)}。一方、COは赤血球内ヘモグロビン(Hb)と結合してカルボキシヘモグロビン(CO-Hb)となる^{14, 15)}。COはO₂に比べてHbとの親和性が200倍以上あるため相対的に全身に酸欠状態をもたらすことになる^{15, 18)}。血中における喫煙後のニコチンの半減期は約40分²⁾であり、COの半減期は約3~4時間³⁾とされている。本実験の喫煙条件では、最大運動テスト直前に喫煙することは呼吸循環機能に大きな負担をかけることから被験者には運動開始前1時間以降は喫煙は避けさせたが、起床から運動開始まで平均4.2時間の間に6.6本の喫煙(1.6本/h)を行っている。安静時に喫煙すると心拍数が有意に増加することが知られている²²⁾が、本実験でも安静時の心拍数は喫煙条件の方が喫煙中止条件よりも有意に高値を示したことから、ニコチンやCOの薬理作用は運動開始時まで残っていたものと思われる。

本実験では、最大運動テストにおける運動持続時間が喫煙中止条件の方が喫煙条件よりも38秒(3.7%)延長し、同様に仕事量が995 kgm(7.9%)増加し、これらは統計的に有意なものであった。今回の実験条件では喫煙ということで二重盲検法の適応ができず、被験者において一時的な禁煙行為により作業成績が向上するかもしれないという自己暗示的な効果を完全に否定することはできないかもしれない。しかし、喫煙条件及び喫煙中止条件で疲労困憊時の呼吸交換比が1.00、また血中乳酸値も10 mMを超え、さらにその他の生理的指標が両条件ではほぼ同等の値であったことから、ともに疲労困憊まで最大努力で運動が遂行されたものと判断できるであろう^{4, 11)}。これらの結果は、青年喫煙者のトレッドミルによる漸増負荷テストの持続時間が非喫煙者よりも8%短かったものの、疲労困憊時点の生理的指標には有意差が認められなかったとする過去の報告¹²⁾を支持するものといえるであろう。

喫煙と血中諸化学物質との関連性についての報告もなされている²¹⁾が、運動時のそれらの変動に関しては、自転車エルゴメーター運動を VO_{2max} の50%強度で60分間行わせた報告⁹⁾では、喫煙者に運動直前に1本喫煙させると運動時の血中乳酸値は非喫煙者よりも有意に高値を示したが、グルコース、遊離脂肪酸、呼吸交換比、インスリン、グルカゴン、ノルアドレナリンなどには有意差が認められなかったことが示されている。本実験では同一被験者を用いて喫

煙の影響を検討し、また運動時に血中の諸化学物質の測定を行わなかったが、漸増負荷運動時に心拍数が8分(540 kgm/min)以降、換気量が10分(720 kgm/min)以降、 $\dot{V}CO_2$ が12分(900 kgm/min)以降では喫煙中止条件の方が喫煙条件よりも有意に低値を示した。換気性閾値³⁰⁾で全身持久力が評価される^{17, 29)}ことから運動時の換気量に有意差が生じた10分時点で着目すると、喫煙条件における $\dot{V}O_2$ は 1786 ± 165 ml/minであり、これは同条件の $\dot{V}O_{2max}$ (3060 ± 165 ml/min)の58.4%に相当する。従って、生理機能に及ぼす喫煙の影響は低強度の運動では認められず、 $\dot{V}O_{2max}$ の50%を超えるような中等度以上の運動時により顕著に生じることが考えられる。

心拍数は安静時及び運動時全般に、また換気量は特に運動の後半に喫煙中止条件で有意に低値を示した。通常、喫煙者の血中CO-Hbレベルは高値を示す^{7, 14)}が、本実験の喫煙中止条件では起床から運動開始まで平均約4時間の経過時間があり、これに睡眠時間を加えると実質は10時間以上も禁煙していることになる。従って、血中CO-Hbの半減期³⁾から考えてもCO-Hbレベルはほとんど皆無であったことが推測できる。本来、喫煙による血中CO-Hbレベルの上昇は、酸素運搬能力の低下や心拍数の増加による心臓の仕事量の増大などをもたらし、呼吸循環機能の効率を低下させるものと考えられている^{4, 15)}が、喫煙者の一時的な喫煙中止による持久的運動能力の向上は、そのような喫煙による生理的な負担を軽減したことによるものといえよう。

