

●原 著

喫煙習慣が50歳男性の高強度運動耐容能と肺機能に及ぼす影響の検討

青木 亮太^{a,c} 杉本 幸弘^a 竹内 哲郎^a 山本 高之^{a,c}
中野 浩文^a 中里 未央^b 高山 昌紀^a

要旨：過去に男性自衛官を対象に喫煙が肺機能に与える影響についての検討が行われたが、健康増進法の改正などにより喫煙環境が変化していることから、現在の喫煙の影響を検討した。当院で健診を受けた49歳から50歳の男性自衛官666名を対象に、肺機能検査、腕立て伏せ、上体起こし、3,000m走、COPD assessment test (CAT) を非喫煙者群、既喫煙者群、喫煙者群で検討した。非喫煙者群と喫煙者群の比較で%FEV₁、FEV₁/FVC、%PEF、%V₅₀、%V₂₅と体力検定の全種目、CATスコアで有意差を認め、喫煙による各種影響は早い段階で生じていることが示唆された。

キーワード：喫煙の影響、運動耐容能、肺機能検査

Effect of smoking, Exercise tolerability, Pulmonary function test

緒 言

喫煙関連疾患として慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease : COPD) が知られている。COPDによる systemic effects によって骨格筋機能障害や栄養障害、心・血管疾患などが誘発され、重症度などに影響するとともに¹⁾²⁾、6分間歩行試験の歩行距離などは予後因子となることが知られている³⁾が、若年層における喫煙と運動耐容能の大規模な検討は多くない。

峯下らは自衛隊福岡病院で2001年から2003年にかけて喫煙が肺機能に与える影響を検討したところ、肺機能の各指標が喫煙者、既喫煙者において低下していることを報告した⁴⁾。以降、わが国では健康増進法の改正などもあり喫煙率の低下がある一方で⁵⁾、加熱式タバコの流通開始など過去の検討時から喫煙環境が変化してきている。

また自衛官は50歳時に全隊員が生活習慣病健診 (節目健診) を行っている他、年に1回以上、体力検定として腕立て伏せ、上体起こし、3,000m走を行っており、その結果は勤務評価に影響する。先の検討⁴⁾でも自衛隊員は業務内容や生活環境が比較的均一であるとされ、喫煙と

運動耐容能、肺機能の関連を検討する対象集団としても適していると考えられる。今回、節目健診の受診者に対し加熱式タバコの使用状況を含む喫煙歴を聴取し、肺機能検査を行うとともに、体力検定の結果、COPD assessment test (CAT) の集計を行い、喫煙の肺機能への影響と高強度の運動耐容能への影響などを検討した。

研究対象・方法

2018年4月から2020年3月までに自衛隊福岡病院で50歳節目健診を受けた男性自衛官のうち、今まで喫煙習慣がなかったものを非喫煙者群 (never smoker : NS群)、過去に喫煙習慣があったが直近1ヶ月間は喫煙習慣がないものを既喫煙者群 (ex-smoker : ES群)、現在喫煙習慣があるものを喫煙者群 (current smoker : CS群) の3群に分け、解析対象とした。研究への参加は自由意志として同意書にて同意の有無を確認した。同意が得られた症例のうち胸腔鏡を含む胸部手術の既往がある症例、間質性肺炎や肺腫瘍などの肺疾患を持つ症例、気管支喘息と診断を受けている症例を除外対象とした。節目健診として測定・聴取された body mass index (BMI)、運動習慣、加熱式タバコの使用有無を含む喫煙歴を集計し、全症例で気管支拡張薬未吸入における肺機能検査を施行した。また2018年7月25日以降の対象からはCATの評価を行った。併存症については問診の他、健診時に判明した疾患も併存症として集計した。なお肺機能検査においてFEV₁/FVC<70% (閉塞性障害) を認めた症例は後日に可能な限り気管支拡張薬反応性検査を施行し、発作性の呼吸困難や咳嗽などの症状に加え、末梢血好酸球数

連絡先：青木 亮太

〒811-2316 福岡県糟屋郡粕屋町長者原西4-11-8

^a 社会医療法人青洲会福岡青洲会病院呼吸器内科

^b 同 総合内科

^c 自衛隊福岡病院内科 (非常勤)

