HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	喫煙と全身持久性
Author(s)	須田, 力
Citation	北海道大學教育學部紀要, 35, 147-182
Issue Date	1980-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29213
Type	departmental bulletin paper
File Information	35_P147-182.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

喫煙と全身持久性

須田　力

Cigarette Smoking and General Endurance

Tsutomu Suda

Summary

Pharmacological, pathological and epidemiological studies on cigarette smoking show that cigarette smoking is closely associated with coronary arterial diseases, atherosclerosis or chronic bronchipulmonary diseases. On the other hand, the effect of endurance training or aerobic exercise upon the prevention of these diseases is emphasized.

Previous workers concerning this problem have obtained various results and expressed different conclusions. In Japan, the opinion that cigarette smoking reduces the physical fitness is not so strong, and consequently, the population of smoker is relatively large among athletes.

This paper is concerned with the effects of cigarette smoking on the general endurance by rearranging previous data methodologically. I attempted to consider this problem critically in relation to the endurance tests adopted in Japan.

There were two approaches to this problem.

(1) Comparison between smoking state and control (no smoking) state of the same subjects.

(2) Comparison between smokers and nosmokers.

Another standpoint is concerned with the index for detecting the effects of smoking.

(1) Changes in the physiological responses to a maximal or submaximal physiological work.

(2) Differences of the performances.

The most remarkable, acute effects of the inhalation of one or two cigarettes at rest are an increase of heart rate (Juurup & Muido, 1946, Parker, 1954, Kerrigan et al, 1968, Goldbarg et al, 1971, Krone et al, 1972) or a rise of blood pressure (Parker, Kerrigan et al, Goldbarg et al.,).

On the other hand, respiratory parameters such as oxygen up take, respiratory rate, or ventilation commonly do not change (Juurup & Muido, Henry & Fitzhenry, 1950, Krone et al.,).

Firstly, I analyzed the cigarette smoking effects on the physiological responses to a submaximal load of exercise. I claimed that smoking one piece of cigarette

prior to the Step Test exercise increased the heart rate and influenced on the score. However, this study showed that individual differences in the smoking effects were large and the effects were only acute, and furthermore, respiratory functions such as the volume of oxygen uptake, respiratory rate or ventilation did not changes as formerly reported.

These cardiovascular resposes to cigarette smoking are explained in terms of the action of absorbed nicotine which induces the secretion of catecholamine (Short and Jonson, 1939, Kershbaum, 1964, Irving and Yamamoto, 1963, Soloff, 1963). The nicotine effects are regarded as acute but their transient and cumulative effects are not yet confirmed.

Previous investigators compared the responses to a given load of exercise for smokers and nonsmokers, and reported that smokers show higher heart rate at rest, during exercise or recovery (Blackburn et al., 1960, Cunningham et al. 1972). On the contrary, Krumhorz et al. (1964) and Cooper et al. (1968) have seen no significant difference between smokers and nonsmokers with respect to these effects.

Maximum oxygen uptake ($\dot{V}$omax), reported by Chevalier et al. (1968), Krumhorz et al. (1964), Raven et al. (1974), Yamaji (1978), is not different between smokers and nonsmokers. Oxygen debt and the rate of oxygen debt are higher in smokers than nonsmokers (Chevalier et al., Krumholz et al.) and this finding indicates smokers disadvantage of aerobic work.

Secondly, I examined if the the heart rate response to the Step Test (which is adopted to evaluate endurance in Japan for young people) can detect the chronic effects of cigarette smoking. By imposing the Step Test (40cm high, 1 up and down per 2 seconds for 3 minutes) on our University students of 77 smokers and 51 nonsmokers (men, mean age 19.3 year), heart rate was measured by the recording of E. C. G. at rest, during exercise and recovery period.

Physical characteristics and the total score of the Physical Fitness Test are equal between two groups. Result showed that for these two groups (they were almost the same in many characteristics, e. g. athletic history and usual physical activities except smoking habit) the heart rate at rest, during exercise and recovery period were not different. One year follow-up study of the Step Test for 29 smokers and 10 nonsmokers revealed no differences of the heart rate in these three state of the Step Test.

With reference to endurance performance, the workers (Parker, 1954, Karpovich & Hale, 1951, Reeves & Morehouse, 1950, Cooper et al., 1968), using different methods, reported various results.

Among them, Cooper and his coworkers concluded, from the cross sectional and longitudinal study of 419 air men, that cigarette smoking brings decline of the endurance performance and affects the training efficiency.

Thirdly, I thought that 1500m Run which is adopted in Japan for Athletic Test for youth can measure the cigarette smoking effects. The working hypothesis was that smokers should show less performance, even if they attained the same level of the Step Test score as nonsmokers.

The results obtained supported this hypothese; with the comparisons of two groups whose smoking habit was different but athletic history and usual activities were the same, smokers were observed to be late at goal by 23-57 seconds ($P<0.05$) than nonsmokers. Among smokers, those who smoked more than 10 cigarettes per day were significantly inferior to those who smoked less than 10 per day.

The total score of the Physical Fitness Test and Step Test score of two groups were almost the same. Consequently, I also confirmed the results reported by Kennedy (1931) and Cooper et al. (1968).

For aged subjects (30-59 year men in my University), the results of the Adult Physical Fitness Test suggested that smoking affects cardio-respiratory functions chronically and cumulatively and harms aerobic capacity.

That is, in this test, 97 smokers' arrival time of the 1500m Fast Walk was on the average 44 seconds worse than 36 nonsmokers' arrival time ($P<0.001$), though other items of the Adult Physical Fitness Test revealed no difference.

In short, no obvious differences between cigarette smokers and nonsmokers of young population were acquired by means of the physiological responses to a maximal or submaximal load of exercise. While remarkable differences between two groups were obtained from the data measured by the endurance performance.

I discussed these cause-effect relationship in terms of the action of nicotine and carboxyhemoglobin (COHb) inhaled by smoking.

目　　次

第1章　喫煙の生理と持久性運動における O_2 運搬系諸反応
　に対する急性の影響……151
1. Nicotine の生理，代謝機能への影響……151
2. 血中 COHb 濃度の O_2 運搬能，全身持久性への影響……152
3. 一定負荷運動による呼吸循環，血液諸指標への喫煙の急性の影響……154
4. 踏み台昇降運動による呼吸ガス代謝，循環反応への
　喫煙の急性の影響に関する実験研究……156
第2章　喫煙習慣と一定負荷運動による生理的反応と節煙，
　禁煙による呼吸循環機能の改善……160
1. 節煙，禁煙による呼吸循環諸機能の改善……160
2. 喫煙者と非喫煙者の一定負荷運動による生理的反応差……161
3. 大学生の喫煙習慣と踏み台昇降運動成績に関する実験研究……164
第3章　喫煙及び喫煙習慣が全身持久性 performance に及ぼす影響……168
1. 運動直前の喫煙が全身持久性 performance に及ぼす影響……168
2. 喫煙習慣と全身持久性 performance ……169
3. 大学生の喫煙習慣と全身持久性 performance に関する実験研究……170
4. 成人の喫煙習慣と急歩成績に関する実験研究……178
第4章　喫煙と体力……176
1. 総括的考察……176
2. 喫煙者の“toughness”……177

序

タバコが人間社会の歴史の中ではたしてきた功罪についての論議は尽きない。近年の薬理学，病理学，疫学などの科学的な成果から，健康への悪影響が明らかにされ，その理解が周知されているにもかかわらず，紫煙は断ち難い魔力を持って我々のまわりに漂っている。

しかし，次代を担う青少年の喫煙は，各国に共通する深刻な社会問題である。わが国においても，中学や高校などでその愛好者達から「根っこ」とよばれているタバコは，教師達にとって生徒指導上最も頭の痛い根っこでもある。ホーム・ルームにおける集団討議，生徒集団の自主性にもとづいた調査活動，[28)48)56)] カウンセリングなどを通して，喫煙が健康上害悪であるという認識は生徒の中に食い込んでおり，それは法律上の禁止よりも強い説得力を持っている。[53)57)] しかしこうした実践報告の中で感じられるのは，生徒の健康増進や体力強化に最も関心と責任を持っている立場の体育教師やクラブ活動顧問の側からの教科や課外活動の場での，系統的な指導が欠落していることである。このことは，体力が健康を基盤にしているにもかかわらず，喫煙が体力やスポーツ成績に及ぼす影響に関する知見が少なく，その見解も分かれているため，体育指導者やコーチが，確信を持って生徒や選手を指導できないことに起因している。

以上は，著者がかって高校教師として，喫煙生徒を指導する苦渋に満ちた経験から抱いていた問題提起であり，この小稿もこのような自問に対する解答を模索する形で筆を進めている。この場合，喫煙が体力や競技成績の中で最も直接的な影響を及ぼすと思われるのは，呼吸，循環機能を通しての全身持久性(注)であるから，(1)喫煙が生体に惹起する諸反応のうち，呼吸・循環機能に及ぼす因果関係や機序を考察する。(2)喫煙と持久性運動に関する従来の集積を整理し，まとめる。(3)その結果をわが国において全身持久性を評価するために用いられているテストと比較して検討を加える。という課題を設定した。

<注>

全身持久性以外の体力適性についての喫煙の影響については，スピード，パワー，筋力，正確性，運動効率などについて，主として心理学的研究として，比較的早くから行なわれている。しかし，それらの成果の中で，共約されうる知見はほとんど析出してこない。(Lombard 1892, Harley 1894, Hough 1901, River 1908, Carver 1922, Bates 1922, Hull 1922, Willgoose 1947, Reeves と Morehouse 1950 など)

ただ，喫煙直後に調整力を要する動作の正確性の低下を認めた (Blicky 1915, Johnson 1918, Froeberg 1920, Bates 1922, Carver 1922) や，反応時間の減少 (Fay 1936) 運転装置を用いたパフォーマンス・テストで，禁煙を強いられた喫煙者の運転誤りが増加した[28)] (Heimstra ら 1960) などが散見される。

つぎに小稿でとりあげた「全身持久性」の概念について略述しておく。

生物の生存 (Survival) への力の礎になるのは適応能であり，人間においては，その基盤をなす「防衛体力」とともに，外界に働きかけて生産し，行動するうえでの「行動体力」が重要である。この行動体力は，作業能力 (work capacity) とも言いあらわすことが出来るが，その根幹になるのが，有酸素的作業能力 (aerobic work capacity) であり，日常の生活の作業の主体をなしている。[33)]

小稿でいう全身持久性 (general endnance) は，筋持久性に対立する用語でなく，Larson たち[50)] (1964) の提起した，筋持久性と呼吸循環系の持久性の両要素を含むものを指しているが，筋持久性と喫煙の関係についての知見はきわめて少なく，注目すべき部分も少ないので，焦点は呼吸循環系の要素においている。

この全身持久性を評価する方法として，さまざまな立場がどられるが，身体資源 (physical resources) の測度としては，最大酸素摂取量，また作業成果 (performance) の測度としては，最大持久走時間や，一定距離の走向時間などがあげられる。[33)] 小稿では，全身持久性を，できばえ (作業成績，performance) の面から評価する立場と，最大あるいは最大下の負荷に対する生理的反応から，身体資源 (physical resources) として把握する立場に注目して，喫煙の影響を探索しようと試みた。

喫煙と体力に関するこれまでの知見を概括して，玉木（1975）[77]は，持久性に及ぼす喫煙の影響を評価する方法として，大別してとっているのは，(1)同じ被検者についての喫煙時と非喫煙時を比較する方法と(2)喫煙者と非喫煙者の差を比較する方法があり，さらに評価の対象となる指標としては，(1)最大下あるいは最大作業に対する生理的反応の差から論ずる場合と，(2)作業成績（performance）そのものに注目する場合が考えられるとしている。小稿も方法論的にこの視点に立って，異なった対象，異なった実験条件をもとに異なった見解が表明されている従来の報告を整理する中で，最大公約的となる論理を導出し，喫煙が呼吸循環機能に及ぼす影響についての考察をもとに，わが国における青少年および中高年者の持久性判定指標として用いられているテストの結果に，その論理を射映させていくという労作を辿っている。

第1章　喫煙の生理と持久性運動におけるO_2運搬系諸反応に対する急性の影響

タバコの煙に含まれる約1000種類の化学物質の薬理作用について知られているのは，ほんの僅かであり，代表的なものはニコチン（Nicotine）と，一酸化炭素（Carbon Monoxide, CO）で，運動に対する影響に関する研究はやはりこの2種に集中している。

その追究のプロセスは，まず，各人各様の喫煙方法の多数の観察にもとづいた1回の吸入時間，間隔，吸入量，すいがらの長さなどをモデル化した標準喫煙条件[35]で吸入させることによる条件の設定であり，然る後に生体に及ぼす影響について評価するために，体内のどの器官へそれらの物質が移行するのか，どの位の時間保持され，どのような働きを行なっているか，どのような機序で排出され，あるいは残留するのか，といった点が解明されなければならない。

1. Nicotine の生理・代謝機能への影響

喫煙者は普通1本の紙巻きたばこの吸入によって1—2 mgの nicotine を吸入すると言われるが，[81] 少量ではまず迷走神経に対する刺激，あるいは交感神経の麻痺によって心拍数を減少させるが，多量の投与により，交感神経への刺激あるいは副交感神経節の麻痺による心拍数の増加をひきおこす。nicotine はさらに交感，副交感神経節とも刺激し，心筋や血管にも直接作用する。[43][44]

Nicotine の薬理学的作用に関する多くの報告をまとめた Larson（1960）の知見[49]を援用してその影響を運動とかかわって留意すべき点のみ略述しておく。

まず基礎代謝については，喫煙者は平均して高めであるという報告もあり，[67] 逆に heavy smoker では低いという報告もあるが，概して心拍数と基礎代謝は高いと考えられている。1～2本の喫煙は，酸素消費量や代謝率にわずかな影響を及ぼすに過ぎないが，後述する如く，加齢の進んだ集団における比較では，喫煙者の心拍数は非喫煙者よりも高めであり，運動時にもこの差が反映している。

Heavy smoker に見られるこの代謝の亢進は，慢性ニコチン中毒症や，甲状腺機能亢進症様の症状を伴なっており，血中甲状腺ホルモンやヨウ素の濃度の増加も観察されているものの，むしろ epinephrine の増加に由来するのではないかという説明がなされている。これと関連して，禁煙による体重の増加について，これらの研究者達は，そうした機能亢進にかかわる内分泌腺の低下を指摘しつつも，より単純で，より信憑性の高い原因として禁煙後の食欲の

亢進をあげている。また筋に対する nicotine の注入の影響は，運動実験で筋肉中のグリコーゲンの減少と乳酸の産生を促し，フォスファーゲンの減少と無機燐酸の増加が確かめられているが，これと酸素負債量や筋持久力などの運動適応との関係については未踏の分野である。

Nicotine の代謝に及ぼす薬理作用は，血糖，体温，脂質代謝，蛋白代謝，無機質，ビタミンなどへの影響，脳，血液，肺などの器官への影響など，多様なものが考えられているが，それらが運動時における適応とどのようにかかわるかについての解釈はきわめて複雑であり，nicotine の作用に関する数多い知見にもかかわらず，この部分での考察はほとんど進んでいない。

