

## 短 報

# 精神作業における心臓血管系の反応と小休止の効果

## Cardiovascular Responses and Effects of an Inserted Break in Mental Work

劉 欣欣<sup>1</sup>, 岩切 一幸<sup>1</sup>, 外山 みどり<sup>1</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

Xinxin LIU<sup>1</sup>, Kazuyuki IWAKIRI<sup>1</sup> and Midori SOTOYAMA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

doi: 10.1539/sangyoeisei.C12003

キ ー ワ ー ド : Blood pressure, Break, Cardiovascular system, Mental work

### I. はじめに

近年、情報技術の進歩により、コンピュータ機器の使用をはじめとした精神作業の割合が増え、一日の作業時間や連続作業時間が長くなるほど精神的ストレスを感じている労働者が多くなっている<sup>1)</sup>。Laflammeら<sup>2)</sup>によると、持続的に精神的に負担の大きな作業を続けている労働者は、他の労働者に比べて収縮期血圧が有意に高いと報告している。また、精神作業に起因する精神的ストレスに長期間さらされると、心臓血管系の過反応が慢性化し、将来的には心臓血管系疾患の発症リスクおよび死亡率が増加すると報告されている<sup>2-4)</sup>。

厚生労働省の「業務上疾病発生状況等調査(平成23年)」<sup>5)</sup>によると、職場での健康診断において血圧に問題がある有所見者は、年々増加している。同省の平成23年度「脳・心臓疾患と精神障害の労災補償状況」まとめ<sup>6)</sup>によると、業務上と認定された脳・心臓疾患の職種別の支給決定件数は、精神的に負担の大きな「輸送・機械運転従事者」、「専門的・技術的職業従事者」、「管理的職業

従事者」、「サービス職業従事者」などが上位を占め、310件となっている。この件数は、毎年変動しているものの大きな減少には至っていない。このことから、精神作業による心臓血管系の負担を軽減する方策が必要と考えられるが、エビデンスに基づいた労働安全衛生上の有効な対策が見いだせずにいる。

そのようななか、作業中にとる小休止は、持続的に増加した血圧を抑制する可能性がある。先行研究<sup>7)</sup>では、20分間の精神作業において5分ごとに3分間の小休止(安静)をとったところ、作業時間の経過に伴って増加していた血圧の上昇が抑えられた。しかし、このような短時間作業と頻繁な小休止は作業を妨げることが予想されるため、労働現場での応用は難しく、より現実的な作業と休止スケジュールを検討する必要があると考えられる。作業中の小休止の取り方については、厚生労働省「VDT作業における労働安全衛生管理のためのガイドライン」<sup>8)</sup>に記載がある。このガイドラインでは、一連続作業時間は1時間を超えないようにし、その時間内に1-2回程度の小休止を設けることが推奨されている。これによると、休憩や小休止間の作業時間は約20分間となる。しかし、この小休止は、主に視覚系および筋骨格系負担の軽減の視点から考えられており、心臓血管系への負担を十分に考慮したものではない。

一方、精神作業に対する心臓血管系の反応には、個人差が大きいことが知られている。同じ作業を行う場合でも、血圧上昇の大きさや血圧上昇に対する心臓反応や血管系反応といった血行動態の反応パターンは個人によって異なる<sup>9-11)</sup>。Lawler<sup>10)</sup>らとLiu<sup>11)</sup>らは、血圧の上昇に対して、心臓反応または血管系反応の寄与によって複数の反応タイプがあると報告している。これらの反応タイプでは、将来的に心臓血管系疾患のリスクが異なる可能性が予想される。しかし、このような個人の反応特性が作業中の小休止の負担軽減効果に及ぼす影響は明らかではない。

そこで本研究では、精神作業における心臓血管系負担の軽減策を検討するための基礎的研究として、精神作業時間および小休止が心臓血管系反応に及ぼす影響について検討し、併せて個人の反応特性についても検討した。

### II. 方 法

#### 1. 被験者

被験者は、某大学掲示板の募集情報を見て応募してきた健康な男子大学生および大学院生13名とした。彼らには書面および口頭にて実験の趣旨や方法を説明し、いつでも不利益をこうむることなく撤回できることを伝え、了承を得た上で実験参加の同意書にサインして

2012年9月14日受付：2013年1月24日受理

J-STAGE早期公開日：2013年2月22日

連絡先：劉 欣欣 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾6-21-1 独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

Correspondence to: X. Liu, National Institute of Occupational Safety and Health, 6-21-1 Nagao, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa 214-8585, Japan (e-mail: liu@h.jniosh.go.jp)

もらった。被験者の年齢は $27.5 \pm 4.5$ 歳、体重は $69.6 \pm 10.9$  kg、身長は $175.6 \pm 5.6$  cmであった。実験時の被験者に体調不良の者はいなく、疾患や障害で通院している者もいなかった。実験前夜は飲酒や運動を禁止し、実験2時間前からは喫煙とカフェイン類の飲食を禁止した。本研究は、独立行政法人労働安全衛生総合研究所の研究倫理委員会より承認を得て実施した。

