

運動鍛錬者の喫煙習慣が手指の寒冷血管拡張反応に及ぼす影響

管 原 正 志

長崎大学教育学部生活健康講座

(平成19年10月26日受理)

Effects of habitual smoking on cold-induced vasodilation in trained athletes

Masashi SUGAWARA

Department of Exercise Physiology, Faculty of Education, Nagasaki University

(Received October 26, 2007)

Abstract

The effects of habitual smoking in athletes were evaluated by comparing cold-induced vasodilation (CIVD) between smoking and non-smoking athletes. The finger skin temperature generally decreases when the hand is exposed to cold, but CIVD, i.e., the increase in the finger skin temperature due to dilation of arteriovenous anastomoses, is known to occur with gradual decreases in sympathetic activities, which regulate vascular movements. The finger temperature before coldwater immersion, mean finger skin temperature, and resistance index were higher in non-smokers than in smokers. These results suggest that habitual smoking exerts negative effects on CIVD, which is an index of local resistance to cold.

I. 目的

Lewis¹⁾や Grant²⁾は、手指を氷水中に浸漬すると指皮膚温の低下をもたらすが、健全な手足であれば皮膚に発達している動静脈吻合が開張し、局所血流量が増加して皮膚温を上昇させ、その後上昇と下降を繰り返す hunting reaction, すなわち寒冷血管拡張反応 (CIVD) が起こることを明らかにした。この寒冷血管拡張反応は、寒冷に対する局所性の防御機構で、末梢部の寒冷耐性を示す指標と考えられている。CIVD に影響を及ぼす種々の要因については、Yoshimuraら³⁾、LeBlancら⁴⁾、中村ら⁵⁾、Tanaka⁶⁾⁷⁾、Livingstone⁸⁾、森谷ら⁹⁾、管原ら¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾による研究が行われてきたが、運動鍛錬者の喫煙習慣に関する報告は見られない。喫煙が健康に及ぼす悪影響については、1962年英国王立内科医学会及び1964年米国保健教育福祉省からの報告書が公表されて以来、WHO (世界保健機関) 米・英などで多くの報告書がなされている。我が国でも1970代に入ってから、受動喫煙、公共の場における喫煙が特に注目され、平成15年4月に施行された健康増進法により分煙が義務づけられた。また、各国において健康教育の充実をはじめ、広告規制、たばこ包装への警告表示や、若年者の喫煙対策、公的な場所での喫煙規制などの各種のたばこ対策が積極的に進められている。たばこの煙には、多種類の有害物質が含まれており、そのうち一

酸化炭素は赤血球のヘモグロビンと強力に結びつき一酸化炭素ヘモグロビン (CO-Hb) を形成し血液の酸素運搬機能を妨げ、特に運動時に大きく酸素消費量が増加するが、喫煙習慣者ではその影響は大きい。本研究では、寒冷刺激時の手指における寒冷血管拡張反応に及ぼす喫煙の影響を、運動鍛錬者を対象に喫煙習慣者と非喫煙者について比較検討した。

II. 研究方法

A. 被験者

被験者は、実験の主旨を十分理解し協力を得た、運動部に所属し週5～6回の運動習慣を有する健康な男子大学生、うち一日20本以上の喫煙者11名（喫煙群）、これまで全く喫煙経験の無い非喫煙者14名（非喫煙群）である。

B. 測定項目

体格、体脂肪率 (BF%) と最大酸素摂取量 (Vo₂max) の計測は、寒冷血管拡張反応測定に先立ち実施した。BF%は、体脂肪計 (タニタ, TBF310) で測定した。Vo₂max は自転車エルゴメータ (モナーク社) による漸増負荷法で all-out 直前の呼気ガスをダグラスバックに採気し、ガス量を品川精器乾式ガスメータで、サンプルガスを三栄測器連続呼気ガス分析装置で測定した。寒冷血管拡張反応 (Cold-induced vasodilation, CIVD) は、Yoshimura 法¹³⁾に従い、被験者は、室温26°C前後の実験室で、60分間安静状態を保った後、利き手と反対側の中指末節背部に温度計サーミスタを装着し、防水のために白色ワセリンを塗布した後、5分間の指皮膚温を測定し、これを浸漬前指皮膚温 (Temperature before coldwater Immersion, TBI) とした。次に、中指を第1節まで0.2°Cの水水中に浸漬して指皮膚温を30分間観察した。また、30分後水水中より指を引き上げた後、引き続き10分間の指皮膚温を測定して、その回復状態を観察した。指皮膚温は、ソフトサーモ (テクノ・セブン, E830) を使い、10秒毎の平均値を算出した。得られた個人の値より、浸漬前指皮膚温 (TBI)、指を浸漬させ降下する指皮膚温が最低に達し再上昇する時点の反応発現温度 (Temperature of First Rise, TFR)、TFRまでの反応発現時間 (Time of Temperature Rise, TTR)、浸漬5分から30分までの25分間の平均指皮膚温 (Mean Skin Temperature, MST)、及び浸漬中の最低指皮膚温と浸漬5分から30分までの間の最高指皮膚温との差、反応の大きさ (Amplitude of Temperature, AT) を求め、これらの諸値から中村法¹⁴⁾により抗凍傷指数 (Resistance Index, RI) を求めた。CIVDの測定と時刻は、体温の日周変動が大きい、体温最低期 (朝) と体温最高期 (夕) を避け、春季の10時より14時の間に実施した。尚、測定前日より喫煙を禁止した。得られた全ての測定値は、各項目ごとに平均と標準偏差を算出した。統計処理は、群内の検討は paired t-test、群間の検討は unpaired t-test を用い、いずれの検定も危険率5%をもって有意とした。