2. 血中 COHb 濃度の O_2 運搬能，全身持久性への影響

全身持久性のパフォーマンスや，最大酸素摂取量を決定する血液における酸素運搬機能に直接影響を及ぼす COHb 濃度が，一本の喫煙によりどの程度上昇するかは，報告者によって異なり，Russel ら[66] (1973) は約0.7%，Castleden 及び Cole は[11] (1974) 1.3%，Heather 及び Rosemary[27] (1973) は2.5%としているが，持久性におけるパフォーマンスや酸素摂取量能力を低下を説明する最も有力な要因として考えられている。

COHb が，酸素運搬を損う原因としては，大きく2つ挙げられており，ひとつは，ヘモグロビンと酸素結合の阻止とそれによる O_2 摂取能力の低下（“anaemic effect”）と，他のひとつは，いわゆる“Left shift effect”による，酸素—ヘモグロボン解曲線の左傾化によって，同じ酸素分圧では CO と O_2 の親和力がより強いため，組織における O_2 の解離が減少することによる (Roughton 及び Darling,[65] 1944, Astrup と Engel, 1965, Vogel と Gleser,[79] 1972)。このほか，呼吸酵素の中毒によって，筋における有気的作業能力の低下がおこる (Lilienthal,[51] 1950) ことなども考えられている。

Ekblom と Hulot[17] (1972) は，自転車エルゴメーター及びトレッド・ミルにおける最大下および最大作業と CO 吸入による血液中 COHb 濃度の関係について，一定強度での作業時間の減少及び最大酸素摂取量の低下は，血液中の COHb 濃度の増加とは負の相関が得られ，それぞれ r=0.79及び r=0.85であったと報告している（図2）。この場合，血液中の COHb 濃度が7%の時，最大作業時間はコントロール時の4分11秒にたいし，3分14秒と大きく減少し（$P<0.001$で有意），最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2max$) は3.64 l から3.30 l と9%の低下（$P<0.001$で有意）となった。

血液中の COHb 濃度は，(1)喫煙量と喫煙年数，(2)口腔喫煙と肺喫煙，(3)タバコの種類，(4)喫煙法，(5)個人の感受性等によって異なるうえ，日間変動も大きいため (Wald 及び Howard,[82] 1975, これまで報告されている喫煙者の COHb 濃度にも幅がある。たとえば，Raven ら[61] (1974) で，3.2%，Horvath ら[32] (1975) では4～7%となっており，Russel ら[66] (1974) によると，heavy smoker では，8.2%にも達すると言う。また，Kahn ら[37] (1974) の St. Louis の都市圏における16,649名の調査においては，男子の場合，非喫煙者及び喫煙者の濃度はそれぞれ1.00%および4.76%，女子の場合はそれぞれ0.64%および4.10%となっている。

また，CO 曝露によって最大酸素摂取量に統計的に有意な減少が見られるレベルは，Horvath ら[32] (1975) の場合，4.3% COHb とし，同様に Raven ら[61] (1974) が，2.7% COHb の時，有意な減少が認められなかったこと，上述の Ekblom と Huot の結果などと

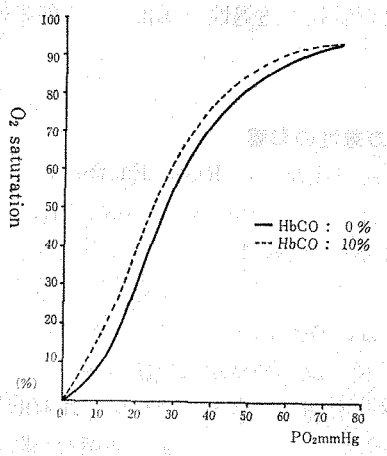

図 1　酸素解離曲線と10% HbCO の計算値による左傾化（Astrupら 1966による）

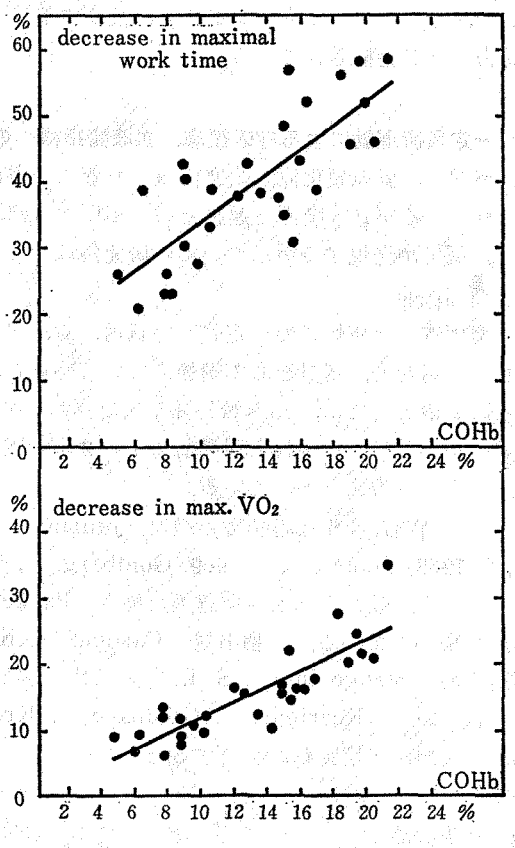

図 2　種々の濃度における血中 COHb とトレッドミル作業時間（上図）と最大酸素摂取量の増少率（下図）の関係（Ekblom と Huot 1972 による）

合わせると妥当なものと考えられる。

一方，全身持久性を規定する他の一つの因子の最大酸素負債量と COHb 濃度については，血中乳酸量などを指標として，やはり Ekblom と Huot が検討しているが，血中乳酸量の方は有意な低下を示さなかったことから，最大作業時間の短縮は主に最大酸素摂取量の低下によるものと言われている。

山地ら[86]（1978）は，COHb と喫煙に関するこれまでの知見を総括する中で，喫煙者の COHb 量は2%以上，10%以下とみるのが妥当であろうとし，Chevalier ら[13]（1963），Krumholz ら[46]（1968），Cooper ら[14]（1968），Raven ら[61]（1974）の報告がいずれも非喫煙者の最大酸素摂取量は喫煙者に比較して若干大きいものの，統計的に有意な差を認めていないことについて，被検者の選択の仕方に問題があるかも知れないと推論しているが，COHb 濃度に関与する多くの変動因子とそのヴァリエーションの範囲を考慮すると，むしろ reasonable な結果とも言えよう。このほか，酸素摂取能力を阻害している CO の作用は，1回換気量（Tidal volume）の低下を誘起することなどもあげられているが，結局のところ，CO 曝露時のみられる最大酸素摂取量の低下は，COHb 量の増加に伴なう O_2Hb 量の低下および組織での酸素解離の不充分さに拠るところが多いという Vogel らの結論を山地ら[86]も支持している。

尚，本節でもう一つ附言しておかなければならないことがある。酸素摂取能力に影響する要因は CO 以外のものはほとんど究明されていないが，いくつかあり，たとえば Nicotine などのアルカロイド類が肺に及ぼす影響として，Kolberg ら[41]（1959）の知見から，肺胞組織に

おいて，主として，ミトコンドリアに及ぼす部分や，原形質膜の透過性の変化による酸素拡散の妨害などが指摘されている。

3. 一定負荷運動による呼吸循環，血液諸指標への喫煙の急性の影響

喫煙は，動脈硬化症，閉塞性血栓血管炎，虚血性心疾患症などの Risk Factor として注目されているが，[84] 喫煙と運動という相反する刺激が複合されて生体に加えられた場合，どのような反応が発現するかについての研究例は少なく，まとめると表1の如くとなる。)

1) 循環機能

喫煙時と非喫煙時の一定強度の負荷に対する応答では，喫煙によりおこる急性の反応差に注目する場合と，習慣として喫煙していた時期と，禁煙後の反応の差を比較する場合が考えられる。負債としては，踏み台昇降や自転車エルゴメーターを用いたものが多いが，比較的軽度なレベルが多い。いずれも運動前に1～2本の喫煙を行ない，コントロール（非喫煙）時と比較するという方法をとっている。

最も著明な変化は心拍数の増加（Juurup と Muido,[36] 1946, Parker,[58] 1954, Kerrigan ら,[40] 1968, Fodor ら,[19] 1969, Goldbarg ら,[25] 1971, Krone ら,[45] 1972 であり），血圧については，喫煙により上昇を認めた場合（Parker, Kerrigan ら）と，差なしとする（Krone ら）結果が出ている。心拍出量（Cardiac Output, C. O.），心指数（Cardiac Index, C. I.），拍出係数（Stroke Index, S. I.）などは，心拍数の増加と呼応して，心効率の低下として報告されている（Kerrigan ら, Goldbarg ら, Krone ら)。また，末梢循環については，Krone らは，喫煙が末梢動脈に影響するとしているが，Kerrigan ら，Goldbarg らは影響を認めなかった。

2) 呼吸機能

喫煙者は自身の身体症状として「息切れ」を自覚することが多い。[55] しかし，健常な被検者については，一本の喫煙による気道抵抗の増大については，必ずしも大きな影響とされておらず（Nadel 及び Comroe,[55] 1961, Da Silva, 1973, 横山,[69] 1970），換気量の変化（増加）については，Goldbarg らが，300kg / min の負荷時に認めたのみである。また，酸素摂取量についても，上記の Goldbarg のみで，Juurup と Muido, Henry と Fitzhenry, Krone らの場合は，非喫煙時との有意な差を認めていない。むしろ，総酸素摂取量に対する酸素負債が多くなる傾向は，Henry と Fitzhenry や後述する喫煙者の酸素負債率の高い事実などから，有酸素運動に対して不利となって作用していることを示唆している。

いずれにせよ，1～2本の運動直前の喫煙による呼吸循環機能の変化は，循環応答にくらべると特徴的な現象は少なく，有力な影響物質として注目されている CO についても，喫煙者の1本の喫煙が，最大酸素摂取量や酸素負債などに有意な差を生じるまでに至らないであろうことは，COHb 濃度の上昇に関する最近の研究者たち（Ekblom と Huot,[32] 1972, Vogel ら,[80] 1972, Raven ら,[61] 1974, Horvath,[32] 1975）の報告からも肯認してよいものと思う。しかし，喫煙時に吸入される物質で呼吸器系に影響を及ぼすものは他にもあげられ，たとえば呼吸酵素系に対して阻害作用をもつシアン化水素（HCN）なども考えられるが，その作用程度については未だ不明である。

3) 血行動態

これについては，Goldbarg らが，動脈 O_2 圧，動脈 CO_2 圧，動脈血液 pH，血中乳酸

表 1 一定強度の負荷に対する喫煙時と非喫煙時の生理的反応

研究者	測定条件			生理的反応					備考
	被検者	喫煙条件	負荷	心拍数	血圧	酸素摂取量	換気量	その他	
Juurup と Muido (1946)	喫煙者3非喫煙者1	1～2本	自転車エルゴメータで各種程度	増加	個人によって差がない場合と増加を認めた場合	差なし	差なし	呼吸数も差なし	喫煙の影響は10～45分間持続した。
Henry と Fitzhenry (1950)	25.6才の15名の喫煙者	1～2本（大部分2本）	自転車エルゴメーター，5分間で3070kg・m	———	———	差なし	———		O_2 負債，O_2 負債率の僅かな増加
Reeves と Morehouse (1950)	15名の常習喫煙者(大学生，内女子1名)	喫煙装置で1本分	略式のハバード，ステップ，テスト（踏み台昇降）	差なし	———	———	———		ステップ・テスト・スコアは差がなく，他の適性テスト（筋力，パワー，スピード，タッピング）においても差がみられなかった。
Parker (1954)	19～25才の大学生，喫煙者12名，非喫煙者7名	1本	18cmの高さの踏み台昇降を毎分46回でexhaustionまで	著明に増加	収縮期，弛緩期共著明に増加	———	———		control 時は hot air を「喫煙」させた。control と喫煙の持久時間は，喫煙の場合113分短かかった。
Kerrigan ら (1968)	喫煙者25名非喫煙者10名平均45才	2本	自転車エルゴメータ，25 Watt 5分間	増加	増加	———	———	心拍係数（C.I）増加	総末梢抵抗は変化なし，心はく出量は増加
Fodor ら (1969)	22以下の学生喫煙者200名，非喫煙者200名	不明	不明	増加	喫煙者の運動中弛緩期血圧減少	———	———		
Goldbarg ら (1971)	22～26才の男子喫煙者9名	1本	自転車エルゴメーター，300～900 kg/min 6分ずつ3段階	増加	肺動脈圧は差なし 体動脈平均圧は Rest と300kg/minで増加	300kg/minで増加	300kg/minで増加	A-VO_2 較差組織血管抵抗動脈 O_2 圧，動脈 CO_2 圧，血中乳酸は差なし	心指数（C.I）は安静及300 kg/min で増加，拍出係数は kg/min で増加，一本の喫煙は，身体トレーニングを悪化させる方向で，血行動態に影響すると結論した。
Krone ら (1972)	喫煙者9名	1本	自転車エルゴメーターで150～750kgm/minで1分間	増加	差なし	差なし	差なし	A-VO_2 較差は安静時と600 kgm 負荷時減少。300 kgmのとき心拍係数増加。600 kgm のとき，心拍係数増加	脚部をペダルに固定させて，静脈環流を促進させ実施，喫煙は心および末梢環流に影響すると推論した。

濃度，について種々の負荷強度で比較しており，Krone らも同様な方法で追試を行なった結果，いずれも，血行動態に影響し，身体トレーニングを悪化させると結論した。A-V（動静脈）O_2 較差については，Krone らの場合，600kg/min で減少を示したが，Goldbarg らについては，いずれの負荷時にも差がない。

以上が，喫煙の運動時における一過性の影響に関する知見であるが，与えた負荷程度，喫煙本数などが，その生理的反応を検討する上で妥当であるかどうか，更に異なった条件での結果を求めた上での議論の余地があろう。加えて，nicotine の促進している catachoalamine の遊離が，心拍数の増加や血圧の上昇などの原因となっていることが推察されているものの，それが運動適応にとって負の作用となっているかどうかについては，充分に説明されていない。更には，その作用が一過性のものであるのか，持続的，蓄積化されたものかがより重要な疑問であるが，この点も今後の解見を待つ段階と言える。

4. 踏み台昇降運動による呼吸ガス代謝，循環反応への喫煙の急性の影響に関する実験研究

1） はじめに

わが国で青少年のための体力診断テストで持久性判定指標として採用されている「踏み台昇降運動」は，一定運動負荷運動（一定の高さの踏み台を2秒に1回のリズムで3分間昇降）を課したあとの脈拍数の回復程度から全身持久性を推定しようとする方法であり，喫煙が心拍数の増加を惹起する現象は，生理的反応として最も著明に見られるものであることから，その成績に大きな影響を及ぼすであろうと推察して以下の実験を設定した。