(E-mail: r.aoki@seisyukai.jp)

(Received 1 Mar 2023/Accepted 4 Sep 2023)

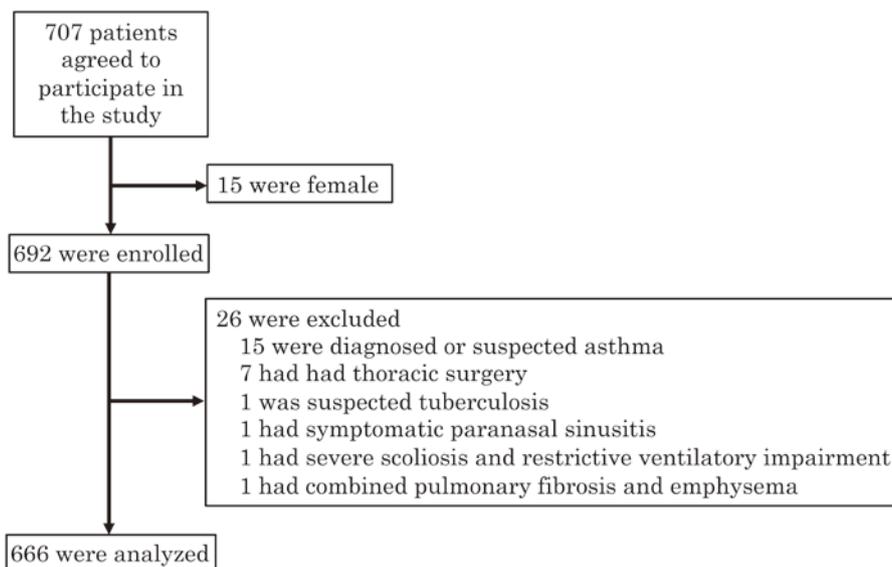


Fig. 1 Patient flow chart.

$\geq 200/\mu\text{L}$, 非特異的IgE $>170\text{IU}/\text{mL}$, β_2 刺激薬吸入後の肺機能検査でFEV₁が200mLの増加かつ12%以上の改善のいずれかがあれば気管支喘息の可能性を考慮し検討から除外した。上記の他, 炎症反応上昇を認めた有症状の副鼻腔炎1例と拘束性障害を伴う重度の脊柱側弯症1例を除外し, 最終的に666例が検討の対象となった (Fig. 1)。なお気管支拡張薬や吸入ステロイドの常用例は全例, 気管支喘息の既往として除外されており本検討には含まれなかった。小児喘息の既往例は前述の基準で現時点での気管支喘息が疑われなければ本検討に組み込んだ。

肺機能検査は専門の臨床検査技師がCHESTAC-8800を用いて, 2~3回行ったうちの最良値を結果とした。%VC, %FEV₁, FEV₁/FVCについては2014年10月に示された日本呼吸器学会の予測式⁵⁾に基づき算出し, %V₅₀, %V₂₅については2001年4月の日本呼吸器学会肺生理専門委員会報告の予測式⁶⁾に基づき算出した。また体力検定について, 腕立て伏せと上体起こしは自衛隊体力検定I法に定められた方法でそれぞれ2分間に行った回数を, 3,000m走は完走タイムを測定した。

統計学的解析は統計ソフトEZRを使用し, $p<0.05$ を有意とし, 患者背景と併存症はanalysis of variance (ANOVA) 検定, Kruskal-Wallis検定および χ^2 乗検定を用い, 肺機能検査, 体力検定結果, CATの検討は線形回帰分析による多変量解析を行った⁷⁾。Tableの各項目は平均値 \pm SD値, 中央値 [25%値, 75%値]として表記した。

