

〔短 報〕

高血圧勤労者における高強度インターバル運動中の心血管反応： 「Office-HIIT」の開発と予備的検討

甲斐裕子¹⁾ 兵頭和樹¹⁾ 神藤隆志¹⁾ 北濃成樹¹⁾
永松俊哉¹⁾ 内田 賢²⁾

Cardiovascular response of workers with hypertension during high-intensity interval training: preliminary study on “Office-HIIT”

Yuko Kai, Kazuki Hyodo, Takashi Jindo, Naruki Kitano,
Toshiya Nagamatsu, and Ken Uchida

Key words: HIIT, workplace health promotion, occupational health, mental health, exercise blood pressure.

緒 言

近年、我が国では、勤労者のメンタルヘルスが社会問題となっている。精神障害による労災請求件数および支給件数は年々増加⁶⁾している。勤労者のメンタルヘルス対策のためのエビデンス蓄積やプログラム開発は急務である。

運動はメンタルヘルス悪化を予防⁸⁾し、改善²⁾する。例えば、抑うつ改善に関するレビューでは、運動は抗うつ剤と遜色ない効果があると報告されている⁷⁾。なお、このレビューで採択された論文では、1回30～90分の運動を週に数回～毎日行うという介入プログラムがほとんどであった。

一方、勤労者世代の運動の実施率は、その他の世代よりも低く、その理由は「仕事や家事が忙しいから」が挙げられている¹³⁾。多忙な勤労者が運動を行う1つの手段として職場で運動を行うことが考えられる。実際、職場体操やラジオ体操を行っている企業もある。しかし、上場企業を対象

とした調査⁵⁾でも職場で運動を取り入れているのは35%に過ぎない。多忙な職場では、メンタルヘルスに良いとされる30分以上の運動の実施はハードルが高い可能性があり、より短時間でできる運動プログラムが必要である。特に、仕事中に座っている時間が長いとメンタルヘルスが悪化しやすい⁴⁾ため、オフィスワーカー向けの運動プログラムを開発することは、社会的意義が高い。

短時間で効率の良い運動法として高強度インターバルトレーニング(high-intensity interval training; HIIT)が注目されている。HIITは、一般的な中強度運動と比較して、効率的に心肺持久力を高め、心血管病リスクを改善すると報告されている¹⁾。更に、メンタルヘルスへの効果も検証され始めている¹²⁾。オフィスで継続的にHIITを行えば、実用的なメンタルヘルス対策になる可能性がある。

しかし、HIITのオフィスでの実施には課題もある。1つは安全性の問題である。高強度の運動

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所

Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.

2) 一般財団法人 明治安田健康開発財団新宿健診センター

Shinjuku Medical Center, Meiji Yasuda Health Development Foundation, Tokyo, Japan.

は身体的負荷が高く、特に高血圧者では過度な血圧上昇のリスクがある。高血圧の総患者数は1010万人とされており、ほとんどの職場に高血圧者が存在するため、高血圧者でも安全にできる必要がある。もう1つは器具の問題である。これまでの勤労者を対象にした HIIT の研究では、自転車エルゴメータが使用されてきた^{3,9)}。しかし、器具を用いないほうが実社会で普及しやすい。これらの問題を解決するプログラムを開発することが、HIIT を活用した勤労者のメンタルヘルス対策の第一歩になると考えられる。

以上のような背景から、我々は、勤労者のメンタルヘルス対策を目指して、オフィスにおいて安全で実施しやすい HIIT のプログラムを開発することとした。本研究では、プログラム開発の基礎

的データを得るために、高血圧勤労者の運動中および運動後の心血管反応の安全性を検討した。

方 法

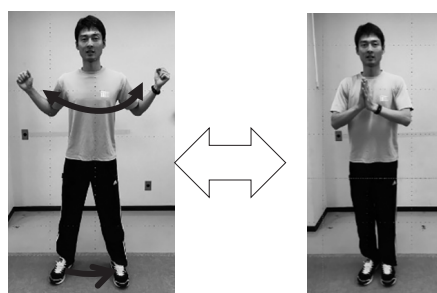
A. 手順

最初に、オフィスで実施しやすい HIIT プログラム「Office-HIIT」を開発した。次に、高血圧者における Office-HIIT とラジオ体操時の心血管反応を比較した。ラジオ体操は一般に広く知られており、またオフィスで実施されていることも多いため、比較群として採用した。