2） 実験の方法

被検者は，健康な男子6名で，表3に示す如く，年令は22～42才で喫煙程度もさまざまである。喫煙は一本の紙巻きたばこを本邦の標準喫煙条件[90]で喫煙させるよう努めた。喫煙の影響の持続時間と心拍数，換気量，酸素消費量の消長について検討するため，表4のように，4種の条件を設定した。すなわち実験ⅡおよびⅣはいずれも1本の喫煙後のテストであるが，実験Ⅱでは，喫煙のある安静状態での心電記録および呼度ガス採集を5分間行なった後，踏み台昇降運動（台高40cm，2秒に1回，3分間）を実施し，回復経過を10分間観察（いずれも心電図記録及び呼気ガス採集）しているのに対し，実験Ⅳでは，予め安静時をおいてから，呼気マスクを外し，喫煙をさせ，喫煙終了後直ちに再びマスクを着用（2，3分を要した）して，運動を実施し，以後同様とした。実験ⅡはⅡに対するコントロール，実験ⅢはⅣに対するコントロール（非喫煙）として実施したものである。尚，本実験に際しては予め充分なプリテストを行なった。

表 3 被検者の身体的特性

	age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Smoking Habit
M. Y	22	167	55	Nonsmoker
I. S	23	170	60	Smoker
K. T	24	164	65	Ex-smoker
T. S	33	166	70	Nonsmoker
T. I	37	179	77	Smoker
K. N	42	170	74	Smoker
Mean	30.1	169.4	66.9	

表4 実験の条件

Ⅰ……Control Rest(5min)+Step Test(3min)+Recovery(10min)
Ⅱ……Smoking Rest Ⅰ(1min)+Smoking(5min)+Rest Ⅱ(5min)+Step Test(3min)+Recovery(10min)
Ⅲ……Control Rest (5min)+Step Test(3min)+Recovery(10min)
Ⅳ……Smoking Rest(5min)+Smoking(5min)+Step Test(3min)+Recovery(10min)
(Smoking……1puff within 2second per 30 second)

表5 喫煙時と非喫煙時の踏み台昇降運動中心拍数（6名，平均値±標準偏差）

		Ⅰ	Ⅱ	significance	Ⅲ	Ⅳ	significance
Heart Rete (beat/min)	Rest Ⅰ	65.3± 9.0	65.5± 9.5	NS	64.8±10.5	63.8±11.0	NS
	Smoking	———	70.2±12.8	NS	———	64.9±11.0	NS
	Rest Ⅱ	64.7± 9.4	64.5±11.2	NS	———	———	———
	Exercise	133.4± 7.1	134.7± 7.9	NS	132.8± 7.0	136.8±11.6	NS
	Recovery	91.2± 9.5	91.7± 7.0	NS	88.5± 7.3	92.7± 7.2	NS
Step Test Score (Total H.R)		62.8± 6.6 (144.7±14.6)	61.9± 4.1 (145.8± 9.4)	NS NS	65.8± 6.5 (138.0±13.6)	61.3± 5.2 (147.7±13.4)	NS NS

表6 踏み台昇降運動中の呼吸循環指標の喫煙時と非喫煙時の変化（6名平均±標準偏差）

		Ⅰ	Ⅱ	significance	Ⅲ	Ⅳ	significance
R.R (breath/min)	Rest Ⅰ	———	———	———	14.7±2.4	14.2±3.4	NS
	Smoking	———	———	———	———	———	———
	Rest Ⅱ	15.0±2.6	14.0±1.5	NS	———	———	———
	Exercise	33.5±4.9	36.9±6.6	NS	35.1±3.2	30.6±6.5	NS
	Recovery	20.2±3.4	20.4±2.0	NS	20.3±3.3	19.2±2.9	NS
$\dot{V}_E$ (L/min)	Rest Ⅰ	———	———	———	8.6±1.4	9.1±2.1	NS
	Smoking	———	———	———	———	———	———
	Rest Ⅱ	8.4±0.9	8.8±1.5	NS	———	———	———
	Exercise	52.9±2.5	54.4±6.9	NS	54.8±8.6	56.1±6.4	NS
	Recovery	20.8±4.1	21.0±4.1	NS	20.2±4.3	21.9±3.9	NS
$\dot{V}O_2$ (ml/min)	Rest Ⅰ	———	———	———	222±41	237±30	NS
	Smoking	———	———	———	———	———	———
	Rest Ⅱ	239±48	228±39	NS	———	———	———
	Exercise	1774±203	1756±165	NS	1798±265	1842±176	NS
	Recovery	490±90	426±82	NS	482±109	519±58	NS
O_2-pulse (ml/beat)	Rest Ⅰ	———	———	———	3.6±0.9	3.8±0.8	NS
	Smoking	———	———	———	———	———	———
	Rest Ⅱ	3.8±0.9	3.7±1.0	NS	———	———	———
	Exercise	13.3±1.8	13.1±1.8	NS	13.6±2.4	13.5±1.1	NS
	Recovery	5.4±1.3	4.7±1.1	$P<0.05$	5.5±1.5	5.6±0.8	NS

表 7 踏み台昇降運動における喫煙時と非喫煙時の心拍数比較（被検査T．S．33才，非喫煙者）

		N	Rest	Smoking	Exercise			Recovery		Step test Score
					0－1	1－2	2－3	0－1	9－10	
Control	M	5	54.9	——	118.8	137.8	148.8	131.4	74.2	67.2
	SD		2.0		1.6	3.2	3.5	4.5	0.4	0.9
Smoking	M	5	55.8	70.8	127.2	146.6	155.6	138.0	79.8	60.5
	SD		1.5	2.9	3.3	4.3	3.6	4.1	2.9	2.0
Significance			——	***	***	***	**	**	***	***

* …P<0.05 ** …P<0.01 *** …<0.005

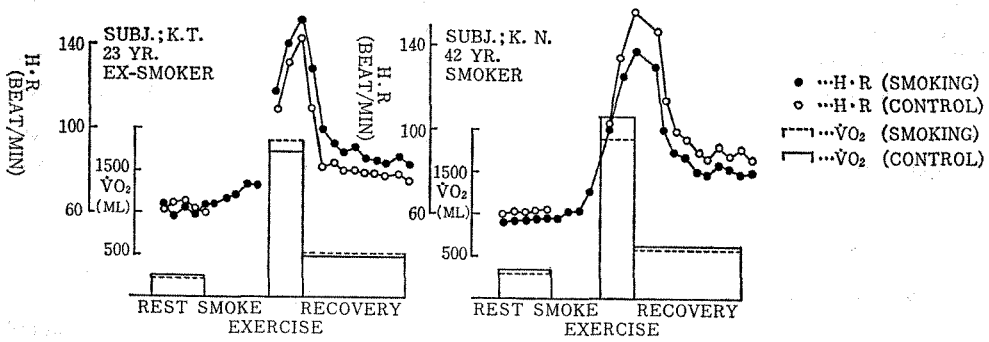

Fig 3 Comparisons of Heart Rate and $\dot{V}O_2$ between Smoking and Not Smoking during Step Test

実験中は安静時5分間，運動時3分間，回復時10分間，胸部誘導（V_4）による心電図のR棘から心拍数を算出し，呼気をダグラス・バッグに採り，得られたサンプルについて労研式大型ガス分析器で分析，O_2 及び CO_2 濃度を求め，ガスメータ（品田製作所製，湿式）により得られたガス量から O_2 消費量及び CO_2 排出量を求めた。呼吸曲線は，呼気マスク内に装着したサーミスターの抵抗を wheatstone brige 回路で電圧変化に変え，生体電気現象用4チャンネル・ポリグラフ（日本光電製RM 150）に心電図とともに記録した。実験は，昭和51年9月4日から28日迄，本学体育研究棟第2実験室で行われたもので，実施時の気温は19～24℃，湿度は71～91%であった。

3） 結果と考察

表5に喫煙時と非喫煙時の心拍数の変化を，安静時，運動時，回復時について，6名の平均値を比較したものを示す。実験Ⅱにおいては，喫煙による一過性の心拍数増加が認められるものの，その後の安静時，運動時，回復時においては，コントロールとほぼ同じ水準となっている。また実験Ⅳにおいては，約4拍/分の増加が，運動動及び回復時にみられるが，有意な差とはならなかった。

表6には，呼吸数，換気量，酸素摂取量，酸素脈など呼吸循環指標の変化を，表5と同様に対比したが，実験ⅠとⅡの回復時酸素脈に有意が差がみられた以外，実適ⅠとⅡ，実験ⅢとⅣについていずれの項目にも差が見られなかった。

一本の喫煙を介して行なわれる Nicotine の体内への投与量も，喫煙の方法によって大きく異なり，さらに生体側が具えている諸条件の差異，個体差などによって，相反する反応として表出するものと思われる。Hiestand ら[30]によれば，喫煙程度の異なる239名の男女に対して一本の喫煙を課したところ，喫煙直後は代謝の亢進を認めた者が多く，心拍数も平均6.2％増加しているが，25.6％は心拍数の減少を示している。また，20例の basal metabolic state の観察では，喫煙により平均 6.7％（10拍）の増加を示すものの，約20分後には喫煙前の水準よりも減少する傾向を認めている。

本実験におけるⅡの場合は，喫煙により平均5拍の増加を示したものの，喫煙終了後直ちにマスクを装着し，安静時の採気を行なっている時点で既に喫煙前の水準に復帰しており，その後の心拍数（H・R），呼吸数（R・R），換気量（$\dot{V}_E$），酸素摂取量（$\dot{V}O_2$）などには，コントロール（実験Ⅰ）との差が見られなかった。

図3は，喫煙に対しての敏感な被検者（K・T，24才，禁煙者）と，喫煙歴の長い常習喫煙者（K・N,42才）の喫煙時と非喫煙時の反応の差を，心拍数と酸素摂取量について比較したものである。喫煙後心拍数が約10拍／分増加し，その差が運動時，回復時と持続した K・T に対し，K・N の場合は，逆にコントロール時よりも10拍／分減少を示し，その差が回復時にもわたっている。しかし，この場合も酸素摂取量については，両者共，コントロール時と特に異なった変化は見られない。

表7は，被検者 T・S（♂，33才，非喫煙者）のコントロール時と喫煙時の踏み台昇降運動をそれぞれ5回の試行（交互に1日1回ずつ同じ時刻に実施した）における心拍応答の差を比較したものである。喫煙時に約15拍／分増加し，運動時，回復時と持続しているが，時間とともにその差は少なくなる傾向が見られる。

以上の結果は，Reeves と Morehouse（1950）が15名の大学生の喫煙者に喫煙装置を用いて1本の喫煙後，踏み台昇降テストを課したところ，ステップ・テスト・スコアは，コントロール時の70.3に対し，喫煙の場合68.3と心拍数の回復が遅くなっているが，両者の間に有意な差は得られなかったと言う報告とほぼ一致している。

このように，nicotine などを通して作用する心拍数の亢進は，一本の喫煙で著明に見られることは，これまでも多く認められているものの，個人差が著しい上に，一過性であり，累積的に心・循環機能を低下させている過程はまだ究明されていない。また，CO の吸入が O_2 運搬能に与える影響も，1本の喫煙による COHb 濃度の上昇レベルに関するこれまでの報告（Russel ら，[66] 1973, Castleden 及び Cole, [11] 1974, Heather 及び Rosemary, [27] 1973）からみて，換気量や酸素摂取量に有意な変化をきたす程度とならないであろうという推察がある。さらに，COHbは喫煙によって上昇するが，喫煙終了後分以内に急低下すること（Rosemary (1973)，活動が活発である程，CO の排出は早いこと（Castleden 及び Cole, 1974）なども根拠としてあげられる。

思うに，運動に先だって種々の刺激を与えて，表出した反応から運動適応における作用因子としての正負を検討する場合，それが一時的に有酸素運動に不利な結果を招来したとしても，直ちに悪影響を及ぼしたという解釈が出来るであろうか。たとえば，予め低酸素分圧や低酸素吸入などの刺激を加えた場合，運動負荷に対しては生理的負担度の増大や回復の遅延となって表われるであろうが，それは結果的には代償機能の増大をもたらしているとも言える。喫煙時と非喫煙時の，一過性の生理的反応に関する実験には，このような疑問が随伴する。しかしな

がら，スポーツや競技の前の一本の喫煙が，呼吸循環機能の負担を増大させ，運動効率の低下を招くことは，これまでの考察の中でほぼ明らかにされたと思う。

第2章 喫煙習慣と一定負荷運動による生理的反応差と節煙，禁煙による呼吸循環機能の改善

1. 節煙，禁煙による呼吸循環諸機能の改善

習慣として，比較的長期間の喫煙時と禁煙時の一定負荷運動に対する生理的反応の変化を検討する場合，まず Basal な状態での，形態および機能双方の変化に注目しなければならない。

まず禁煙によっておこる体重の増加については種々の報告がある。Glauser ら[21] (1970) は，7名の男子被検者について，喫煙期間中と禁煙後1カ月の代謝の変化をしらべ，体重および体表面積は有意に増加したが，蛋白結合ヨウ素濃度 (PBI)，酸素消費量，心拍数，食後30分の血糖濃度および血清カルシウム濃度の有意な低下を示し，これらの代謝の変化を体重の増加の一因としてあげている。

Shephard ら[9] (1976) は，喫煙習慣の変化による1年後の COHb 濃度と，最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2max$) の変化について追跡を試みているが，喫煙者の喫煙によって COHb 濃度は有意に低下し，一時禁煙していた者が一年間の喫煙によって有意に上昇しているものの，最大酸素摂取量は禁煙後も増加していない。この場合も，禁煙者は体重及び皮下脂肪の増加が他のグループよりも顕著に認められている。

同様が変化は，Rode ら[62] (1972) も報告している。Rode らは，20～69才男子256名及び女子187名に対して節煙のプログラムを課し，1年後の Aerobic Power を，9インチ台高のダブル・ステップ・テストによって測定している。この場合，節煙によるタバコの本数もあまり減ってないため，血中 COHb 濃度は，節煙グループは喫煙本数を変えながらったグループに比べて有意に低い値となっているものの，非喫煙者として報告されている値よりも高い水準であり，推定された最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2max$) についても，喫煙を続けた群よりやや増加する傾向を示したものの，体重の増加のため，相対的（体重当たり）$\dot{V}O_2max$ 値は，変わらないか，減少を示した。

一方，呼吸循環機能の個々の指標については，禁煙による改善が認められている。Krumholz ら[47] (1965) は，22～33才の男子10名について，喫煙期間中と禁煙後の呼吸循環機能の変化について禁煙の効果を認めている。すなわち禁煙週間後には，機能的残気量 (F. R. C) は変わらず，ピーク・フロー率の増加が見られ，禁煙6週間後には，吸気予備量 (I. R. V) の増加，機能的残気量 (F. R. C) の減少，最大強制換気量 (M. V. V) の増加，気道抵抗 (airway resistance) の減少など，呼吸機能に好ましい改善を示している。また，運動時の変化については，肺拡散容量 (D_L 値) は，3週間後には安静時に増加したが，運動時及び回復時は変わらず，自転車エルゴメーターによる軽度 (11 OW，5分間) 負荷においては，3週間後に酸素負債量及び負債率の減少，運動5分時及び回復5分後の心拍数の有意な減少があげられている。心拍数の減少については，Starr[73] (1960) も認め，禁煙処方により，自転車エルゴメーターによる負荷で作業能力が増すことと，同一作業強度に対する心拍数の減少の効果を報告している。そのほか，循環機能の変化では，Blackburn ら[9] (1967) が，禁煙後におこる心電