本研究は自衛隊福岡病院内の倫理審査委員会で審査され承認を受けた (承認番号29-4)。

結 果

1. 患者背景, 併存疾患

患者背景をTable 1に示す。BMIはANOVA検定, 週間運動時間はKruskal-Wallis検定を行った。喫煙者は266名 (40%) であり, 厚生労働省「国民健康・栄養調査」⁸⁾による2018年の50~59歳男性の喫煙率35.2%と比較すると高い傾向であった。BMIは3群間で有意な差は認めなかったが, 週間運動時間は有意な差 ($p=0.0125$) を認め, 中央値と四分位点ともにNS群で高かった。ES群の禁煙開始中央値は10年前であり, CS群において加熱式タバコの使用者は101名 (38%) であった。

また, 併存疾患をTable 2に示す。脂質異常症や高血圧症などの生活習慣病が3群ともに多く認められたが, 各群間における有病率に有意差は認められなかった。膝半月板損傷術後や椎間板ヘルニアなどを整形外科疾患, 不安神経症や気分変調障害などを精神疾患として解析したがそれぞれの有病率は3群間で有意差を認めず, 対象症例のなかで隊務に支障をきたしたり, 体力検定の実施が不可能な併存症を持つ症例は認めなかった。

2. 肺機能検査 (Table 3)

肺機能検査の値は喫煙歴と週間運動時間を説明変数とした線形回帰分析を行い, %VC, %FEV₁, FEV₁/FVC, %V₅₀, %V₂₅, 閉塞性障害の頻度について解析し, p 値はES群とCS群それぞれでNS群を比較群として算出した。閉塞性障害の頻度については χ^2 乗検定で解析を行った。

肺機能検査の値においてNS群とES群に有意差は認めなかった一方で, NS群とCS群の比較では%FEV₁, FEV₁/

Table 1 Characteristics of the subjects

	Never smoker	Ex-smoker	Current smoker	<i>p</i> value
Number	180 (27%)	220 (33%)	266 (40%)	–
BMI	24.9±3.4	25.1±2.9	24.8±3.4	0.56
Exercise habit (min/week)	120 [40, 200]	80 [30, 175]	80 [5, 150]	0.0125
BI	0	340 [202.5, 457.5]	487.5 [300, 600]	–
No smoking time (month)	–	120 [60, 180]	0	–
Heating cigarette users	–	–	101	–

BMI: body mass index, BI: Brinkman index.

Table 2 Comorbidities

	Never smoker (n = 180)		Ex-smoker (n = 220)		Current smoker (n = 266)		<i>p</i> value
Dyslipidemia	54	30.0%	77	35.0%	86	32.3%	0.752
Hypertension	30	16.7%	45	20.5%	36	13.5%	0.125
Hyperuricemia	23	12.8%	44	20.0%	34	12.8%	0.054
Diabetes	7	3.9%	12	5.5%	13	4.9%	0.764
Mental disorder	8	4.4%	6	2.7%	11	4.1%	0.611
Orthopedic disease	8	4.4%	9	4.1%	4	1.5%	0.136
Atrial fibrillation	2	1.1%	1	0.5%	2	0.8%	0.751
Hyperthyroidism	0	0.0%	1	0.5%	2	0.8%	0.508
Cerebral infarction	1	0.6%	1	0.5%	0	0.0%	0.505
Cerebral aneurysm	0	0.0%	0	0.0%	2	0.8%	0.221
None	76	42.2%	78	35.5%	122	45.9%	0.066

Table 3 Pulmonary function test

	%VC	%FEV ₁	FEV ₁ /FVC	%V ₅₀	%V ₂₅	Number of FEV ₁ /FVC<70%
Never smoker (n = 180)	100.6±11.7	103.5±13.1	78.7±5.9	80.9±24.0	60.6±24.8	14 (7.8%)
Ex-smoker (n = 220)	101.7±10.9	103.7±11.8	78.2±4.6	79.3±22.5	56.6±20.3	11 (5.0%)
Current smoker (n = 266)	99.3±12.3	99.7±13.3**	77.1±5.8**	75.0±21.6**	51.4±19.3**	26 (9.8%)

** *p*<0.01 vs. never smoker. Explanatory variable: smoking history and exercise habit.

FVC, %V₅₀, %V₂₅と、%VC以外の項目でNS群が有意に高い値であった (*p*<0.01)。しかしながら閉塞性障害の頻度に有意差は認めなかった (*p*=0.143)。