B. Office-HIIT

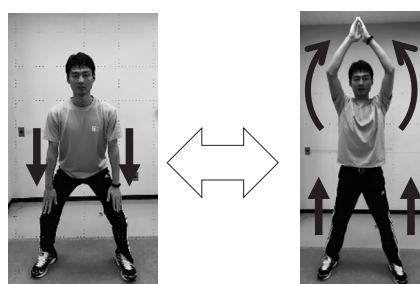
プログラム開発には、体力科学の研究者5名（健康運動指導士の有資格者を含む）が参加した。開発に先立ち、企業のニーズをヒアリングしたと

Set 1 : Butterfly



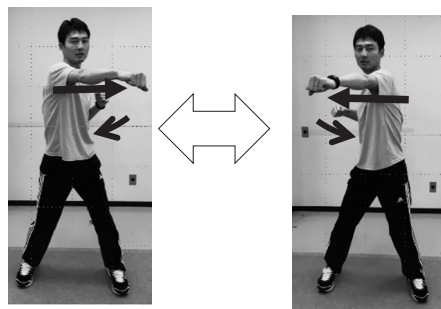
Step one foot to the side and spread your arms apart, then quickly bring your feet together and clap your hands in front of your chest

Set 2,3: Squat



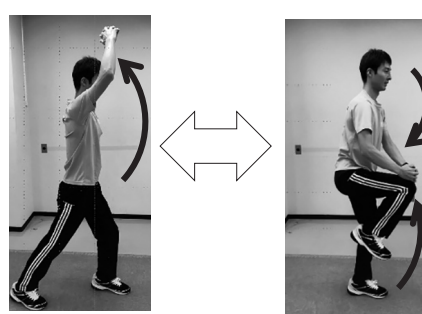
Squat and then stand up and clap your hands above your head

Set 4 : Punching



Stand with the feet hip-width apart, then punch with your right arm first and then with your left

Set 5,6 : Knee strike



Keep your left foot forward with your knees slightly. Raise both your arms and then quickly pull them down while raising your right knee and slap your hands on your knee. For Set 6, switch your feet and repeat.

図1. Office-HIIT を構成する基本動作

Figure 1. Illustration of the basic four component of the Office HIIT program.

ころ、勤務時間内に運動に充てられる時間は3分程度と判断された。そこで先行研究¹⁴⁾を参考に、Office-HIITは運動期(20秒)と休息期(10秒)を1セットとし、6セット実施する3分間の運動プログラムとした。また、オフィスのデスク周辺での実施を前提に、①用具を使わない、②省スペースで行える、③寝転がったりせずに立ったまま行える、④全身運動である、⑤複数人での実施を前提とするが1名でも行える、という5点を考慮した。また、テンポを一定に保つために、メトロノームのリズムに合わせて実施することとした。Office-HIITの概要を図1に示す。

C. 対象者

対象者は、①血圧が正常高値もしくはI度高血圧、②35～64歳、③男性勤労者の条件を満たす16名であった。正常高値もしくはI度高血圧とは、収縮期血圧130～159 mmHgもしくは拡張期血圧85～99 mmHgである。なお、安全を考慮し、重篤な既往(心筋梗塞、脳血管疾患など)がある者は対象から除外した。対象者の募集は、明治安田新宿健診センター(東京都新宿区)で行った。人間ドック受診時に、医師の問診、心電図、直前の血圧測定などから医師がOffice-HIITの実施に医学的問題がないと判断した受診者に研究募集のチラシを配布した。研究に同意した16名をOffice-HIITを行うHIIT群(8名)と、ラジオ体操を行うRADIO群(8名)にランダムに割り付けた。

D. 測定項目

問診にて、身長、体重、服薬、既往歴、生活習慣(喫煙、飲酒、運動)、整形外科的な問題(腰痛、膝痛等)を聞き取った。運動強度の客観的指標として心拍数法(%HRmax)、主観的指標としてBorg式自覚的運動強度スケール(rate of perceived exertion; RPE)を採用した。%HRmaxは最大心拍数(220-年齢)と運動中の平均心拍数および最大心拍数から算出した。RPEは運動後に問診にて測定した。