図の変化について注目し，禁煙者では喫煙者よりも運動中の ST 低下が大きい点を指摘しているものの，これが心機能にどのような反映になるのかについては，説明されていない。

Backhouse[5]（1975）は，少年保護施設における禁煙と運動の奨励による喫煙少年の換気能力の向上を認めている。施設に収容された16～20才の若者の85％は喫煙者であったが，入所時は同年令の若者に比べて身体運動を享受する機会も少なく，その意欲も不足していたので，運動の奨励，規則正しい食事及び睡眠，禁煙を強制し，薬物を避けた生活を課した。

195名の喫煙習慣別に見たピーク呼気量（PEF）の平均値は，入所前の1日の喫煙本数に比例して低い値が示されたが，8週間後の退所時には有意な改善が得られ，heavy smoker（1日40本以上）であった群以外は，一般人と変わらないレベルまで高めることが出来たという。しかし，禁煙によるこのような呼吸機能の改善には，食事や運動など他の習慣の変化も伴なっていることがある。すなわち，禁煙は身体状態改善のための motivation の一つと考えるならば，この種の縦断的な研究には，規則正しい食事や運動刺激など，他の生活条件の変化も重畳されて全身持久性指標の向上に影響しているものと見るべきであろう。

以上の如く，喫煙者の禁煙によって代謝の変化が起こり，有酸素運動における呼吸循環機能の適応にも好ましい変化があらわれるが，最大酸素摂取量（$\dot{V}O_2max$）などにおいては，体重の増加などを考慮する必要がある。また，これらの変化の把握に際しては，被検者の禁煙期間中における身体活動量（トレーニング刺激）によって大きな影響を受けることが予測されるものであるから，喫煙条件以外の諸因子が等しく，不変であるような実験条件の設定が，今後必要と思われる。

2. 喫煙者と非喫煙者の一定負荷運動による生理的反応差

最大下あるいは最大作業時における生理的反応によって喫煙者と非喫煙者を横断的に比較する際には，被検者の喫煙習慣以外の属性（身体的特性，生活習慣，健康状態，既往歴，日常の身体活動量，過去の運動歴など）によって大きく影響を受けるものであるから，これらの条件について等質な被検者の選定が，信頼性ある結果を得る上でまず前提となる。後述する如く，喫煙習慣によって体格やスポーツに対する関心度が異なる場合には，累積された喫煙の影響としてのデータに大きな歪みを与えることになるからである。従来の研究は，この点に関して言えば，顧慮が不十分なものが多く，一定の許容誤差を含めた検討が必要と思われる。表8に，これまで報告されている生理的反応の差による横断的研究の一覧を示した。

フィンランドの，17～67才の男子1618名についての Blackburn らの調査[10]（1960）によれば，安静時の心拍数は4種の職業（管理的職業，学生，鉄道労働者，消防夫）でいずれも Heavy（1日21本以上）が Never よりも高めであり，有意に高かったのは，管理的職業，学生および消防夫であり，Never よりもそれぞれ 4. 5, 3. 0, 7. 5 拍／分高かった。また，5％傾斜における，3.5マイル/時のトレッド・ミル歩行では，消防夫以外の種の職業群についてのみテストを実施しているが，非喫煙者に対して喫煙者は管理的職業の場合運動時 114.8 に対して 121.7拍／分と有意に高かったが，学生および鉄道労働者では，両群に差がみられなかった。

心拍数については，Cunninghum ら[15]（1972）も，16～69才の男女3400名に対して20.8cmの台高で毎分24回，3分間のステップテストを課し，男女別に年令範囲別の比較を行なっている。その結果，男女共，安静時，運動時，回復時いずれも特定年令層によって喫煙者の方が高い場合と，差がみられない場合が得られている。

表 8 一定強度の負荷に対する喫煙者と非喫煙者の生理反応の差

研究者	測定条件		生理的反応					備考
	被検者	負荷	心拍数	血圧	酸素摂取量	換気量	その他	
Blackburn ら (1960)	17～67才の男子1618名，学生，管理的職業，鉄道員，消防夫の4階層についてHeavy（1日21本以上）とNeverの比較	トレッド・ミル歩行5％の傾斜で3.5 mph，10分間	安静時は学生，管理的職業消防夫の Heavy が高い。運動時は管理的職業の Heavy が高い。	安静時収縮期血圧は，フインランド人でNever高い。運動時平均血圧は差なし	安静時は管理的職業で Never 高い。	———	安静時心はく出量は差なし，安静時 A-VO_2 較差は Moderate＋Heavy が高い。	安静時肺活量は，中年の管理的職業で，Never が All current smoker より多い。
Goldman 及び Levin (1963)	21～35才の男子喫煙者10名 非喫煙者10名	自転車エルゴメーター毎分 300 kpm と 400 kpm	安静時及び負荷時共喫煙者が高い。	———	———	差なし	動脈 O_2 飽和度は 40kpm 時に喫煙者が低い。	6変数（肺活量，RV/TLC％，肺コンプライアンス，非弾性抵抗動脈酸素飽和度，運動中の心拍数）による判別分析では両群の平均は99％の水準で有意。
Chevalier ら (1963)	青年男子喫煙者18名，非喫煙者14名	自転車エルゴメーター5分間，$\dot{V}O_2$ で 1.44 ℓ/分強度及び最大負荷	一定強度負荷で，安静時，運動時，回復時いずれも喫煙者が高い。	———	最大酸素摂取量差なし			喫煙者の酸素負債及び酸素負債率が高い。
Krumholz ら (1964)	24～37才の喫煙者9名，非喫煙者9名	自転車エルゴメーター毎分110W 5分間	差なし	———	———	———	———	喫煙者の酸素負債及び酸素負債率が高い。 D_L 値（肺拡散容量）は，安静時，運動時共，喫煙者が有意に低く，他の肺機能（肺活量，吸気量，全肺活量）でも喫煙者が劣っていた。
Cooper ら (1968)	空軍兵（平均19才）47名（喫煙者25名，非喫煙者22名）	トレッド・ミル（漸増による最大負荷）	差なし	———	差なし	喫煙者が少ない	———	
Cunningham ら (1972)	16～69才の男女3400名	踏み台昇降テスト（台高8インチ，24回／分で3分間）	女子では，安静時及運動時(1分後)，男子では運動時いずれも特定の年令層で，喫煙者が高い。	———	———	———	———	
山地啓司 (1978)	19～29才の男子喫煙者12名，非喫煙者18名，最大下作業は，この中から喫煙者3名，非喫煙者6名を抽出	最大作業時5～8分で Exaustion に達する漸増負荷法最大下作業は 180 kgm/min で5分間日を改め 180kgm/min ずつ増加	安静時は喫煙者が高い。	———	最大作業，最大下作業共差なし	最大下作業時差なし		最大作業時は喫煙者の呼吸数のみ有意に多かった。その他の項目，肺拡散容量，心拍出量，動静脈圧較差は両負荷時共両群に差なし，performance は，非喫煙者の方が優れていると推測された。

Chevalier ら[13] (1963) は，29才前後の男子で，喫煙者18名，非喫煙者14名に対して，自転車エルゴメーターで毎分 1.44 ℓ 程度の酸素消費量となるような負荷を5分間課し運動時平均心拍数はそれぞれ144.6及び138.8拍/分（有意でない），回復3分時ではそれぞれ109.7及び98.6拍/分（有意）と喫煙者の方が高めであった。また，酸素負債量及び酸素負債率も，喫煙者の方が非喫煙者よりも高く，喫煙者が有酸素運動に対して劣った反応を示している。同様な方法により，Krumholz ら[46] (1964) は，24～37才の男子喫煙者9名と非喫煙者9名について，自転車エルゴメーターによる軽度（毎分 110 W で5分間）のテストを課して追試を行なっている。その結果，心拍数では両群に差がみられなかったが，肺拡散容量 (D_L値) は，安静時，運動時共喫煙者が有意に低く，他の肺機能（肺活量，全肺活量）でも喫煙者が劣っており，酸素負債及び酸素負債率も，Chevalier らと同様，有意に高い値を示していた。

これらの例はいずれも軽・中等度の負荷についての比較であるが，Cooper ら[15] (1968) は，平均年令約19才の空軍兵47名に対し，トレッド・ミルによる最大負荷時の呼吸循環指標を比較している。それによると，喫煙者22名と非喫煙者25名の最大酸素摂取量及び体重当り最大摂取量は，それぞれ 3.34 ℓ に対し 3.51 ℓ / min 及び 47.6ml / kg / min に対し 49.65ml / kg min と有意な差はなかったが，最大換気量 ($\dot{V}_E$ max) では，89.66 l/ min に対し，95.75 l/ min と有意に劣っていた。この際，Cooper らは，12分間走に於けるパフォーマンスに於いては顕著な差を生じたことから，3分間ずつの3～4段階の負荷時間が差を生じるには短か過ぎたのではないかと推論している。

最近わが国に於いても，山地 (1978)[81] が，自転車エルゴメーターによる最大下作業を課して喫煙者12名，非喫煙者18名の反応差を6項目（酸素摂取量，肺換気量，肺拡散容量，心拍出量，動静脈 O_2 較差）について比較したが，最大作業において喫煙者の呼吸数の増加以外は有意な差を認めていない。山地はこの現象を呼吸機能の低下に対する代償作用と推定した。この場合，安静時における両群の肺活量は有意差がなかったが，体表面積当たりの肺活量でみると，その差はやや大きくなると判断される。

このように，一定強度の運動に対しての喫煙者と非喫煙者の生理的反応に差が生じた場合，それが平常の条件下におけるレベルの差が，運動時や回復時の諸機能に反映されたものかどうか，という点が吟味される必要がある。

心拍数については，上記の Blackburn ら，Chevalier ら，Cunningham ら，Goldman 及び Levin いずれも，運動時或いは回復時に差が見られた被検者層に於いては，安静時に於いても喫煙者の方が高くなっている。換気量は，心拍数で差のなかった Krumholz の場合に，肺活量 (L. C.)，全肺活量 (T. L. C.)，肺拡散容量 (D_L 値) において，また，Blackburn ら[83] (1959) の Twin市における47～50才の年令層では，肺活量，残気量 (R. V.) において，いずれも喫煙者が劣っていた。50才の男子313名についての Wilhelmen ら[38] (1973) の横断的及び縦断的研究の場合も，喫煙者の肺活量，強制呼気量 (F. E. V)，最大呼気量 (M. E. F) が，非喫煙者や ex-smoker よりも劣っていること，その後の4年間の追跡でも，喫煙を中止した者は，喫煙者よりも換気能の低下が少なかったことが確かめられている。同様な禁煙による換気能の改善の効果は，Peterson ら[59] (1968) も報告している。

これらの知見は，安静時に於ける喫煙者の劣った諸機能が運動適応においても代償されないで不利な形で発現されていることを示唆している。換気能については，Goldman 及び Levin[26] によると，喫煙開始5年以内にこのような変化は検知され，喫煙齢の加わるにつれ一

層明白になってくると言う。

以上の諸報告について，やや粗暴に概括を試みると，以下の点が指摘される。

すなわち，心拍数については喫煙者が高いという結果が目立つが，それ以外の指標については共通して測定された項目が少ないせいもあり，明瞭な反応差が検出されていない。全身持久性の最も代表的な指標である最大酸素摂取量についても，上記3例の研究者達（Chevalier ら，Cooper ら，山地）いずれも差がなかった。ただ印象的と思われる点は，心拍数以外は差がなかった Goldman 及び Levinに於いて，他の変数も算出して得られた生理的テスト・スコアにおいては高い信頼度で両群の差が析出されたことと，最大負荷時の呼吸数以外差のなかった山地，最大換気量以外差のなかった Cooper ら，いずれの場合も負荷を強めていくにつれ，非喫煙者の performance の優れていることが明らかになってきたことである。

3. 大学生の喫煙習慣と踏み台昇降運動成績に関する実験研究

1) 仮説の設定

心拍数を亢進させるような刺激，たとえば運動やスポーツのような活動的ストレス（active stress）を繰り返し生体に与えると，安静時における徐脈（bradycardia）と，運動時における心拍数の亢進の相対的低下がおこるが，これはトレーニングによる迷走神経緊張（Training Vagotonie）などによるものとして解釈されている。これに対して，同じ心拍数を亢進させる刺激でも，文明化が進んだ社会状態が及ぼす種類のもので，不活動ストレス（inactive stress）の場合は，そのような作用を与えず，動脈硬化症とストレスの関係に見られるような変化を惹起する° Klensh[42]（1966）は，血中カテコールアミンや脂肪酸などの動態から，喫煙をストレスとして与えた場合，後者（inactive stress）の類型に属する作用を生体に及ぼすと言っている。

これに加えて，CO など，これまで報告されている諸種の影響が相乗され，累積されて加えられた場合，全身持久性を発揮する physical resource としての呼吸循環機能にとって，喫煙が負の要因となるであろうことは，容易に推察される。この仮説に立って，一定度の負荷対する生理的反応のうち，心拍数を指標とするテストにおいて，喫煙者と非喫煙者の間で，これまでの報告に見られるような差が検出されるかどうか，以下の手順で探索してみた。

(1) 喫煙者の全身持久性が劣っているとすると，一定負荷運動に対する生理的応答を，わが国の青少年を対象とした体力診断テストの持久性指標である「踏み台昇降運動」からみると，劣った成績を示すのではないか。

(2) 一定期間（この場合1年間）後のスコアの変化に於いても，その期間中の運動習慣や，日常生活での身体刺激がほぼ等しく，喫煙習慣が異なれば，喫煙者は，非喫煙者よりも劣った成績を示すのではないか。

この2つの仮説をもとに，以下の順序で実験を設定した。

2) 調査の方法

被検者はH大学1年，2年に在籍する男子学生168名で，平均年令19.3才である。予め質問紙により，喫煙習慣，過去及び現在の運動経験，通学条件などの身体刺激の程度などについて調査を行なった後，胸部に使い捨て電極（disposable electrode）を装着し，導出された心電図（V_4）を生体電気象用ポリグラフ（日本光電製RM 150及びRM 5）にて増幅後，8名ずつ8チャンネル・ペンレコーダーにて記録した。心電図は全員ほぼ良好に記録され，運動前2分

間，運動中3分間，運動後4分間のR棘を全経過計数して心拍数を求めた。

さらに被検者のうち，53名については，1年後の同時期に同方法によるテストを実施してその間の身体活動量がほぼ等しく，喫煙習慣の異なる3つの群（「のむ」，「前にのんでいたがやめた」，「のまない」）について，その成績の変化を比較した。