III. 結果

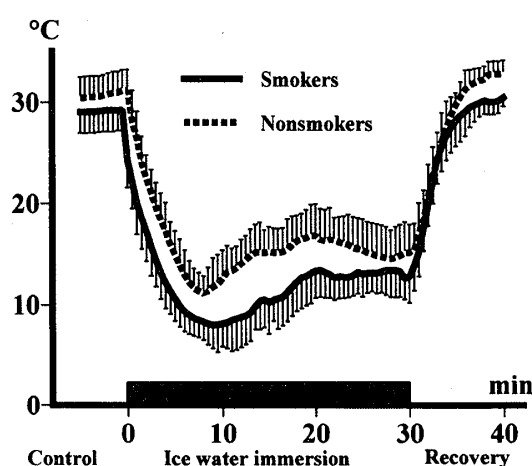
Table 1 に年齢、身長、体重、BF%、Vo₂max、運動歴を群別平均値±SDとして示した。全ての項目間において喫煙群と非喫煙群との差は、認められなかった。

Fig. 1 に水水中に中指を浸漬した時の指皮膚温を喫煙群と非喫煙群について示した。喫煙群の指皮膚温が非喫煙群より低く推移し、水水中より指を引き上げた後 TBI までの回復時間は、喫煙群が遅かった。また両図から読み取られる CIVD 諸値の平均値と標準偏

Table 1 Mean values of physique, maximal oxygen intake, years of experience sports and years of experience smoking in the smokers and nonsmokers.

Subject	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Body Fat (%)	VO ₂ max		years of experience sports (yr)	years of experience smoking (yr)
					(l/min)	(ml/kg/min)		
Smokers (N=11)	23.6 ±0.90	173.4 ±2.2	69.5 ±3.4	13.4 ±2.6	3.46 ±0.42	49.82 ±4.33	6.6 ±0.9	2.4 ±0.8
Nonsmokers (N=14)	23.0 ±0.53	174.1 ±2.4	70.2 ±3.0	12.8 ±2.3	3.52 ±0.39	50.14 ±4.83	7.6 ±1.4	

Values are means±SD.

**Fig.1** Time course of the middle finger skin temperature in the smokers and nonsmokers control, during and recovery ice water immersion. Values are means±SD.**Table 2** Mean values of cold-induced vasodilation responses of the smokers and the nonsmokers in ice water immersion.

Subject	Characteristics of CIVD in ice water					
	TBI (°C)	MST (°C)	TFR (°C)	TTR (min)	RI	AT (°C)
Smokers (N=11)	29.24 ±3.57	11.20* ±2.66	6.85* ±2.40	9.95* ±2.13	11.6* ±1.3	10.93* ±2.72
Nonsmokers (N=14)	31.23 ±2.65	14.71 ±3.04	9.64 ±2.29	8.07 ±2.08	12.6 ±1.1	13.64 ±3.13

TBI : temperature before water immersion.

MST : mean skin temperature (values during the first five minutes of water immersion are excluded).

TFR : temperature at first rise after water immersion.

TTR : time of temperature rise after water immersion.

RI : resistance index.

AT : amplitude of temperature reaction.

Values are means±SD ; * : p<0.05 by t-test between smokers and nonsmokers.