鍛錬された青年喫煙者と非喫煙者ともに2本の喫煙を行わせた直後にトレッドミルによる漸増負荷運動を行わせた報告²²⁾では、両群とも喫煙による $\dot{V}O_{2max}$ の有意な低下は認められなかったが、非喫煙者は喫煙によって持続時間が有意に低下したことが示されている。一方、青年重度喫煙者(ヘビースモーカー、20本/日以上)は11~120分間の一時的喫煙中止を行わせると静的バランス能力が42%低下し、視覚による反応時間や体肢を動かす速さも低下した。これらの低下はパーキンソン病における運動の症状に似ており、喫煙することにより改善されるとの報告もなされている⁶⁾。本実験では1日の平均喫煙本数が16.9本の軽度喫煙者(ライトスモーカー、20本/日以下)を被験者に用いて、その一時的な喫煙中止が持久的最大運動の作業成績に好影響をもたらした。以上のように、喫煙と基礎体力や運動能力の関連性に関する研究では、個人のタバコに対する感受性、喫煙状態(タバコの種類、本数、口腔喫煙か肺喫煙かなど)などの実験上の問題点が考えられる²⁸⁾が、おそらく喫煙者が持久的最大運動前に一時的喫煙中止を行うことには、心拍数や換気量などの生理的応答の低下を促し、同時に作業成績に好影響を及ぼすことは明らかであろう。

V. 結 語

本実験では、喫煙者の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。被験者は男子大学生喫煙者8名であり、喫煙条件及び喫煙中止条件で疲労困憊まで運動を行わせた。

- 1) 最大運動テストにおける運動持続時間は一時的な喫煙中止により38秒(3.6%)向上し、総仕事量は995 kgm(7.9%)増加し、ともに統計的に有意であった($p < 0.05$)。
- 2) 心拍数は安静時には一時的な喫煙中止により有意に低下し、また運動時においてもほぼ同様に喫煙中止条件の方が喫煙条件よりも有意に低値を示した。
- 3) 換気量は運動開始後10分(720 kgm/min)以降、 $\dot{V}CO_2$ は12分(900 kgm/min)以降において一時的な喫煙中止により有意に低値を示した。
- 4) $\dot{V}O_{2max}$ 及び疲労困憊時の血中乳酸値は、喫煙条件及び喫煙中止条件でほぼ同等であった。

以上の結果から、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が明らかになった。

文 献

- 1) アメリカ合衆国商務省センサス局 (1998) 現代アメリカデータ総覧1997. 東洋書林, 東京: pp.145.
- 2) Artitage, A. K., Dolley, C. T., George, C. F., Houseman, H. T., Lewis, P. J., and Turner, D. M. (1975) Absorption and metabolism of nicotine from cigarettes. *Br. Med. J.*, 8: 313-316.
- 3) 浅野牧茂 (1980) タバコ煙成分と喫煙の生理薬理. 喫煙の医学的問題-内外の研究と展望. 結核予防会: pp.46.
- 4) Astrand, P. O. and Rodahl, K. (1970) *Textbook of work physiology*. 1st ed., McGraw-Hill, New York: pp.279-318.
- 5) Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T., and Keys, A. (1963) Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumption. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110: 113-140.
- 6) Burtscher, M., Liker, R., Pechlaner, C., Kunz, F., and Philadelphia, M. (1994) Motor symptoms similar to Parkinsonism in heavy smokers. *Int. J. Sports Med.*, 15: 207-212.
- 7) Castleden, C. M. and Cole, P. (1974) Variations in carboxyhaemoglobin levels in smokers. *Br.*

Med. J., 28: 736-738.