期間は，第1回目は，昭和52年4月22～5月22日で，測定時の気温は18～22℃，平均19.5℃，湿度は69～81%，平均74%であった。また，1年後のテストの場合は，昭和53年4月15～5月1日で，測定時の気温は18～24℃，平均19.9℃，湿度は63～81%，平均74%であった。いずれも，本学体育研究棟第2実験室にて行なった。

3）結　果

この調査の結果については，昭和53年度日本体育学会にて発表したが，[74] 概要を述べる。

まず，被検者168名の喫燃習慣の内訳は「のむ」が77名，(45.8%)，「のんだことがある」が40名（23.8%），「のまない」は51名（30.4%）であったが，3群の身体的特性及体力診断テスト得点（本テストとほぼ同時に正課授業にて実施した）は，表9に示す通り，3群間に差はなかった。踏み台昇降運動成績は，図4に示す如く，判定指数においては正規分布とならず，回復時の合計心拍数では正規分布を示すことから，3回の脈はく（心拍）数合計で示したが，比較すると表10の通り，運動前，運動中，回復時合計いずれも3群間に差はみられなかった。この場合，スコアは入学前の運動経験や，現在の運動部所属の有無によって有意な差がみられた。表2によりその比較をすると，日常の運動習慣により差がみられるのは，週3回以上運動を実施している者（ほとんど全員運動部員）と，それ以外の群であり，それ以外のグループ間には差

表 9　被検者の身体的特性（平均値±標準偏差）

	人数	年令（才）	身長（㎝）	体重（kg）	体力診断テスト得点
の　む	77	19.4	170.3±5.7	61.5±6.6	24.7±2.4
のんだことある	40	19.1	169.7±5.3	62.7±8.0	24.6±2.4
の　ま　な　い	51	19.3	168.8±5.0	60.8±10.1	24.7±3.2

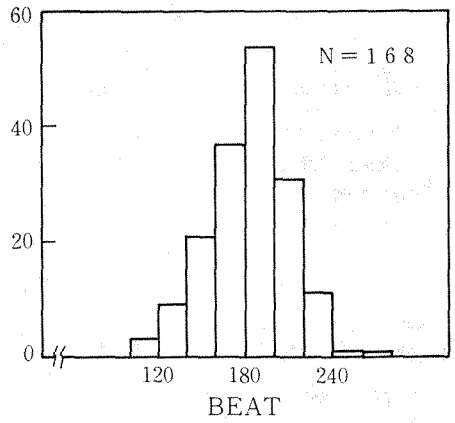

図4　踏み台昇降運動（3回の心拍数合計）の度数分布

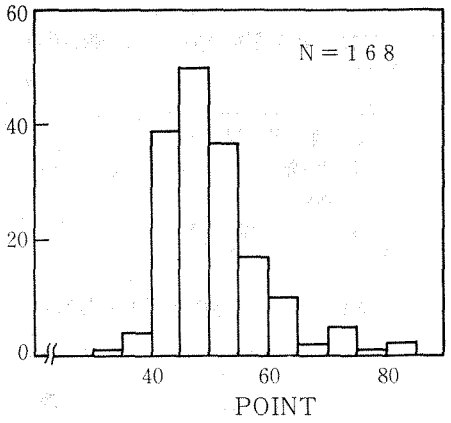

図5　踏み台昇降運動（判定指数）の度数分布

表10 喫煙習慣と踏み台昇降運動成績（平均±標準偏差）

	人数 (%)	心拍数 (拍/分) 運動前	運動2～3分	回復時合計	判定指数
のむ	77 (45.8)	84.7±13.4	172.8±12.2	182.4±26.0	50.5±7.8
のんだことある	40 (23.8)	87.4±12.7	173.0±12.4	186.8±24.1	49.1±7.0
のまない	51 (30.4)	82.7±15.7	172.7±12.8	182.0±33.9	51.4±11.1
平均	168 (100)	85.0±14.0	172.8±12.2	183.1±28.1	50.4±8.7

表11 高校時代の運動部経験の有無と踏み台昇降運動成績

	1年生 人数	回復時合計	有意性	2年生 人数	回復時合計	有意性
なし	32	194.0±28.2	−	56	184.1±29.1	−
あり（2年未満）	16	190.6±25.2	−	16	183.6±19.1	−
あり（2年以上）	23	171.4±25.8	***	25	174.0±31.4	−

* ……P＜0.05　　** ……P＜0.01　　*** ……P＜0.005

表12 運動部と非運動部学生（2年生）の踏み台昇降運動成績

	人数	運動前心拍数 (拍/分)	有意性	運動中2～3分 (拍/分)	有意性	回復時合計	有意性
非運動部	87	85.8±13.6	−	174.0±12.3	−	185.2±25.9	−
運動部	10	74.3±13.9	**	158.4±12.1	***	155.5±30.3	***

表13 喫煙習慣別踏み台昇降運動成績（現在，高校時代とも運動部経験のない者のみ）

	人数	回復時合計	有意性
のむ	35	186.4±27.5	−
のんだえとある	15	201.5±18.7	*
のまない	29	184.5±34.3	−

表14 喫煙期間別踏み台昇降運動成績

	人数	回復時合計	有意性
6カ月以下	7	175.9±22.9	−
6カ月～1年	27	182.9±22.9	−
1年～3年	35	183.2±28.3	−
3年以上	7	180.6±33.7	−

表15 1日の喫煙量別踏み台昇降運動成績

	人数	回復時合計心拍数	有意性
10本以上	25	177.6±23.9	−
10～30本	51	183.6±27.5	−
30本以上	1	202	−

表16 喫煙方法別踏み台昇降運動成績

	人数	回復時合計心拍数	有意性
口腔喫煙	15	183.9±23.7	−
肺喫煙	60	181.4±27.0	−

表17 喫煙習慣別踏み台昇降運動成績1年間の変化（運動部を除く）

		運動前（拍／分）		運動中2′～3′（拍／分）		回復時合計（拍）	
		M±S.D.	有意性	M±S.D.	有意性	M±S.D.	有意性
のむ	入学時	85.8±12.4	−	173.4±10.0	−	184.5±49.4	−
(92人)	1年後	88.7±13.0	−	168.8±10.2	***	175.0±20.0	**
のんだことある	入学時	86.3±10.8	−	172.8±11.1	−	185.0±29.3	−
(8人)	1年後	86.9±16.5	−	169.8±14.9	−	181.8±26.3	−
のまない	入学時	93.9±21.2	−	179.1±15.6	−	208.0±37.3	−
(10人)	1年後	90.9±11.9	−	174.6±14.5	−	189.3±33.0	*

がみられなかった。喫煙習慣の異なるグループ間に，このような運動習慣，運動部経験に関しての差はなかった。さらに，運動部経験のない79名について，喫煙習慣別に比較したところ，やはり表13の如く，「のむ」と「のまない」については差がなかった。また，喫煙者について，喫煙期間別，1日の喫煙量別，喫煙方法別（肺喫煙と口腔喫煙）に比較してみたが，いずれも有意な差はえられなかった。

これらの成績がさらに1年間の喫煙習慣の違いによって，異なった変化を示すかどうかを，53名について，1年後の同時期に同方法で追試してみた訳であるが，うち6名は運動部所属者であり，著しい発達を示したので，比較する上で除外し，正課体育以外ほとんど運動を行なわなかった残りの47名について，喫煙習慣別にその変化を検討した。その喫煙習慣の変動を見ると，「のむ」群33名のうち，入学後1年間の間にたばこを嗜むようになったのは2名で，大半は入学前からの喫煙者であった。また，「のまない」群11名は，全員，入学前入学後も非喫煙者であった。

この場合，「のまない」群の11名は身体的特性及び体力診断テストの得点は，他の2群よりやや劣っており，表17に示す通り，踏み台昇降運動における心拍数も運動時やや高く，回復時も多い。1年間の3群の変化をみると，いずれのグループも同じ強度に対して運動中及び回復時共心拍数が減少しており，生理的反応からみた全身持久性の発達がうかがわれる。しかもその変化は喫煙習慣に無関係であり，「のむ」群については，運動中及び回復時合計心拍数「のまない」群では回復時合計心拍数が，入学時よりも有意に減少した。この2つの調査の結果，体力レベルが等しい集団においては，持久性テストである踏み台昇降運動の成績には，喫煙者と非喫煙者の差は見られなかった。つまり，喫煙によって心拍数の亢進が永続的，累積的に生体におこっていると推定されるような変化は，本条件の場合は見られなかった。

Chronic な喫煙が，循環機能の低下として心拍数に影響を及ぼすか否かについて，若い年令層を対象とした比較的少数例の報告では，Goldman 及びLevin,[26] Chevalier ら,[13] 山地[55] などが喫煙者の高い心拍数を認めている。しかし，これについてはむしろ Cunningham[15]

や Blackburn[10] らの広範な年令層にわたる多数例の横断的な調査があり，それらの結果は既に指摘したように，加令の進んだ層については安静時，運動時ともに差がみられるものの，若い年令層では明瞭でない。血圧の応答についても同傾向である。[10] その原因として，喫煙とともに吸入される Nicotine の薬理作用も，急性のものは認められていても，累積的に心機能を低下させているという確証はまだ得られていないし，[1] 一方，喫煙による血液中 COHb 濃度の上昇などは心拍数を亢進させない[32][65][79] 点なども考えられる。

Submaximal な負荷に対する呼吸循環機能指標の応答を通して喫煙の影響を評価する方法に於いて，何が鋭敏な indicator となりうるかについては更に吟味が必要であろう。

第 3 章　喫煙及び喫煙習慣が全身持久性 performance に及ぼす影響

1. 運動直前の喫煙が全身持久性 performance に及ぼす影響

喫煙が競技成績に及ぼす影響について実験的に究明しようとする試みは，ReevesとMorehouse[62] (1950) や，Karpovich と Hale[38] (1951) がその先駆と言えるが，それらの報告も，喫煙が作業成績を低下させるという結果の示唆にとどまり，惹起された生体反応からその機序を明らかにするまでには至っていない。しかし，スポーツマンに喫煙者が少ないという報告は，既にクロスカントリー走の順位に関して Kennedy[39] (1931) が行なっており，コーチや選手にとって害になるであろうということが，体験的に把握されていたものと思われる。

一本の喫煙が持久性パフォーマンスを低下させるか否かの実験は，Reeves と Morehouse (1950) によって最初に試みられている。この時の持久性テストは略式のハーバード・ステップ・テスト（踏み台昇降運動）を用いているが，同時にスピード（タッピング），パワー（垂直跳），力（握力，押力）の適性テストについても比較している。その結果，15 名の大学生喫煙者に対して，コントロール時（2 時間前から禁煙）と喫煙装置を用いた 1 本の喫煙時とでは，ステップ・テストの持続時間に於いて差がなかったほか，他のテストに於いても変わらなかった。Parker[58] (1954) も同じく，ステップ・テスト（高さ18インチ，1 分間46回のテンポ）を用いて 1 本の喫煙時と非喫煙時の比較を行なっている。この場合もやはり同様，19～25才の大学生で喫煙者12名，非喫煙者 7 名の作業時間は，喫煙した場合，コントロール時よりも1.13分短かかったか有意ではなかった。

Karpovich と Hale[38] (1951) の場合は，上記 2 例と喫煙条件がやや異なっており，5 人の大学生（喫煙者）にたいして喫煙した日と禁煙した日を交互に設定し，自転車エルゴメーターによるテストで各被検者について作業時間の差を検討するという方法をとった。その結果，5 名のうち 2 名にパフォーマンスの低下を認めた。さらに 3 名の非喫煙者及び 5 名の喫煙者に対して間けつ的に設けた喫煙期間と禁煙期間中におけるパフォーマンスを比較し，非喫煙者で 2 名，喫煙者では 1 名，喫煙期間のパフォーマンスが劣っており，各グループの平均値は喫煙者の方が劣っていたものの，その差は有意ではなかった。

Karpovich 及び Hale はこの結果から，僅か 8 例の被検者に於いてもタバコに対する感受性は個人差が大きく，非喫煙者が喫煙者よりも大きな影響を示すとは限らないことを指摘しており，その理由として，非喫煙者は吸煙することが出来ないためであろうと言っている。この推論は，前節で述べた踏み台昇降テストを用いた喫煙の影響についての著者らの結果とよく妥当している。

この種の実験には多くの変動要因がからんでおり，喫煙条件を統一し，作業成績に及ぼす喫煙以外の影響を断つことは非常に難しい。結局のところ，Karpovich と Hale が提起するのは，被検者としてこれから禁煙しようとする喫煙者か，これから喫煙者になろうとする非喫煙者を多人数見つけ出す以外ないと言うことである。しかし最近では，前章で述べたように喫煙物質の中で，全身持久性に影響を及ぼす有力なもの，たとえば CO の吸入や曝露により，血中の COHb 濃度を喫煙時や喫煙者と同じレベルにまで高めて，最大酸素摂取量や作業成績の比較から，間接的に把握しようとする試みがなされており，その結果，主流煙中の一種類の物質でも，酸素運搬系に悪影響を与え，作業成績低下の有力な要因となっている因果関係が明らかにされつつある。Cooper ら[14] (1968) による喫煙とトレーニング効果についての縦断的な研究はそれに確証を与えている。

2. 喫煙習慣と全身持久性 performance

スポーツマンは一般に喫煙者が少ないという報告や，[20)78)] 高校生の喫煙についての各種の調査などから，スポーツをする者はタバコを控えるべきだという認識は諸外国においては浸透しているように思われる。Monk らの米国の高校生の喫煙に関する調査[55] (1965) によると，学校のクラブやスポーツチームのクラブ員は喫煙率は低く，喫煙は健康にどういう影響を及ぼすか，という問に対して最も多い答えが，「息切れをおこす」(shortens the breath) というものである。同様に，Portland 市の高校生に対して行なった Horn らの調査[31] (1959) も，運動部に所属しない生徒や，コーチのつかない運動部員よりも，コーチの指導の下に活動している運動部員の方が，喫煙率の低いことを報告している。Biener ら[6] (1968) のドイツにおける16～19才の青年の調査においても，禁煙の理由として最も有力なものは，「Sport」であり，スポーツクラブに所属する者の喫煙率はやはり低い。さらに Biesner[7] (1922) は，喫煙者の体力得点が低く，スポーツに対する興味も薄いことをあげている。

一方，わが国ではこうしたスポーツと喫煙に関する研究例は，国体出場選手についての吉田ら[87)88)] の調査が唯一のもので，それによると男子選手の60％以上が喫煙者であり，スポーツは喫煙の規制要因となっていないものと思われる。中学や高校の運動部などでは来校したOBなどからスポーツの指導のみならず喫煙の味を指導されたという話さえまま聞かれる。

こうしたことから，喫煙者と非喫煙者のパフォーマンスを比較する場合，喫煙習慣の違いによる差ばかりでなく，スポーツに対する興味の違いや，普段のスポーツ習慣の差などから生ずる偏差が大きく影響する恐れがある。そうした条件が不同な場合，喫煙者の成績が劣っていたにしても，それを喫煙の chronic な生理的影響に帰することは出来ないであろう。故に，こうした横断的な比較で喫煙の影響を推察しようとする場合には，両グループのスポーツ経験や，日常の身体活動度の等しいことが前提になる。