心血管反応に関する測定項目は、心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧、およびダブルプロダクトであった。ダブルプロダクトは「心拍数×収縮期血

圧」から算出され、心筋の酸素消費量と関連し、運動中の心臓の負担度を推測する指標とされている¹¹⁾。15分間の安静後に座位にてベースラインデータを測定した。測定機器を装着し、立位にて運動前の測定を行った後、インストラクターと一緒にメトロノーム(140 bpm)に合わせてOffice-HIITもしくはラジオ体操を行った。ラジオ体操は、Office-HIITに合わせてラジオ体操の代表的な動きを選択し、運動期(20秒)と休息期(20秒)を1セットとし6セット行った。血圧は休息期に測定した。なお、予備実験にて休息期が10秒では血圧を測定できなかったため、各セットの休息期は20秒に設定した。運動終了5分後、10分後、15分後にも測定を行った。測定機器は、心拍数はベッドサイドモニタBSM-3400(日本光電製)、ベースライン血圧(座位)および運動後血圧は自動血圧計HEM-6220(オムロンヘルスケア製)、運動前血圧(立位)および運動時血圧は医用電子血圧計EBP-330(ミナト医科学製)であった。運動中止基準として、アメリカスポーツ医学会が提唱する運動中止基準「収縮期血圧250 mmHg以上、または2回以上連続して10 mmHg以上血圧が低下し、かつ負荷前値より下がった場合」を採用した。また、運動習慣のない対象者や体に痛みを有する対象者には、無理のない範囲で動作を行うよう指示をし、整形外科的問題に配慮した。

E. 統計解析

対象者特性および運動強度の比較には、連続変数は対応のないt検定、カテゴリカル変数は χ^2 検定を行った。心拍数、収縮期血圧および拡張期血圧の比較には、一般化線形モデルを用い、交互作用が認められた場合はBonferroni法による多重比較を行った。測定データの一部に欠損がある対象者6名(HIIT群3名、RADIO群3名)については、平均値を代入して解析に用いた。解析には、統計解析ソフトSPSS Statistics ver. 22.0 for Windowsを用い、統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

F. 倫理的配慮

すべての測定は、医師もしくは看護師が立ち会うとともに、医学的な緊急事態に備え、自動体外

式除細動器(AED)を設置し、循環器専門医が迅速に対応できる医療機関内において実施された。

対象者は、研究目的、調査内容、個人情報保護、データ利用などについて文書で説明され、同意した者のみ調査に参加した。血圧等の測定値および記入済みの問診票は、個人が特定されないIDで管理された。なお、本研究は、公益財団法人明治安田厚生事業団倫理審査委員会の承認の下で実施された(承認番号：28005号)。

結 果

A. 対象者特性

対象者16名の平均年齢は、 49.3 ± 7.2 歳(37～62歳)であった。仕事の形態は、14名(HIIT群7名、RADIO群7名)がデスクワーカーであった。拡張期血圧はHIIT群で有意に高値であったが、それ以外の対象者特性は、HIIT群とRADIO群で有意差はなかった(表1)。HIIT群において、腰痛(2名)、膝痛(1名)が認められた。睡眠薬や向精神

表1. 対象者特性および運動強度の比較

Table 1. Comparison of subject characteristics and exercise intensity in HIIT and RADIO groups.

	RADIO n = 8	HIIT n = 8	P
Age (year)	50.9 (7.4)	47.6 (7.1)	0.38
Body mass index (kg/m ²)	25.6 (3.9)	26.4 (2.7)	0.67
≥ 25 (%)	75.0	62.5	1.00
Systolic blood pressure (mmHg)	137.0 (14.8)	145.6 (10.7)	0.20
Diastolic blood pressure (mmHg)	88.3 (11.0)	102.5 (12.0)	0.03
Heart rate (bpm)	75.5 (11.3)	78.5 (12.6)	0.62
Medication (%)			
Hypertension	25.0	12.5	1.00
Dyslipidemia	25.0	0.0	0.47
Diabetes	12.5	0.0	1.00
Other	12.5	12.5	1.00
No medication	62.5	75.0	1.00
Smoking status (%)			0.47
Never	62.5	37.5	
Former	25.0	25.0	
Current	12.5	37.5	
Daily alcohol consumption (%)			0.16
1 day or less per month	12.5	0.0	
2-3 days per month	25.0	0.0	
1 day or more per week	62.5	100.0	
Leisure-time physical activity (%)			0.26
1 day or less per month	50.0	50.0	
2-3 days per month	25.0	0.0	
1 day or more per week	25.0	50.0	
Exercise intensity			
%HRmax (average)	56.2 (9.1)	70.8 (8.4)	0.01
%HRmax (max)	67.7 (6.8)	79.1 (10.3)	0.02
RPE	11.8 (0.9)	14.0 (2.2)	0.02