3. 体力検定結果 (Table 4A, B)

喫煙歴, BMI, 週間運動時間を説明変数として線形回帰分析を行った。 *p*値はES群とCS群それぞれでNS群を比較群として算出した。ES群とNS群は3種目すべてで有意な差を認めなかったが、NS群とCS群の比較では3種目すべてでNS群が有意に良好な結果であった (*p*<0.01)。

またCS群のなかで加熱式タバコ使用者 (heating cigarettes: HC群) について、NS群とサブグループ解析を行ったところ、3,000m走の記録でNS群が有意に良好な結果であった (*p*=0.012)。

4. CATスコア (Table 5)

BMI, 喫煙歴, 週間運動時間, 精神疾患の有無を説明変数として線形回帰分析を行った。 *p*値はES群とCS群それぞれでNS群を比較群として算出した。NS群とES群では合計値および個々の項目に有意な差を認めなかったが、NS群とCS群では睡眠状況以外において有意にCS群が高値であった。

考 察

喫煙が発症に関連する疾患としてCOPD, 肺癌などの呼吸器疾患のみならず, 虚血性心疾患や脳血管障害, 2型糖尿病などが知られている⁹⁾。特にCOPD患者では骨格筋での好氣的エネルギー産生に必要な酸化酵素活性が低下しており, 運動能の低下と関連しているといわれている¹⁰⁾。また肺機能が保たれていても喫煙歴のある症例において肺機能検査の結果や運動耐容能が低下している

Table 4A Physical fitness test

	Push-ups (/2min)	Sit-ups (/2min)	3,000m-run (sec)
Never smoker	45 [35, 60]	46 [36, 60]	841 [773, 922]
Ex-smoker	45 [35, 52]	45 [37, 56]	874 [816, 930]
Current smoker	40 [32, 50]**	40 [34, 50]**	901 [829, 962]**

** $p < 0.01$ vs. never smoker. Explanatory variable: smoking history, BMI and exercise habit.

Table 4B Subgroup analysis, never smokers vs. heating cigarette users

	Push-ups (/2min)	Sit-ups (/2min)	3,000m-run (sec)
Never smoker (n = 180)	45 [35, 60]	46 [36, 60]	841 [773, 922]
Heating cigarette user (n = 101)	42 [42, 50]	45 [35, 50]	890 [820, 940]
p value	0.138	0.103	0.012

Explanatory variable: smoking history, BMI and exercise habit.

Table 5 COPD assessment test score

Question	Cough	Phlegm	Chest tightness	Breathlessness	Activities	Confidence	Sleep	Energy	Total score
Never smoker (N = 141)	1 [0, 1]	1 [0, 1]	0 [0, 1]	1 [1, 2]	0 [0, 0]	0 [0, 0]	0 [0, 1]	1 [0, 1]	5 [2, 8]
Ex-smoker (N = 168)	1 [0, 1]	1 [0, 1]	0 [0, 1]	1 [1, 2]	0 [0, 0]	0 [0, 0]	0 [0, 1]	0 [0, 1]	5 [3, 9]
Current smoker (N = 213)	1 [1, 2]**	1 [1, 2]**	1 [0, 2]**	2 [1, 3]**	0 [0, 1]**	0 [0, 0]*	0 [0, 1]	1 [0, 2]*	8 [4, 12]**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs. never smoker. Explanatory variable: smoking history, BMI, exercise habit and presence of mental disorder.

との報告¹¹⁾や、アメリカ海兵隊を対象とした検討では体力テストの結果において、喫煙者が非喫煙者に対して有意に劣っているとの報告がある¹²⁾。

峯下らの検討時ではCS群51.0% [喫煙指数 (Brinkman index : BI) 696.4], ES群32.7% (BI 401.0) であり⁴⁾, 本検討と比較するとES群の割合は同程度であるが, CS群の割合が本検討で10%ほど低下していた。またBIは平均値と中央値の比較ではあるがES群, CS群ともに本検討で低値であり, 法改正による喫煙場所の減少, 禁煙への啓発などが影響していると考えられる。