喫煙習慣と持久性パフォーマンスに関する最初の報告として，Kennedy[39] (1931) は，3マイルのクロス・カントリー走について7年間，1973名の選手についての順位と1日の喫煙量の検討を行なった。それによると，10位以内に入賞した者は，Heavy（1日20本以上）のグループで6.0％，Moderate（1日20本以下）では8.6％，Nonsmoker の場合は 18.8％と，喫煙者の入賞率が低かった。しかしこの場合，レースに賭ける意欲が異なれば，体力管理としての禁煙に対する意気込みとして，差が反映されるという予想も成立しうる。

喫煙者と非喫煙者について，同じ身体的特性で，同一の生活条件を課し，運動経験やトレ

表18 419名の空軍兵士の12分間走テストにおる喫煙と成績(Cooper による)

喫煙歴	被検者数	トレーニング開始期の12分間走距離 (マイル)	トレーニング中期の距離 (マイル)	トレーニング終期の12分間走距離 (マイル)	距離成績の変化の最大値 (マイル)
1日の喫煙量					
喫ったことがない	128	1.47	1.56	1.61	0.14
現在喫っていない	64	1.44 *	1.54 *	1.57 *	0.13 *
1日10本以下	86	1.42 +	1.51 +	1.54 ‡	0.12 *
10～30本	131	1.43 +	1.50 §	1.52 ‡	0.09 ‡
30本以上	10	1.35 +	1.41 §	1.44 ‡	0.09 *
喫煙期間					
6カ月以下	48	1.48	1.57	1.61	0.13
6カ月～1年	31	1.43 *	1.52 *	1.54 +	0.11 *
1～3年	125	1.41 §	1.51 §	1.53 ‡	0.12 *
3～5年	67	1.41 §	1.50 §	1.50 ‡	0.09 *
5年以上	28	1.42 *	1.45 §	1.53 +	0.11 *
吸煙の有無					
吸煙しない(口腔喫煙)	28	1.47	1.57	1.60	0.13
吸煙する (肺喫煙)	255	1.42 *	1.51 +	1.52 §	0.10 *

*……有意でない　+……0.05＞P＞0.02　‡……0.001＞P
§……0.01＞P＞0.001
注) 6カ月以下には，禁煙者も含む

ーニング量が等しいと思われるグループとして，横断的及び縦断的に作業成績の差を検討した Cooper ら[14] (1968) の報告については，こうした条件への考慮が充分であり，信頼度の高い結果と見做すことが出来る。すなわち，Cooper らは，平均年令19.1才，419名の空軍兵に対して，等しい入隊生活の中で，等しいトレーニング量を課し，6週間のトレーニング前後のパフォーマンス (12分間走) で喫煙習慣別の比較を行なった。その結果，トレーニング前のパフォーマンスは，1日の喫煙量，喫煙年数の多いグループ程悪かっただけでなく，6週間後の12分間走の伸び率についても，非喫煙者群が，0.14マイル伸ばしたのに対し，1日10～30本のグループでは，0.09 (P＜0.001で有意)，30本以上のグループも，0.09マイル (有意でない) と劣った伸びを示し，喫煙が trainability を低下させることが推察された。

一方，これを否定する報告としては，Pleasants[60] (1969) のものがあげられる。Pleasant は，18～20才の男子81名 (喫煙者47名) に，1日30分間，週3回，8週間の水泳トレーニングを課したが，両群共にトレーニング効果を認め，両群のタイムに有意な差を認めなかったことから，喫煙はトレーニング効果を減退させるものではないと言っている。

このような異なった結果について合理的に説明しうる知見は未だ乏しく，今後この種のテストに於いては，被検者の選定，トレーニング内容，トレーニング効果の検定の方法などについて詳細な吟味が必要であろう。

3. 大学生の煙喫習慣と持久性 performance に関する実験研究

喫煙は生理的反応として，著明な循環応答を惹起するものの，その効果が運動適応にとって一過性のものであるのか，蓄積されていくのか，これまでの研究で判断できるまでに至って

いないことについて，retrospective に考察してきた。また，著者ら（1978）による，わが国の青少年を対象とする体力診断テストで持久性判定指標である踏み台昇降に対する影響についての調査に於いても，それが喫煙直後に行なわれた場合，成績を悪化させることは認められた

表19　現在の運動習慣と持久性テスト成績

	人数	1500m走タイム（秒）			踏み台昇降運動成績（回復計計）		
		M	S・D	有意性	M	S・D	有意性
正課体育のみ	54	380.5	30.0	—	172.5	21.3	—
正課体育＋月1，2回	9	388.2	47.7	—	164.7	21.4	—
正課体育＋週1，2回	19	387.8	40.1	—	177.2	28.1	—
正課体育＋週3回以上	20	358.6	32.1	***	163.8	28.8	—

表20　運動部所属者の喫煙習慣別持久性テスト成績

	n	1500mタイム（秒）			踏み台昇降運動(回復合計)			体力診断テスト得点		
		M	S・D	有意性	M	S・D	有意性	M	S・D	有意性
の　む	6	401.7	55.6	—	168.3	40.5	—	25.8	3.3	—
のんだことある	8	374.3	31.1	—	155.4	9.9	—	25.8	1.6	—
の　ま　な　い	15	353.1	32.5	*	154.5	29.7	—	26.1	2.0	—

表21　高校時代運動部経験者の喫煙習慣別持久性テスト成績比較

	n	1500m走タイム（秒）			踏み台昇降運動(回復合計)			体力診断テスト得点		
		M	S・D	有意性	M	S・D	有意性	M	S・D	
の　む	10	401.4	40.9	—	161.6	21.3	—	24.8	3.4	—
のんだことある	12	364.5	32.7	*	159.4	14.6	—	25.9	1.4	—
の　ま　な　い	24	366.8	26.5	**	169.0	25.6	—	25.0	2.2	—

表22　喫煙習慣別体力診断テスト成績（M±S・D）（高校時代，現在とも運動部に所属しない者）

	n	反復横とび（回）	垂直跳（cm）	背筋力（kg）	踏み台昇降運動（点）	握力（kg）	伏臥上体反らし（cm）	立位体前屈（cm）	総得点（点）
の　む	16	43.2±3.1	59.6±7.7	131.8±17.5	52.1±6.7	45.7±4.5	55.5±6.2	14.0±5.7	23.4±1.9
のんだことある	8	45.9±2.6	59.3±4.4	134.7± 9.5	53.3±9.0	45.7±2.3	61.4±8.9*	18.2±4.3*	25.4±1.5**
の　ま　な　い	13	45.0±3.2	57.1±7.8	123.5±13.5	52.4±7.2	43.9±3.2	54.6±9.0	13.3±3.9	23.2±2.4

表23　喫煙習慣別持久性テスト成績（表22の37名）

	n	1500m走タイム（秒）			踏み台昇降運動（回復合計）		
		M	S・D	有意性	M	S・D	有意性
の　む	16	398.3	34.9	—	176.6	21.1	—
のんだことある	8	378.7	35.5	—	173.1	27.8	—
の　ま　な　い	13	374.9	26.7	*	174.6	24.1	—

表24 喫煙者の喫煙期間別1500mタイム
（高校時代，現在とも運動部に所属しない者）

	n	1500mタイム（秒） M	S・D	有意性
喫煙歴 1年以下	7	396.3	38.9	—
〃 1年以上	11	397.2	31.2	—

表25 喫煙者（同上）の1日の喫煙本数別タイム

	n	1500m走タイム（秒） M	S・D	者意性
1日10本以下	9	378.6	23.3	—
1日10本以上	9	413.7	33.6	**

* ..... $P<0.05$ ** ..... $P<0.01$ ** ..... $P<0.005$

ものの，それが cumulative に喫煙者の physical resource としての心拍応答に影響を与えているか否かについては検知出来なかった。

一方，Cooper らの12分間走の持久性パフォーマンスにおける喫煙者と非喫煙者，喫煙量とパフォーマンス，喫煙習慣とトレーニング効果については，明らかに差が認められている。しかし，これについても Pleasant の場合は，喫煙習慣と8週間の水泳トレーニングの結果から，トレーニング効果の減退を認めていない。

そこで著者ら[75](1978) は，わが国で採用されている持久性テストで，パフォーマンス（タイム）を指標とする2種のテスト（一つは青少年の運動能力テストの持久性判定種目である1500m持久性であり，他の一つは，30才以上の成人を対象とする壮年体力テストの持久性判定種目である1500m急歩）に於いて，運動の経験習慣が同等と考えられる被検者について，喫煙習慣が異なれば，パフォーマンスに差が生じるかどうか，把握しようと試みた。

まず，喫煙歴が短かい未成年層への影響については，両様の仮説が考えられる。すなわち，タバコの毒性に対する慣れが定着していない感受性の強い段階なので，影響が大きいであろうとする考え方と，cumulative な影響による呼吸循環機能の低下が短かい時期なので，差がみられないであろう，という考え方である。

これを検討するために，本学入学直後の男子大学生102名（平均18.9才）に対して，1500m走のタイム計測を実施した後，質問紙により，運動歴，日常の運動習慣，喫煙習慣についての調査を行った後，被検者の運動経験，習慣別に，喫煙習慣別の所要タイム（秒）および入学時の体力診断テスト得点を比較した。測定は，昭和53年6月20日，本学陸上競技場で実施したものである。

その結果は，表19から表25に示す。まず表19に示すように，現在の運動習慣と1500m持久走タイムとは，正課体育以外に週3回以上運動を行なっている者（大部分運動部）とそれ以外の者との間に有意な差がみられた。これは，踏み台昇降運動成績についての前節の結果と同じであり，このような場合に，日常の身体刺激の量に対応した集団毎に，比較することが妥当と考えた。

そこでまず，現在運動部に所属している29名について，喫煙習慣別に3つのグループ(「のむ」,「のんだことある」,「のまない」) に分け，それぞれの成績を比較すると，表20の結果となった。同じように，高校時代の運動部経験者について比較すると表21，高校時代，現在とも運動部に所属しない集団について比較したのが表22となった。いずれの母集団においても，体力診断テスト得点および踏み台昇降運動成績は，喫煙習慣別に差がみられない。しかし，持久性パフォーマンスに於いては有意な差が見られ，「のむ」群は他の2群よりも劣っていた。すなわち，現在の運動部員については57秒，高校時代の運動部経験者では34秒，高校時代，現在とも運動部に所属しない集団でも23秒と，いずれも「のむ」群は「のまない」群よりも大幅に遅れてゴール・インした訳である。さらに，喫煙歴別，一日の喫煙本数別に比較すると，表24の如く，喫煙歴においては差がみられないが。1日の喫煙本数の多い方が，表25のとうり，同じ喫煙者でもより劣った成績となった。

以上の諸結果から見て，喫煙歴の短かい未成年令の大学生において，既に喫煙者の持久性パフォーマンスの低下が著しく，これに反して，心拍数応答からみた持久性テストである踏み台昇降運動の成績については，前節の結果と同じく，再び差が得られなかった。

4. 成人の喫煙習慣と急歩成績に関する実験研究

わが国において，30才以上の年令層を対象とする急歩（男子は1,500m，女子は1,000m）は，壮年体力テストの持久性判定指標としては，それ以下の年令層に採用されている踏み台昇降テストが，一定強度の負荷に対する（脈はく数を指標とする）生理的反応によって持久性を把握しようとする方法であるのに対して，パフォーマンス（タイム）によって持久性を把握しようとする方法である。12分間走や，1,500m走のような走運動によるパフォーマンス・テストは，最大酸素摂取量（$\dot{V}O_2$ max）という最もauthorizeされた全身持久性指標との高い相関関係も得られており，脈はく数のような個人差や測定誤差などの大きい踏み台昇降テストよりも，作業能力に直結した持久性の表象となりうるものであるが，一方，測定場所や環境条件の違いなどによる影響を受け易く，最大努力を要求する性格上，過激な負荷となり易いという欠点も持っている。

壮年に対して適用されている急歩も，労作強度としては走よりも軽いものの，酸素摂取に動員される呼吸循環機能の高い水準と，心理的持久性が複合されたaerobicテストとみることができる。

被検者は，本大学に勤務する教職員男子で20～59才の年令層202名で，昭和51年1月末本学体育指導センターで実施した教職員の体力テストに参加した者で，20～29才までは体力診断テストを，30～59才までは壮年体力テストを実施した。いずれも，同時に形態測定による身体的特性及びアンケートによる運動習慣をはじめとする日常の身体活動度及び喫煙習慣に関する調査も行なった。

結果については，昭和54年度日本体育学会にて発表したが，[76] 概要を記すと，まず踏み台昇降運動成績については，20～29才の男子53名中，「のんでいる」者36名の平均51.1点に対して「のまない」者13名は48.0点と有意な差がなかったのは，第1章3で述べた結果と一致している（表26，表27)。

一方，30～59才の年令層における壮年体力テストの急歩の成績については，まず「のんでいる」者97名，「前にのんでいたがやめた」者16名，「のまない」者36名の身体的特性は，

「前にのんでいたがやめた」群の身長が劣り，年令がやや高いが，その他については差がなく，また運動歴および，日常の身体活動度において3群間に差がなく，体力に影響を及ぼす他の条件についてはほぼ同等と思われた。事実，1,500 m急歩以外の4種目の体力テスト値は，表29に示す如く，3群間に差がみられなかった。

一方，1,500 m急歩の所要タイムは，喫煙習慣別に著しい差が見られた。すなわち，「のんでいる」群は，「のまない」群に対して全体で44秒も劣り，これを各年代別に見ても30才代で40秒，40才代で46秒（いずれも有意に）劣っていた。この差は種目別得点において3～4点ともなることから，5種目の総得点にそのまま反映し，喫煙者が非喫煙者よりも約5点（$P<0.05$）劣る結果となった。これらの結果は，Cooper らの報告と同傾向であり，男子小学生における1,500 m走，壮年男子における1,500 m急歩という2種の持久性パフォーマンスのテストにおいて，いずれも喫煙者よりも著明に劣っており，前章で述べた生理的反応として表象される持久性テストである踏み台昇降運動における結果と対照的であった。

表26 被検者の身体的特性（20～29才男子）

Smoking Category	Smoke	Quit	Nonsmoker	Significance
N	36	4	13	
Height M (cm) SD	168.6 4.9	166.3	166.4 5.9	NS
Weight M (kg) SD	61.1 4.9	64.1	60.7 6.1	NS
Age M (yr)	26.3	28.8	26.6	

表27 喫煙習慣別体力診断テスト得点と踏み台昇降運動得点比較（20～29才男子）

Smoking Category	Smoke	Quit	Nonsmoker	Significance
N	36	4	13	
Total Physical Fittness Score N SD	23.6 2.9	23.3 1.7	23.1 3.0	NS
Step Test Score M SD	51.1 5.4	51.8 2.4	48.0 7.3	NS

表28 喫煙習慣別身体的特性（30～59才男子）

	Smoke	Quit	Nonsmokera	Significance
Number of the subjects	97	16	36	
Age (yr)	38.6	41.4	37.5	
Height (cm) M S.D.	167.1 4.9	164.1 4.7	165.5 6.4	S-Q $P<0.05$
Weight (kg) M S.D.	63.7 8.9	63.8 5.8	61.7 13.3	NS