Values are mean (SD), except categorical data. RPE; rate of perceived exertion.

P by unpaired t-test for continuous data, χ^2 test for categorical data.

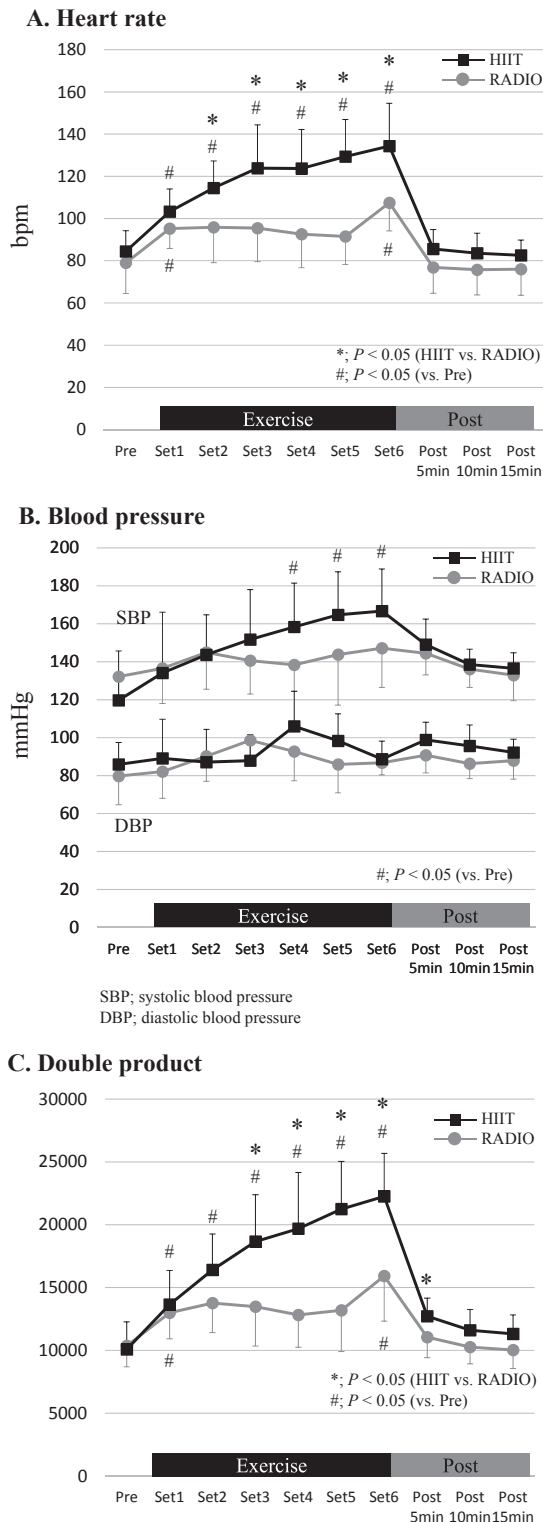


図2. HIIT群とRADIO群の心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧、およびダブルプロダクト
Figure 2. Heart rate, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and double product in HIIT and RADIO groups.