加熱式タバコの使用はCS群の38%に認められたが, 肺機能検査ではCS群の値が有意に低く, 加熱式タバコの流通, CS群でのBIの低下といった背景があっても喫煙習慣は肺機能に影響すると考えられた。一方COPDの診断基準である閉塞性障害を認めた症例数については有意差を認めず, 併存疾患においても先に挙げた糖尿病や脳血管障害の有病率に有意差は認めなかった。本検討は患者への問診だけではなく節目健診での検査所見も確認していることから併存疾患の信憑性は高いと考えられ, 50歳時点で喫煙関連疾患の発症率への影響は限定的であることが示唆された。

体力検定の結果についてはNS群に対しCS群は全項目で有意な低下を認めており, 喫煙による運動耐容能への影響は喫煙関連疾患発症より早期に生じている可能性が

考えられた。特に心肺機能が記録に大きく影響すると思われる3,000m走のみならず, 腕立て伏せや上体起こしといった筋持久力を主体とした種目においても有意な差があったことはCOPD患者にみられる全身性の炎症の影響¹⁰⁾がCOPD罹患前の喫煙者にも存在することを示唆している可能性がある。なお本検討の主要項目である高強度運動耐容能についてNS群とHC群でのサブグループ解析を行った。腕立て伏せ, 上体起こしでは有意差はないもののHC群において低い傾向を認め, 3,000m走においては有意にHC群で低かった。HC群では加熱式タバコ単独なのか, 紙巻きタバコとの併用なのかを区別していないため加熱式タバコによる純粋な影響を示しているとは言えないが, 実臨床における加熱式タバコ使用者の状況を反映する結果とも考えられた。本検討で示された高強度運動耐容能の低下に至る因子として, 現在の喫煙習慣そのもの, BIなどで示される喫煙量, 喫煙開始年齢や喫煙期間などが考えられるが, 前述の加熱式タバコの影響も加味したうえでの詳細な検討が望ましく今後の検討課題にすべきと考える。

受診時の問診で呼吸器症状を主訴に受診を希望する症例はなかったが, CATスコアでは睡眠状況以外の全項目でCS群が有意に高く, 喀痰・咳嗽症状や喘鳴の自覚がCS群で有意に高率であった峯下らの検討⁴⁾と同様の結果と考える。

ES群においては肺機能検査, 体力検定, CATスコアの全項目においてNS群と有意差は認めず, 上述の影響は禁煙により可逆的である可能性が示唆された. しかしながらES群の禁煙期間は中央値で10年と長期間であった. そのため本検討ではES群が運動耐容能などに有意な影響が出る前に禁煙に至ったのか, 禁煙により運動耐容能などの改善を得たのかは不明であったが, 本検討の結果からどちらの理由にせよ, 早期禁煙により50歳時点で喫煙関連疾患の罹患率, 運動耐容能への影響は回避できると考えられた.

本検討のlimitationとして第1に呼気一酸化窒素の測定ができないことや, 後日に来院がなく評価が不十分な症例もあり, 喘息症例の影響が否定しきれない点が挙げられる. しかし末梢血好酸球数やIgE値測定, 問診による典型的喘息症状の評価に加え, 可能な限り気管支拡張薬反応性の評価を行うことで気管支喘息症例の影響を最小限にした. しかしながらNS群において7.8%に閉塞性障害を認めている点については, 発作性の呼吸器症状はないものの末梢血好酸球数の高い症例などが含まれており, 喘息症例を除外しきれなかった可能性がある. その他, 後鼻漏症状などが喘息症状として除外されたり, 気道可逆性が評価できず喘息症例がCOPD症例と過大評価されている可能性も考えられた. 第2に自衛隊員は比較的均一な集団であるものの各所属部隊により勤務特性の違いは存在する. 体力検定においても実施時期など各部隊において異なり, 季節などの環境要因が影響した可能性が考えられる. しかしながら節日健診は九州北部地域全域から多くの部隊員が受診していることから本検討への影響は少ないと考える. 第3に本検討では週間運動時間を説明変数として用いたが, ランニングなどの持久系の運動や筋力トレーニングなどの瞬発的運動, サッカーなどの球技といった運動系統の違いは加味せず1週間における運動時間の合計として扱ったため結果へ影響した可能性がある. しかしながら自衛官はランニングなどの持久系の運動を行う頻度が高く, 実際に本検討において多くの症例でランニングが行われており, 本検討への影響は少ないと考えている. 最後に加熱式タバコの併用状況や使用期間については検討しておらず, 検討結果に影響した可能性がある. しかしながらCS群の38%に加熱式タバコの使用を認めたとえでの検討であり, 実臨床における喫煙習慣自体の運動耐容能と肺機能に対する影響は十分に検証できたものと考えているが, 紙巻きタバコとの併用の有無や切り替え期間なども考慮した加熱式タバコと紙巻きタバコの比較検討については今後の課題としていきたいと考える.