表29　喫煙習慣別壮年体力テスト得点

Smoking Habit		Smoke	Quit	Never	Significance
	N	97	16	36	
Side Step (point)	M	41.1	41.8	42.9	
	S.D	5.2	6.4	6.0	
Vertical Jump (cm)	M	52.9	51.4	53.2	
	S.D	7.3	9.7	7.9	
Grip Strength (kg)	M	48.3	47.4	49.3	
	S.D	6.5	5.1	4.7	
Zig Zag Dribble (sec)	M	16.9	17.5	16.3	
	S.D	3.6	3.7	2.8	
1500 m Fast Walk (sec)	M	656.9	674.1	612.8	S-N $P<0.001$
	S.D	68.7	51.0	68.4	N-Q $P<0.001$
Total Score (point)	M	70.3	67.6	75.8	S-N $P<0.05$
	S.D	15.0	19.6	14.9	

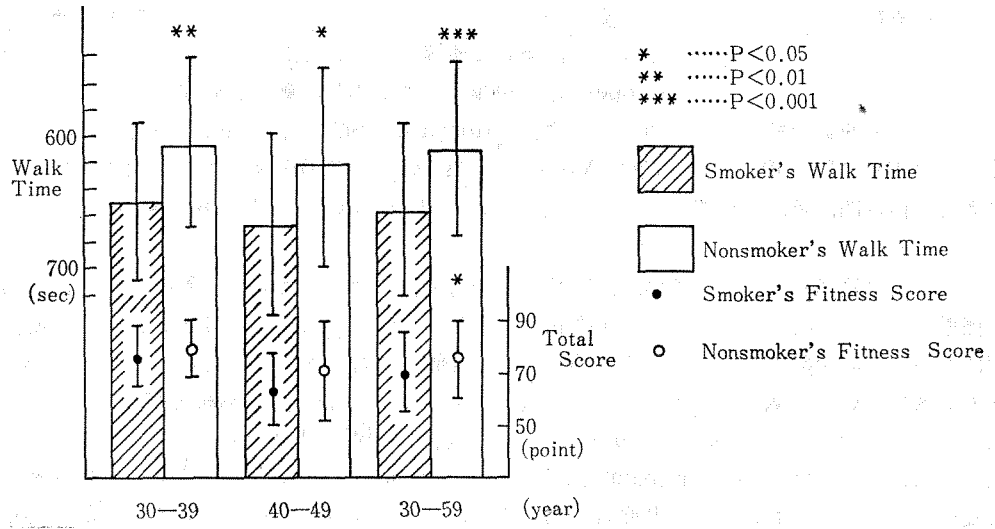

図 6, 喫煙者と非喫煙者の1500 m急歩タイムと壮年体力テスト得点の比較

以上の2つの実験を通じて，喫煙習慣は全身持久性においてパフォーマンスの低下に対して著明に関係し，それは喫煙歴の短かい，タバコに敏感な未成年層において既に見られた。

喫煙がさらに累積された年令層については，それが chronic に持続していくのか，或いは慣れ（habituation）として解消されていくかという点については，壮年期における各年令層にわたっても，持久性パフォーマンスの低下を規定しているのではないか，ということが推察される結果となった。

第4章 喫煙と体力

1. 総括的考察

喫煙と全身持久性に関するこれまでの報告を整理し，概括すると，一定強度の運動負荷に対する生理的反応に関しては，種々の呼吸循環指標によって異なった結果が得られている。心拍数についても一時的に亢進することは認められているものの，運動適応にとってそれが負の effector となっているという機序は十分明らかにされていないし，さらにそれが cumulative に持久性を低下させているかどうかについては，心はく出量などから縦断的に解明されなければならないと思われる。

これについては，喫煙時と非喫煙時の比較の場合，喫煙条件がすべて1～2本の喫煙であり，これが妥当なものかどうかがまず吟味される必要があろう。また，喫煙者と非喫煙者の比較については，喫煙以外の諸特性が等しい条件で，この種のテストを設定することが肝要と思われる。いずれにせよ，個人差の大きい喫煙条件を統一化し，喫煙量を定量化することが望ましい。これについては，Castleden 及び Cole[11] (1974) の観察から，血中 COHb 濃度が喫煙量をよく反映することが知られており，nicotine や CO の体内での吸入とその消長を把握したうえでの実験の設定が望まれる。

競技成績（パフォーマンス）に関しては，スポーツマンやコーチの間で，喫煙が低下をもたらすということについては，これまで体験的に理解されていたが，これについても影響なしとする評価もあった。しかし，Cooper ら (1968) の横断的及び縦断的研究によって，トレーニング効果の減退を招くことが明らかにされ，Horvath (1975)，Raven (1974)，Drinkwater[16] (1974)，Ekblom ら (1972)，Vogel ら (1972) の COHb 濃度が最大酸素摂取量及び最大持久性時間に及ぼす影響について，その critical な level が明らかにされるまでに到達している。

これらの論議をもとに，著者は，喫煙が全身持久性に及ぼす影響の有無を，わが国において採用されている持久性テストの結果に転じてみた。踏み台昇降運動のように，一定強度の負荷にたいして心拍数を指標とする生理的反応から評価する持久性テストにおいては，その一過性の影響についても個人差が大きく，大学生などの若い年令層では，喫煙習慣による差がみられなかった。また，1年間という短期間の発達差も，喫煙群と非喫煙群はほぼ等しかった。ただしこれについては，Cunningham (1972) や Blackburn (1960) のように，比較的喫煙歴の長い中年者などにおいては，喫煙者が高い心拍数を示す場合もあり，喫煙が累積的に心拍数を亢進させていくか否かは，今一つ判断を補完させるデータが待たれる。さらに運動時の呼吸機能や血行動態の反応差については，異なった結果が多いが，既して喫煙が負の効果を示していることが指摘されている。

他方，喫煙者の走運動などに見られる持久性パフォーマンスの低下に関しては，Cooperらの報告や，著者らの行なった結果から見て，既に未成年令期から見られた。それは年を経ても慣れ (habituation) として解消されずに，成壮年期における各年令層にわたって，chronic に累積されていく傾向が観察された。

したがって，持久性を個々の指標をもとにした生理的反応から評価した場合，喫煙は明瞭な影響を示さないか，差を示すとしてもそれらが chronic に累積された場合であり，それら

の諸機能が相乗されてパフォーマンスとして発揮される段階で始めて顕著な差を露呈するということが言える。その理由として以下の点が考えられる。

(1) 踏み台昇降運動のようなテストの場合は，主として循環機能の応答を心拍数という単一の指標で判断しようとする点で，全身持久性の総体を反映することに無理があること。

(2) Nicotine による心拍数の亢進，血圧の上昇などの循環機能応答も，一過性のものとして認められているものの，個人差が大きく，継続的に作用して恒常的にこれらの機能を亢進させているか否かは確認されていないこと。

(3) 喫煙による持久性への影響は，COHb 濃度の上昇などにより酸素運搬系を介して最大酸素摂取量を低下させるという点では，大きな影響を与えるものの，submaximal な負荷の場合には，crest load level での持久性を評価するのと異なった反応を示すことが考えられること。

(4) (3)とかかわって，COHb の増加が，必ずしも心拍数を増加させないこと〔Vogel と Gleser (1972), Ekblom と Huot (1972)〕。

(5) 持久性テストとしての踏み台昇降運動と，持久性の相関が低いこと。

これらの理由は，そのまま喫煙が全ての機能を動員した最大努力が要求されるパフォーマンス・テストとしての持久性に対して顕著な差を発現させた根拠ともなっている。

もとより，多数の被検者についての平均値と標準偏差による差の検定から，喫煙の影響を評価するという観点そのものは，喫煙に対する感受性が個人により著しく異なることを無視する立場にたった「個の抹消」と，大なり小なり検出された負の影響を「all or none」の論理に転換することにより生ずる「量の消去」という2重の処理を経ることは避けられない。

それは人間の健康増進や体力発達を処方していく立場では，歪曲された結論をもたらす危険性を孕んでいる。喫煙が運動に及ぼす影響に関する以上の様な方法論的な限界と，それに関与する変動因子の多さを踏まえた上で，Karpovich 及び Hale がスポーツマンに対して指摘したのは「競技チームの中にはタバコに敏感な者が比較的多く含まれていると思われることから考えて，禁煙が賢明な策である」という事であり，この考え方はこれまで異なった方法にもとづいて，異なった判断を表明してきたいずれの立場からも支持されよう。

2. 喫煙者の「toughness」

これまでの考察から，たばこが全身持久性を低下させる有力な因子となっていることは，ほぼ明らかにされ，特にそれは有酸素運動における作業成果に直接反映されるだけに，体育やスポーツの指導にとって重大な意義を持つものと思われる。それならば，人間の発育発達過程の中で，全身持久性トレーニングの効果が最も大きく，その価値志向から見て体力向上やスポーツ競技成績に対して最も関心の強い世代ともいうべき青少年の間で，何故このことが理解されずに，タバコの魅力が根強く浸透しているのかをあらためて考えてみる必要がある。

既に指摘してきたように，Biesner ら[7] (1972), Fodor ら[19] (1969) の調査に於いて，喫煙者がスポーツに対して関心が少なく，体力が低いという結果や，米国の高校生についての Monk[55] (1965), Horn ら[31] (1959) の調査，ドイツの青年における Bierner ら[6] (1968) の結果が示すように，タバコがスポーツ成績を低下させるという理由が禁煙の有力な根拠となっている。

たばこの起源と伝播に関する記述をたどると，薬草や強壮剤として考えられていた時期も

あったが,[81] 現在でもたばこと体力との関係について青少年がまったく相反するイメージを抱いていることがあるのは興味深い。

たとえば, Mckennell と Bynner[54] (969) は, 11～15才の男子生徒約5,000名に対して, 主としてS・D・法により, 喫煙行為に対する態度, 喫煙者群や非喫煙者群のイメージの差などを検討しているが, 喫煙者が「たくましさ」(toughness) の点で, 現実我・理想我について高く評価していることを指摘している。これに注目して, 吉田と中川[89] (1971) は, わが国の高校生に対して因子分析的研究で抽出された3つの因子 (学業上の成功, たくましさ, 早熟性) について, 1,153名の男女を対象にしたS・D法を行なっている。その結果も同じく, 喫煙男子高校生は学業面での評価は低いのに対して, 「たくましさ」と「早熟性」の両因子においては, 理想我, 現実我ともに高く評価し, 非喫煙者に対しては逆のイメージを抱いていることを報告している。たばことたくましさとの結びつきは, この年令期の男子を喫煙に誘う強力な動機になるであろうと思われる。

このことを生理学的に合理化しうる何らかの報告は見当らないであろうか。喫煙により生理機能が向上したとか, 喫煙者の体力が非喫煙者よりも優れているという知見は皆無であるが, 喫煙者の体格が非喫煙者と凌駕しているという Seltzer[68] (1960) の報告がある。Seltzer は1946年に Harvard 大学を卒業し (測定は1942年秋に実施) た922名の形態について, 卒業13年後に喫煙習慣との関係について比較した結果, (1)喫煙者は, 身長, 体重, 頭, 顔, 肩, 胸, 腰, 脚および手の大きさで非喫煙者を上廻ったこと, (2)喫煙者の間でも純葉巻き, 純パイプ, 純紙巻きの愛好者の順に大きな形態値を示したこと, をあげ, これらの計測値に思春から成熟期にかけての環境が及ぼす影響は僅かであることから, このような差を生じさせたのは, 喫煙習慣の異なる階級の遺伝的な偏差によるものであろうと推察した (これについて, Fisher[18] の一卵性双生児51組, 二卵性双生児31組の観察で, 一卵性双生児の方が二卵性双生児よりも喫煙習慣が似かよっていたことから, Fisher は喫煙習慣についても, 遺伝的な影響が大きいことを結論づけている)。

しかし, これまでの喫煙と体力に関する報告の中で, 喫煙者と非喫煙者を比較する場合には, 体格などの身体的特性については等しいものという前提があり, その差について特に論及された例はない。喫煙者と非喫煙者419名について持久性パーフォーマンスを比較した Cooper らの場合も, 喫煙習慣別に身長及び体重の差はなかった。著者らの場合も, そのような差は得られていない。さらに持久性以外の体力指標については, 著者らの行なった前述の大学生の場合も, 大学教職員の場合も, 喫煙習慣の異なる群の間で, 筋力, 敏捷性, 柔軟性, パワーなどの差はみられなかった。前述の Biesner の場合も, 喫煙そのものが体力を低下させたというよりも, スポーツへの関心への低さが起因していると考えた方がよかろう。

いずれにせよ, 喫煙者のたくましさ (toughness) を象徴する様な生理学的な根拠はこれだけでは希薄だし, この場合の toughness は体力的よりも心理的表現として解釈すべきであろう。しかしながら, 従来の年少者に対する喫煙防止の指導として, タバコが身体の生長を阻害しているという説明は, これまでの論議の経緯から判断すると, 説得力に欠けているものと思う。むしろ, 喫煙者自身が強く自覚している「息切れ」(shortens the breath) がスポーツ成績を低下させ, toughness を失わせるという冷厳な事実を認識させるための努力を, 体育指導者やコーチに対して期待したいし, その機序を明らかにしていく課題は著者自身に負荷されている。

タバコが全身持久性を低下させるという考え方は，指導者やコーチ，あるいは選手自身の内省からの認識や，競技成績などを通じての体験から，相当以前から定着していたものと思われる。[39)78)] しかしそれを科学的根拠として裏付ける取り組みは最近30年着手されたばかりであり，第1章で指摘したような実験室に於ける生理的応答からの断片的な結果が，実践の依りどころとなっている仮説を支持しないことが往々にして見られた。Cooper らの行なったフィールドでの12分走の結果は，実験室に於けるトレッド・ミル走で示された生体反応から合理的に説明できないし，このような不一致は著者らに於いても，持久性や急歩のようなパフォーマンステストの結果が，実験室で行なった踏み台昇降運動での生理的応答に反映されなかったことからも追認された。このズレは無論，実験方法によるものというより，「全身持久性」にしろ，「喫煙の影響」にしろ，把握しようとする対象や視点の違いによるものと思われる。

たばこの全身持久性への影響に関する研究は，実験から導き出された理論と実践場面で報告される事実の双方を視界におきながら，喫煙についての実験条件の設定に伴なう方法論的な難しさを克服し，筋持久性，呼吸循環機能，意志等あらゆる要素を含んだ「全身持久性」に対する多面的なアプローチと，それを統合化して掌握する方法論が追求されなければならない。

稿を終えるにあたり，御校閲を賜わり種々助言をいただいた中川功哉助教授へ，本稿でとりあげた実験・調査に際しても多大な御労苦をおかけしたことにたいし，また実験・調査については，吉田敏雄助教授，見戸長治助教授ほか，本研究グループ所属の学生諸君にも御協力を載いたことに対し本紙上を借りて厚くお礼を申し上げたい。

本稿は，愛煙家の大宮快雄教授に献げるものである。

参考文献

1) Von Ahn; Tobacco smoking, the electrocardiogram, and angina pectoris, Ann. New Y. Acad. Sci., 90: 190-198, 1960.
2) Abthorp, G. H., D. V. Bates, R. Marshall and D. Mendel; Effect of acute carbon monoxide poison on work capacity Brit Med. J. 23: 476-478, Aug, 1958.
3) Astrup, H. and T. Rosemary; Blood carboxyhaemoglobin levels in smokers. Brit. Med J. 22: 740, Dec. 1973.
4) Astrup, P., P. H. Larson, K. Kjeldsen and K. Mellemgard. The effects of tobacco smoking on the dissociation curve of oxyhemoglobin. Investigations in patients with occulasive arterial diseases and in normal subjects. Scand. J. Clin. & Lab. Invest Vol. 18: 450-457, 1966.
5) Backhouse, C. I.; Peak expiratory flow in youths with varying cigarette smoking habits. Brit Med. J. 15: 360-362, Feb. 1975.
6) Biener, A.; Kausalität und Motivation des Tabakkonsums der Jugend M. M. W. 20: 1257-1264, 1968.
7) Biesner, R. J., E. K. E. Gunderson & and R. H. Rahe,; Relationships of sports interests and smoking to physical fitness. J. Sports Med. 12: 124-127, 1972.
8) Blackburn, H., J. Brozek, and H. L. Taylor; Lung volume in smokers and nonsmokers. Ann. Intern Med. 51: 68, 1959.
9) Blackburn, H., R. W. Parlin, and A. Keys,; Epideminlogical studies related to coronary heart disease: Characteristics of men aged 40-59 in seven countries Section G. The interrelations of electrocardiographic findings and physical characteristics of middle-aged men. Acta Med Scand Suppl. 460: 316, 1967.
10) Blackburn, H. et al.; Comparison of cardiovasculor and related characteristics in habitual smokers and nonsmokers. Ann. New Y. Acad. Sci. 90: 277-290, 1960.
11) Castleden, C. M. and P. V. Cole.; Variations in carboxyhaemoglobin levels in smokers. Brit. Med. J. 4: 736-738, 1974.