- 8) Chatterjee, S., Dey, S. K., and Wag, S. K. (1987) Maximum oxygen uptake capacity of smokers of different age groups. *Jpn J. Physiol.*, 37: 837-850.
- 9) Colberg, S.R., Casazza, G. A., Horning, M. A. and Brooks, G. A. (1995) Metabolite and hormonal response in smokers during rest and sustained exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27: 1527-1534.
- 10) Cryer, P. E., Haymond, M. W., Santisgo, J. W. and Shah, S. D. (1976) Norepinephrine and epinephrine release and adrenergic mediation of smoking associated hemodynamic and metabolic events. *N. Engl. J. Med.*, 295: 573-577.
- 11) Davies, C. T. M. (1968) Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. *J. Appl. Physiol.*, 24: 700-706.
- 12) Dressendorfer, R. H., Amsterdam, E. A. and Odland, T. M. (1983) Adolescent smoking and its effect on aerobic exercise tolerance. *the physician and sportsmedicine*, 11: 108-119.
- 13) Ekblom, B. and Hout, R. (1972) Response to submaximal and maximal exercise at different levels of carboxyhemoglobin. *Acta physiol. scand.*, 86: 474-482.
- 14) Goldmith, T. R. and Landaw, S. A. (1968) Carbon monoxide and human health. *Science*, 162: 1352-1359.
- 15) 五島雄一郎 (1993) 目で見る喫煙のリスクと禁煙指導法. 朝日ホームドクター社, 東京: pp.145.
- 16) Henry, F. M. and Fitzhenry, J. R. (1950) Oxygen metabolism of moderate exercise, with some observations on the effects of tobacco smoking. *J. Appl. Physiol.*, 2: 464-468.
- 17) 井上辰樹, 戸塚 学, 富岡 徹, 丹羽哲次, 広田公一 (1993) 800m走ラストスパートのエネルギー供給機構. *体力科学*, 42: 173-182.
- 18) 厚生省 (1992) 喫煙と健康 喫煙と健康問題に関する報告書. 保健同人社, 4刷, 東京: pp.7-12.
- 19) 厚生省 (1998) 国民栄養の現状 平成9年国民栄養調査結果. 第一出版, 東京: pp.110-113.
- 20) 久島公夫, 和泉堯己, 坂井 学, 佐藤広徳, 高本 登 (1996) 勤労中年男性の体力及び血圧と喫煙習慣の関連. *体育学研究*, 40: 304-315.
- 21) 久島公夫, 和泉堯己, 坂井 学, 高本 登, 佐藤広徳 (1997) 勤労中年男性の血清脂質

- に及ばず喫煙習慣の影響. 体育学研究, 41: 463-473.
- 22) Morton, A. R. and Holmik, E. V. (1985) The effects of cigarette smoking on maximal oxygen consumption and selected physiological responses of elite team sportsmen. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 53: 348-352.
- 23) 新潟日報社 (1998) 今年のがん死者肺がん最多に 胃がん抜く見込みたばこの影響深刻. 新潟日報, 1998年10月3日朝刊.
- 24) 新潟日報社 (1999) たばこ依存症1800万人 15-19歳男子は5人に1人喫煙 厚生省調査. 新潟日報, 1999年11月12日朝刊.
- 25) Parker, P. A. (1954) Acute effects of smoking on physical endurance and resting circulation. *Res. Quart.*, 25: 210-217.
- 26) 坂井 学, 高本 登, 佐藤広徳, 久島公夫 (1994) 大学生の体力と短期喫煙習慣の関連. 体育学研究, 39: 90-99.
- 27) 田所作太郎 (1994) 喫煙行動とニコチン. 保健の科学, 36: 71-75.
- 28) 玉木伸和 (1978) 運動生理学トピックス(2) 喫煙と体力. 体育の科学, 28: 572-576.
- 29) 田中喜代次 (1986) 持久性競技成績とAT. 体育の科学, 39: 382-390.
- 30) Wasserman, K., Whipp, B. J., Koyal, S. N. and Beaver, W. L. (1973) Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 35: 236-243.