著者のCOI (conflicts of interest) 開示: 本論文発表内容に関して申告なし.

引用文献

- 1) Agustí AG, et al. Systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2003; 21: 347-60.
- 2) Soriano JB, et al. Patterns of comorbidities in newly diagnosed COPD and asthma in primary care. *Chest* 2005; 128: 2099-107.
- 3) Pinto-Plata VM, et al. The 6-min walk distance: change over time and value as a predictor of survival in severe COPD. *Eur Respir J* 2004; 23: 28-33.
- 4) 峯下昌道, 他. 喫煙が呼吸器に与える影響—50歳前後の男性自衛官における検討—. *日呼吸会誌* 2005; 43: 443-8.
- 5) Kubota M, et al. Reference values for spirometry, including vital capacity, in Japanese adults calculated with the LMS method and compared with previous values. *Respir Investig* 2014; 52: 242-50.
- 6) 日本呼吸器学会肺生理専門委員会. 日本人のスパイログラムと動脈血液ガス分圧基準値. *日呼吸会誌* 2001; 39: S1-17.
- 7) Kanda Y. Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant* 2013; 48: 452-8.
- 8) 厚生労働省. 令和元年 国民健康・栄養調査結果の概要. 2019. https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_14156.html (accessed on November, 2023)
- 9) 厚生労働省. 喫煙と健康 喫煙の健康影響に関する検討会報告書. 2016. <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000135586.html> (accessed on November, 2023)
- 10) Maltais F, et al. Oxidative capacity of the skeletal muscle and lactic acid kinetics during exercise in normal subjects and in patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153: 288-93.
- 11) Woodruff PG, et al. Clinical significance of symptoms in smokers with preserved pulmonary function. *N Engl J Med* 2016; 374: 1811-21.
- 12) Macera CA, et al. Cigarette smoking, body mass index, and physical fitness changes among male navy personnel. *Nicotine Tob Res* 2011; 13: 965-71.

Abstract**The effect of smoking on exercise tolerability and the respiratory system in 50-year-old-males**

Ryota Aoki^{a,c}, Yukihiro Sugimoto^a, Tetsuro Takeuchi^a, Takayuki Yamamoto^{a,c},
Hirofumi Nakano^a, Mio Nakazato^b and Masanori Takayama^a

^aDepartment of Respiratory Medicine, Fukuoka Seisyukai Hospital

^bDepartment of Internal Medicine, Fukuoka Seisyukai Hospital

^cDepartment of Internal Medicine, Japan Self-Defense Forces Fukuoka Hospital

The effects of smoking on the respiratory system have already been examined in 50-year-old male members of the Japan Self-Defense Forces (JSDF). However, given the revision of the Health Promotion Act and other changes to the smoking culture in the intervening period, we have examined the effects of smoking in today's environment. Pulmonary function test data, JSDF physical fitness test data (push-ups, sit-ups, and a 3,000-meter run), and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) assessment test data (CAT score) were taken from 666 male members of JSDF, between 49 and 50 years of age, who underwent a medical checkup between April 2018 and March 2020. Results were compared between never smokers, ex-smokers, and smokers. Comparing never smokers and smokers revealed a significant difference in %FEV₁, FEV₁/FVC, %PEF, %V₅₀, %V₂₅, all items on the physical fitness test, and CAT score. The results suggest that smoking causes a decrease in pulmonary function and physical intolerance in the early stage of ageing.