差を Table 2 に示した。TBI は、喫煙群 $29.24 \pm 3.57^{\circ}\text{C}$ 、非喫煙群 $31.23 \pm 2.65^{\circ}\text{C}$ であり、喫煙群が非喫煙群より低い傾向であった。MST は、喫煙群 $11.20 \pm 2.66^{\circ}\text{C}$ 、非喫煙群 $14.71 \pm 3.04^{\circ}\text{C}$ であり、喫煙群が有意 ($p < 0.05$) に低かった。TFR は喫煙群 $6.85 \pm 2.40^{\circ}\text{C}$ 、非喫煙群 $9.64 \pm 2.29^{\circ}\text{C}$ 、TTR は、喫煙群 9.95 ± 2.13 分、非喫煙群 8.07 ± 2.08 分であり、寒冷刺激に対する反応の温度は喫煙群が有意 ($p < 0.05$) に低く、その発現時間も有意 ($p < 0.05$) に遅かった。また、浸漬中の指皮膚温の最高温度と最低温度との差である AT も喫煙群が非喫煙群より有意に小さかった。RI は、喫煙群 $11.6 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ 、非喫煙群 $12.6 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ であり喫煙群が非喫煙群より有意 ($p < 0.05$) に低かった。

IV. 考察

本研究では、運動鍛錬者の喫煙習慣が寒冷血管拡張反応 (CIVD) に及ぼす影響について比較検討した。一般に、喫煙時は、たばこの煙中のニコチンが血管を収縮させて血液の流れを減少させ、一酸化炭素がヘモグロビンとの親和性が強いことによる組織への酸素運搬を妨害することは知られている。

MST については、喫煙群が非喫煙群より低かったことより、皮膚温は血流量によってコントロールされるので、喫煙によって血流が阻害された結果であることが推察される。この様に MST が喫煙群に低い傾向であったのは、喫煙後に毛細血管血流量の低下がみられるという Richardson¹⁵⁾の報告や長期間の喫煙により循環血流量の減少が認められるとする Campisi ら¹⁶⁾の報告からも明らかである。MST が喫煙群に低かった原因として、TBI が喫煙群で非喫煙群より 2.96°C 低くかったことも挙げられるが、喫煙の影響が日常的に生じている結果であることも否めない。管原は¹²⁾、局所耐寒性の評価として TFR や TTR も重要であることを、運動鍛錬者について明らかにしているが、喫煙群が非喫煙群より、TFR は低く TTR は遅い結果であった。MST, TFR, TTR より求められる局所耐寒性の指標 RI については、喫煙群が非喫煙群より低く、やはり喫煙の影響が伺えた。管原は一連の研究^{10~12)}で、運動歴と RI 及び最大酸素摂取量と RI の関係が共に、非鍛錬者より運動鍛錬者に明らかに密接な関係があることを報告している。しかし、本結果では、運動歴と RI の関係 (Fig. 2) と最大酸素摂取量と RI の関係 (Fig. 3) は、共に喫煙群が非喫煙群より低い相関であったことは、運動歴及び最大酸素摂取量に両群差が無かったものの、RI に差があったことの影響であった。また、AT は喫煙群 10.92°C 、非喫煙群 13.64°C 、そして、最低指皮膚温が喫煙群 5.87°C 、非喫煙群 6.37°C であったことは、喫煙群が非喫煙群より相対的に低い指皮膚温での反応であったことが影響していた。

運動競技者への喫煙習慣の影響を明らかにする目的で、運動競技者を対象に喫煙者と非喫煙者について、寒冷血管拡張反応 (CIVD) を比較検討した。一般に手指を寒冷に暴露すると指皮膚温の低下が起こるが、血管運動を支配する交感神経活動の軽減に伴い動静脈吻合が拡張し指皮膚温を上昇させる CIVD が起こることが知られている。結果は、氷水中での浸漬前指皮膚温、平均指皮膚温は、喫煙者群が非喫煙者群より低かった。抗凍傷指数は、喫煙者群が非喫煙者群より低値であった。この事は、喫煙習慣が局所耐寒性の指標である CIVD に negative な影響を及ぼすことが明らかとなった。

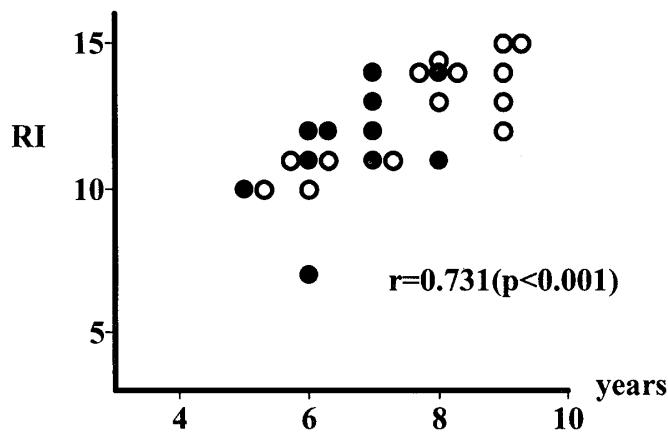


Fig.2 Relation between years of experience of sports and cold resistance index (RI) in the smokers (●, $r=0.505$) and the nonsmokers (○, $r=0.844$).