12) Chevalier, R. B., R. A. Krumholz and J. C. Ross; Reaction of nonsmokers to carbon monoxide inhalation. JAMA, Vol. 198, No. 10; 1061-1064, 1966.
13) Chevalier, R. B., J. A. Bowers, S. Bonduant and J. C. Ross; Circulatory and ventilatory effects of exercise in smokers and nonsmokers. J. Appl. Physiol. 18: 357-360, 1963.
14) Cooper, K. H., G. O. Gey and R. A. Bottenberg; Effects of cigarette smoking on endurance performance JAMA, 203: 189-192, 1968.
15) Cunningham, D. A., H. J. Montaye, M. W. Higgins and J. B. Keller: Smoking habits, chronic bronchitis and shortness of breath and physical fitness Med Sci Sports, 4: 138-145, 1972.
16) Drinkwater, B. L. et al; Air pollution, exercise, and heat stress. Arch. Environ. Health, Vol. 28: April 1974.
17) Ekblom, B. and R. Huot; Response to submaximal and maximal exercise at different levels of carboxyhemoglobin. Acta Physiol Scand., 86: 474-482, 1972.
18) Fisher, R. A.; Lung cancer and cigarettes? Nature, 182: 108, July, 1958.
19) Fodor, J. T., L. H. Glass and J. M. Weiner: Immediate effects of smoking on healthy young men. Public Health Reports, Vol. 84, No. 2, 121-126, Feb. 1969.
20) Foreigh Letters; Athletes light smokers. JAMA, 170: 1106, 1959.
21) Frankl, W. R., Friedman and L. A. Soloff; Cardiac output, blood pressure, and free fatty acid responses to smoking in the nonbasal state, Am. J. Med. Sci July, 1966.
22) Franklin, W; The effects on pulmonary function in a working adult population. Am. Soc. Clin. Invest.
23) 月刊生徒指導編集部編, 喫煙問題にどう取組むか, 学事出版 1977.
24) Glauser, S. C. et al; Metabolic changes associated with the cessation of cigarette smoking. Arch. Environ. Health. 20: 377-381, March, 1970.
25) Goldbarg, A. N., R. J. Krone and L. Rensnekov; Effects of cigarette smoking on hemodynamics at rest and during exercise. I. Normal subjects Chest, 60: 531-536, 1971.
26) Goldman, Z. S., and A. Levin; Cigarette smoking and pulmonary function in healthy young adults. Amer. Rev. Resp. Dis. 89: 73-81, 1964.
27) Heather, A. and T. Rosemary; Blood carboxyhemoglobin levels in smokers. Brit. Med. J. 28: 735-738, 1974.
28) Heimstra, N. W., N. R Bancroft and A. R. Dekok; Effects of smoking upon sustaind performance in a simulated driving task. Ann. New Y. Acad. Sci. 90: 295-306, 1960.
29) Henry, F. M. and J. R. Fitzhenry; Oxygen metabolism of moderate exercise, with some observations on the effects of tobacco smoking. J. Appl. Physiol. 2: 454-468, 1950.
30) Hiestand, W. A., H. J. Ramsey and D. M. Hale; The effects of cigarette smoking on metabolic rate, heart rate, oxygen pulse, and breathing rate. J. Lab. & Clin. Med. Vol. 25. No. 10; 1013-1018, July 1940.
31) Horn, D., F. A. Courts, R. M. Taylor and E. S. Solomon; Cigarette smoking among high school students. AJPH, Vol. 49, No. 11: 1497-1506, 1959.
32) Horvath, S. M. et al.; Maximum aerobic capacity at different levels of carboxyhemoglobin. J. Appl. Physiol. Vol. 38, No. 2, Feb. 1975.
33) 猪飼道夫著; 身体運動の生理学, 第Ⅲ部第1章作業能 p. 357, 杏林書院, 昭48年。
34) Irving, D. W. and T. Yamamoto; Cigarette smoking and cardiac output. Brit. Heart J. 25: 126-132, 1963.
35) 伊沢正夫; たばこの煙に関する研究綜説, 日本専売公社, 1961。
36) Juurup, A. and L. Muido; On acute effects of cigarette smoking on oxygen consumption pulse rato, breathing rate and blood pressure in working organism. Acta Physiol. Scand. 11: 48-60, 1946.
37) Kahn, A. et.; Carboxyhemoglobin sources in the metropolitan St. Louis population Arch Environ Health Vol, 29, Sept. 1974.
38) Karpovich, P. V. and C. J. Hale; Tobacco smoking and physical performance. J. Appl. Physiol Vol. 3, 616-621, 1951.
39) Kennedy, T. F.; Some figures on the effects of smoking on endururance J. Roy Army M. Corps. 57: 451, 1931.
40) Kerrigan, R., A. C. Jain and J. T. Dovile; The circulatory responce to cigarette smoking at rest and after exercise. Am. J. Med. Sci. 255: 113-119, 1968.

41) Kolberg, J.; The effect of tobaccosmoke on oxygen uptake, Bios (Mt Vernon, Iowa) 30: 212-216, 1959.
42) Krensh, H.; Blut-katecholamin und Fettsäurenbeim Streβ durch Rauchen und durch körperiche Arbeit. Zeitschrift für Kreislaufforschung. Band 55. Heft. 10: 1035-1044. 1966.
43) Kreuziger, H., R. Heinecker und F. Kemper; Über den Einfluβ des Zigarettenrauchens auf den Kleislauf. Zeitschrift für Kleislaufforschung, 44; 879-888, 1955.
44) Kreuziger, H., F. Kemper und R. Heinecker; Über den Einfluβ des Zigarettenrauchens auf die Blutregulation. Zeitschrift für Kreislaufforschung, 45: 167-176, 1956.
45) Krone, R. J,. A. N. Goldbarg, M. Balkoula, R. Schuessler and L. Resnekov; Effects of cigarette smoking at rest and during exercise. Ⅱ role of venous return. J. Appl. Physiol. Vol. 32; 745-748, 1972.
46) Krumholz, R. A., R. B. Chevalier and J. C. Ross; Cardiopulmonary function in young smokers A Comparison of pulmonary function measurements and some cardiopulmonary responces to exercise between a group of young smokers and a comparable group of nonsmokers. Ann Intern Med. Vol. 60: 603-610, 1964.
47) Krumholz, R. A., R. B. Chevalier, and J. C. Ross; Changes in cardiopulmonary functions related to abstinence from smoking. Ann. Intern. Med. Vol. 62, No. 2: 197-207, 1965.
48) 工藤昭次; 相談係からみた生徒の実態, 第24次合同教研北海道集会第11分科会報告, 1978。
49) Larson, P. S., H. B. Haag and H. Silvette; Some effects of nicotine and smoking on metabolic functions. Clin. Pharm. & Therap. Vol. 2. No. 1; 80-109, 1961.
50) Larson, L. A.,; Proc. Int. Congr. Sport Sci. Tokyo, Union of Sport Sciences, 1964.
51) Lilienthal, J. L. Jr.; Carbon monoxide. Pharmacol. Rev. 324-354, 1950.
52) Lindquist, V. A. Y.; Carbon monoxide; Its relationship to air pollution and cigarette smoking Publ. Hlth. Lond Vol. 86: 20-26, 1972.
53) 益野章ほか; 喫煙指導について, 第24次北海道合同教研資料, 第11分科会, 1975.
54) Mckennell, A. C. and J. M. Bynner; Self images and smoking behavier among school boys. Brit. J. Edn. Psychol, 39: 27-39, 1969.
55) Monk, M. M. Tayback and J. Goldon; Evaluation of an antismoking program among high school students. AJPH, Vol. 55, No. 7: 994-1004, 1965.
56) Nadel, J. A, and J. H. Comroe, Jr.; Acute effects of inhalation of cigarette smoke on airway conductance. J· Appl. Physiol. Vol. 16: 713, 1961.
57) 日教組第27次, 日高教第24次教育研究全国集会報告; p. 269, 日本の教育, 第27集, 一ツ橋書房。
58) Parker, P. A.; Acute effects of smoking on physical endurance and resting circulation. Res. Quart. 25: 210-217, 1954.
59) Peterson, D. I., L. H. Lonergan and M. G. Hardinge; Smoking and pulmonary function. Arch. Environ Health Vol. 16, Feb, 1968.
60) Pleasants, F. Jr.; Pretraining and post training swimming endurance of smokers and nonsmokers Res. Quart. Vol. 40: 779-782, 1969.
61) Raven, P. B. et al.; Effects of carbon monoxide and peroxylacetylnitrate on man's maximal aerobic capacity. J. Appl. Physiol. Vol. 36, No. 3: 288-292, 1974.
62) Reeves, W. E. and L. E. Morehouse; The acute effects of smoking upon the physical performance of habitual smokers. Res. Quart. Vol. 21: 245-248, 1950.
63) Rode, A., R. Ross and R. J. Shephard; Smoking withdrawal program. Arch. Environ. Health, Vol. 24: 27-36, Jan. 1972.
64) Rode, A. and R. J. Shephard; The influence of cigarette smoking upon the oxygen cost of breathing in near-maximal exercise. Med. Sci. in Sports, Vol. 3: 51-55, 1971.
65) Roughton, F. J. W., and R. C. Darling; The effect of carbonmonoxide on the oxyhemoglobin dissociation curve. Am. J Physiol. 141: 17-31, 1944.
66) Russel, M. A. H., P. V. Cole and E. Brown; Absorption by nonsmokers of carbon monoxide from room air polluted by tobacco smoke. Lancet. i: 576-579, 1973.
67) Schlum, F; Tabakmissbrauch und Hyperthyreoidismus. Ztsch. Klin. Med. 120: 648-653, 1932.
68) Seltzer C. C.; Morphologic constitution and smoking. JAMA, Vol. 23: 639-645, Feb. 1963.
69) Shephard, R. J.,; Endurance fitness, (second edition), University of Tront Press. Tront and Buffalo 1976.
70) Shilpp, R. W.; A. mathematical description of the heart rate curve of response to exercise.

With some observations on the effects of smoking. Res. Quart. Vol. 22: 439-445, 1951.
71) Short, J. J., and H. J. Johnson; A direct comparison of the reactions of the human system to tobacco smoke and adrenalin, J. Lab. & Clin. Med. 24: 590-593, 1938-39.
72) Silbert, S., and M. Friedlander; Studies in thrombo-angiitis obliterans (Buerger). Ⅶ. The basal metabolism: J A M A. 96: 1857-1858, 1931.
73) Starr, I.; Significance of electrocardiographic and ballistcardiographic changes induced by smoking Ann. New. Y. Acad. Sci. Vol. 90: 199-215, 1960.
74) 須田力，中川功哉，吉田敏雄；喫煙習慣と踏み台昇降運動成績について，日本体育学会，第29回大会号：569，1978.
75) 須田力，中川功哉；喫煙習慣と持久性パフォーマンスについて，北海道体育学会，体育学研究，14巻，1979.
76) 須田力，吉田敏雄，中川功哉，見戸長治；喫煙習慣と1500ｍ急歩成績について，日本体育学会，第30回大会号：1979.
77) 玉木伸和；喫煙と体力，体育の科学，25巻，８号；572-576，1975.
78) The deadly cigarette (Topics of the week); Well trained lad and being well trained are prevented from smoking to excess, if at all. Brit. Med. J. Nov. 15: 1137, 1890.
79) Vogel, J. A. and M. A. Gleser; Effects of carbonmonoxide on oxygen transport during exercise. J. Appl. Physiol. Vol. 32: 234-239, 1972.
80) Vogel, J. A. et al; Carbon monoxide and physical work capacity. Arch. Environ. Haelth. Vol. 24: 198-203, March, 1972.
81) 和田直編；喫煙と大気汚染の医学，金原出版，1970.
82) Wald, N. and S. Howard; Variations in carboxyhemoglobin levels in smokers Brit. Med. J 15, Feb, 1975.
83) Wilhelmsen, L., I. Orna and G. Tibblin; Decrease in ventilatory capacity between ages of 50 and 54 in representative sample of Swedish men. Brit. Med. J. Vol, 6, Sept, 1969.
84) Wilhelmsen, L., H. Wedel and G. Tibblin; Multivariate analysis of risk factors for coronary heart disease. Circulation, Vol. 51, Nov. 1973.
85) 山地啓司；喫煙にみられる運動時の呼吸・循環機能への影響，富山大学教育学部紀要，No. 26: 17-23，昭53年。
86) 山地啓司，金子基之，中川孝：Carboxyhemoglobin (COHb)—CO 曝露，喫煙，大気汚染—体育の科学，28巻，３号，205-214，1978。
87) 吉田清ほか；団体選手の体格等に関する研究（第５報），体育学研究，10巻１，294，1965。
88) 吉田清ほか；国民体育大会出場選手の体格等に関する研究（第６報），体育学研究，11巻５号：163，1967。
89) 吉田博，中川孝；喫煙とカンニングに対する高校生の態度，富山大学教育学部紀要，19号：177-176‘昭46.