薬の服薬者はいなかった。

B. 運動強度

運動中の心拍数から算出した %HRmax, および RPE は HIIT 群で有意に高かった(表1)。

C. 心血管反応

心拍数、血圧、およびダブルプロダクトを HIIT 群と RADIO 群で比較したところ、拡張期血圧では時間の主効果のみ認められたが、それ以外では交互作用が認められたため、多重比較検定を行った。その結果、運動中の心拍数およびダブルプロダクトは HIIT 群が有意に高値であり、更にダブルプロダクトは運動終了5分後までその影響が残っていた。一方、収縮期血圧ではいずれの測定時期でも群間差は認められなかった(図2)。

運動前と比較すると、心拍数およびダブルプロダクトは両群ともに運動中に有意に高くなり、収縮期血圧は HIIT 群のみ有意に上昇した。運動終了5分後には運動前との有意差は消失した。両群ともに運動中止基準に達した対象者はおらず、運動中や運動後に不快な症状を訴えたり、整形外科的な問題が生じた者もいなかった。

考 察

本研究では、勤労者のメンタルヘルス対策を目指して、オフィスで実施しやすい3分間の HIIT プログラム「Office-HIIT」を開発し、高血圧者の心血管反応の安全性を検証するためにラジオ体操と比較した。その結果、血圧には群間差は認められなかったが、心拍数およびダブルプロダクトでは Office-HIIT 群で有意に高値であった。しかし、いずれの指標も運動終了5分以内に安静時の水準まで低下した。運動中止基準に達したり、体調が悪化する対象者はいなかった。以上の結果より、本研究で開発した Office-HIIT は、高血圧者でも血圧上昇はラジオ体操と同等の範囲内ではあるが、一時的に心臓への負担度が高まる可能性があると推察された。

HIIT のプロトコルは、スプリント系と有酸素系の2タイプに分けられる。運動期の継続時間はスプリント系が15~30秒、有酸素系は数分間であ

ることが多い。本研究では、より短時間のスプリント系のプロトコルを参考に Office-HIIT を開発した。Office-HIIT 中の心拍数は平均71%HRmax, 最大79%HRmax であった。70%HRmax 以上は高強度運動とされており¹⁰⁾, Office-HIIT は高強度運動プログラムに分類される。しかし、本来のスプリント系の HIIT は、Tabata プロトコル¹⁴⁾に代表されるように最大もしくはそれ以上という極めて高い運動負荷で行われている。Office-HIIT の運動強度が低くなった原因の1つは器具を用いなかったことと考えられる。しかし、最大強度の運動をオフィスで実施するのは安全上の問題もあり、現実的ではない。Eguchi らは、最大酸素摂取量の75%強度の運動を30秒間、9回繰り返す方法でも低体力者の心肺持久力と肥満や糖代謝を改善したと報告している³⁾。メンタルヘルスへの影響は不明であるが、やや強度を下げたプロトコルでも効果が期待でき、現実的ではないかと考えられた。

本研究の結果から、Office-HIIT は一時的に心臓への負担度が増す可能性が推察された。また、本研究で開発した Office-HIIT は、単一のプロプログラムであるため、従業員が飽きてしまう可能性があり、長期間の継続には課題がある。以上のことを鑑み、職場で Office-HIIT を導入する際には、シンプルな動作でテンポを遅くしたプログラムから開始し、徐々に複雑な動作かつテンポを速くしていくなど、安全面および継続に配慮した工夫が必要であると考えられた。また、プログラム導入前には、職場健診等を活用し、従業員の運動習慣の有無や疾患のチェックも必要である。特に心疾患の既往があるなど心臓に不安を抱える従業員に対しては、主治医等と十分に相談のうえ、プログラムに参加させる等の仕組みづくりも必須であろう。

本研究にはいくつかの限界がある。1つは対象者が少ない点である。Office-HIIT はラジオ体操と比較して運動中の最高収縮期血圧が約10%高かったにもかかわらず、群間差が検出されなかったのは対象者数が影響している可能性は否定できない。また服薬者が少なく、薬剤の影響について

は検証できなかった。加えて、本研究では被験者の都合から HIIT 群とラジオ体操群の2群に分けて検討したが、無作為割り付けとはいえ、運動耐容能等、個人特性に由来する血圧、心拍応答の個人差が、各群の結果に影響している可能性がある。今後、クロスオーバーデザインを採用できれば、より明確な結果が得られると考えられる。更に、Office-HIIT の休息期は10秒の予定で開発したが、血圧測定のため実際は20秒になってしまった。そのため、Office-HIIT もラジオ体操もやや運動強度が低くなった可能性がある。また、本研究では測定機器の関係で1名ずつ運動を実施したが、実際のオフィスでは複数人で Office-HIIT を行うことを前提としている。その場合、インストラクターの目が行き届かなくなるため、怪我や体調不良が起きやすくなるかもしれない。ただ、複数人で実施すると運動強度が低くなりがちであるため、心血管反応は抑えられる可能性がある。今後は、より多くの人数に対して、複数人で Office-HIIT を行った場合の怪我等も含めた身体的負荷を明らかにし、安全性を更に検討する必要がある。