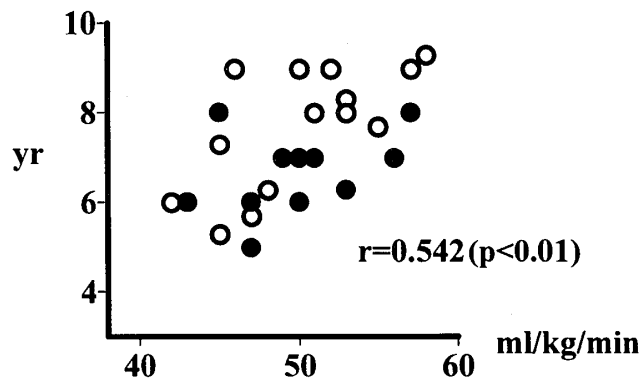


Fig.3 Relation between maximal oxygen intake and year of experience of sports in the smokers (●, $r=0.356$) and the nonsmokers (○, $r=0.682$).

文献

- 1) Lewis, T. : Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart*, 15, 177-208, 1930.
- 2) Grant, R. T. and Bland, E. F. : Observations on arteriovenous anastomoses in human skin and in bird's foot with special reference to the reaction to cold. *Heart*, 15, 385-411, 1931.
- 3) Yoshimura, H., Iida, T. and Koishi, H. : Studies on the reactivity of skin vessels on extreme cold. Part 3. Effects of diets on the reactivity of skin vessels to cold. *Jpn. J. Physiol.*, 2, 310-315, 1952.
- 4) LeBlanc, J., Hildes, J. A. and H roux, O. : Tolerance of Gasp fisherman to cold water. *J. Appl. Physiol.*, 15, 1031-1034, 1960.
- 5) 中村正, 渡辺孟, 菅原和夫, 榎本六良, 桑野紘一, 山口洋一, 深堀英彦. 寒冷血管反応による局所耐寒性の評価法の新しい試み. *長崎医学誌*, 47, 180-187, 1972.
- 6) Tanaka, M. : Experimental studies on human reaction to cold, Differences in the vascular hunting reaction to cold according to sex, season, and environmental temperature. *Bull. Tokyo med. and Dent. Univer.*, 18, 269-280, 1971.

- 7) Tanaka, M. : Experimental studies on human reaction to cold, With reference to difference between males and females. Bull. Tokyo med. and Dent. Univer., 19, 1-18, 1972.
- 8) Livingstone, S. D. : Change in cold-induced vasodilation during Arctic exercises. J. Appl. Physiol., 40, 455-457, 1976.
- 9) 森谷潔. 運動鍛錬者の局所寒冷反応. 日生氣誌, 18(3), 16, 1981.
- 10) 管原正志, 中村正, 平田文夫, 野口正憲. 身体運動が寒冷血管反応成績に及ぼす影響. 体力科学, 31(3), 164-165, 1982.
- 11) 管原正志, 中村正. 運動鍛錬と寒冷血管反応. 体力科学, 32(1), 1-7, 1983.
- 12) 管原正志, 田井村明博. 最大酸素摂取量の違いによる寒冷暴露下での体温調節反応と寒冷血管反応. 体力科学, 45(1), 101-109, 1996.
- 13) Yoshimura, H. and Iida, T. : Studies on the reactivity of skin vessels on extreme cold. Part 2.. Factors governing the individual difference of the reactivity, or the resistance against frost bite. Jpn. J. Physiol., 2, 177-185, 1952.
- 14) 中村正, 渡辺猛, 槌本六良, 管原正志, 菅原和夫. 指の寒冷血管反応の新たな評価法. 日本衛生学雑誌, 32(1), 268, 1977.
- 15) Richardson, D. Effects of tobacco smoke inhalation on capillary Flow in human skin. Archive Environmental Health, January-February, 19-25, 1987.
- 16) Campisi, R., Czernin, J., Schoder, H., Sayre, J. W., Marengo, F. D., Phelps, M. E. and Schelbert, H. R. Effects of long-term smoking on myocardial blood flow, coronary vasomotion, and vasodilator capacity. Circulation, 98(2), 119-1125, 1998.