総 括

本研究では、勤労者のメンタルヘルス対策を目指して、オフィスで実施しやすい3分間の HIIT プログラム「Office-HIIT」を開発し、高血圧勤労者の心血管反応の安全性を検証した。その結果、Office-HIIT は、高血圧者でも血圧上昇はラジオ体操と同等の範囲内ではあるが、一時的に心臓への負担度が高まる可能性があるとして推察された。今後は、より安全なプログラムを開発するとともに、Office-HIIT のメンタルヘルスへの影響を検証する必要がある。

参 考 文 献

- 1) Batacan, R.B. Jr., Duncan, M.J., Dalbo, V.J., Tucker, P.S., and Fenning, A.S. (2017): Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br. J. Sports Med.*, **51**, 494–503.
- 2) Cooney, G.M., Dwan, K., Greig, C.A., Lawlor, D.A.,

- Rimer, J., Waugh, F.R., McMurdo, M., and Mead, G.E.(2013): Exercise for depression. *Cochrane Database Syst. Rev.*, **9**, Cd004366.
- 3) Eguchi, Y., Ohta, M., Inoue, T., Honda, T., Morita, Y., Konno, Y., and Yamato, H.(2012): Effects of transitory stimulation interval exercise on physical function: a randomized controlled pilot study among Japanese Subjects. *J. UOEH*, **34**, 297–308.
- 4) Kai, Y., Kitano, N., Tsunoda, K., Kuchiki, T., Uchida, K., and Nagamatsu, T.(2017): Prospective study of sedentary behavior and mental health among Japanese workers: the MYLS Study. *J. Phys. Fit. Sports Med.*, **6**, 543.
- 5) 金森 悟, 甲斐裕子, 楠本真理, 川又華代(2018): 「運動の取り組み」を組織として実践するためには? 江口泰正, 中田由夫編著, 職場における身体活動・運動指導の進め方, 初版, 194–196, 大修館書店, 東京.
- 6) 厚生労働省労働基準局(2016): 平成27年度「過労死等の労災補償状況」. 厚生労働省, 東京.
- 7) Kvam, S., Kleppe, C.L., Nordhus, I.H., and Hovland, A.(2016): Exercise as a treatment for depression: a meta-analysis. *J. Affect. Disord.*, **202**, 67–86.
- 8) Mammen, G. and Faulkner, G.(2013): Physical activity and the prevention of depression: a systematic review of prospective studies. *Am. J. Prev. Med.*, **45**, 649–657.
- 9) Matsuo, T., So, R., Shimojo, N., and Tanaka, K.(2015): Effect of aerobic exercise training followed by a low-calorie diet on metabolic syndrome risk factors in men. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, **25**, 832–838.
- 10) Norton, K., Norton, L., and Sadgrove, D.(2010): Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *J. Sci. Med. Sport*, **13**, 496–502.
- 11) Riley, M., Maehara, K., Pórszász, J., Engelen, M.P., Bartstow, T.J., Tanaka, H., and Wasserman, K.(1997): Association between the anaerobic threshold and the break-point in the double product/work rate relationship. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, **75**, 14–21.
- 12) Shepherd, S.O., Wilson, O.J., Taylor, A.S., Thøgersen-Ntoumani, C., Adlan, A.M., Wagenmakers, A.J., and Shaw, C.S.(2015): Low-volume high-intensity interval training in a gym setting improves cardio-metabolic and psychological health. *PLoS One*, **10**, e0139056.
- 13) スポーツ庁健康スポーツ課(2017): スポーツの実施状況等に関する世論調査. 世論調査報告書(平成28年11月調査). スポーツ庁, 東京.
- 14) Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., and Yamamoto, K.(1996): Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and $\dot{V}O_{2max}$. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **28**, 1327–1330.