## 2. 精神作業

精神作業は、パーソナルコンピュータ(PC)による暗算課題とした。被験者には、PCの液晶ディスプレイに2桁の数字を2つ提示し、加算した値をキーボード入力させた。回答する時間は3秒以内とし、加算した値は2桁になるようにした。入力結果は、ディスプレイ上に正解の場合は“正”、間違った場合は“誤”、さらに入力がない場合と誤った入力の場合には警告音を鳴らした。作業量と正解率はパフォーマンスとして記録した。

## 3. 測定項目と実験スケジュール

心臓血管系反応の指標は、収縮期血圧(SBP)、拡張期血圧(DBP)、平均動脈血圧(MAP)、心拍数(HR)、一回拍出量(SV)、心拍出量(CO)、総末梢血管抵抗(TPR)とし、連続血行動態測定装置(Portapres Model-2, Finapres Medical Systems社製)を用いて測定した。

実験は、被験者が実験室で30分間の安静後に開始した。各指標は、まず作業開始前の座位開眼安静状態5分間をベースラインデータとして記録した(Ba)。その後、20分間の暗算作業(MA1)、3分間の座位開眼安静状態の小休止(Br)、20分間の暗算作業(MA2)、10分間の座位開眼安静状態の回復期(Re)にて連続測定した。

## 4. データ処理と解析

測定データは、作業時間の影響を検討するため、各指標の測定区間ごとに平均値を算出し、反復測定による一元配置分散分析(5水準)で解析した。また、個人の反応特性を検討するため、各指標のベースラインからの変化量( $\Delta$ )を求め、作業時間の影響が少ないMA1の $\Delta$ SBPの平均値より低い低反応グループ(Low-G,  $n=6$ )と平均値より高い高反応グループ(Hi-G,  $n=7$ )に分類した。これらのグループに対し、グループ(2水準)とベースラインを除いた測定区間(4水準)を要因とした二元配置分散分析を行った。分散分析により有意差が得られた主効果は、さらに多重比較検定(Bonferroni法)を行った。統計解析にはIBM SPSS Statistics 19を使用した。有意水準は危険率5%未満( $p<0.05$ )とした。

## III. 結果

### 1. 作業時間の影響

Table 1には、全被験者を対象にした測定結果を示す。一元分散分析の結果、SBP、DBP、MAP、HR、TPRにおいて有意差が得られた。多重比較検定の結果、SBP、DBP、MAPは作業前の安静時に比べて前半の作業区間で有意に上昇し、その後小休止中も低下せず、後半の作業区間でさらに上昇した( $Ba<MA1<MA2$ ,  $Br<MA2$ ,  $p<0.05$ )。また、TPRも同様の傾向を示し、作業前の安静時に比べて前半の作業区間で上昇し、その後小休止中も低下せず、後半の作業区間でさらに上昇した( $Ba<MA2$ ,  $MA1<MA2$ ,  $Br<MA2$ ,  $p<0.05$ )。一方、HRは作業前の安静時に比べて前半の作業区間で上昇したが、その後、後半の作業区間では徐々に減少した( $MA1>MA2$ ,  $p<0.05$ )。上昇したSBP、DBP、MAP、TPRの値は、作業終了10分後でも作業前の安静時の値までは戻らなかった( $Ba<Re$ ,  $p<0.05$ )。

### 2. 個人の反応特性の影響

二元配置分散分析の結果、 $\Delta$ SBP、 $\Delta$ DBP、 $\Delta$ MAPには反応グループと測定区間に有意な交互作用が認められた。しかし、他の心臓血管系指標には、測定区間の主効果や反応グループと測定区間の交互作用に有意差は認められなかった(Table 2)。下位検定の結果、低反応グループと高反応グループは、作業中および小休止中の血圧反応で異なる変化パターンを示した。低反応グループの血圧は、前半よりも後半の作業区間で有意に上昇する傾向を示し( $MA1<MA2$ ,  $p<0.1$ )、小休止中の有意な変化は認められず、小休止後さらに上昇した( $Br<MA2$ ,  $p<0.05$ )。一方、高反応グループでは、小休止中の血圧が前半の作業区間と比べて減少する傾向を示し( $MA1>Br$ ,  $p<0.1$ )、休止後の増加が認められなかった。また、前半の作業区間では、両グループの血圧反応に有意な差はあったが、小休止、後半の作業区間、作業後の休息では、両グループの血圧に有意差は認められなかった。

### 3. 作業のパフォーマンス

作業量において、低反応グループ(MA1:  $386.5 \pm 8.7$ ; MA2:  $397.8 \pm 12.1$ )と高反応グループ(MA1:  $387.1 \pm 21.7$ ; MA2:  $386.0 \pm 16.1$ )に、有意差は認められなかった。正解率(%)においても、低反応グループ(MA1:  $85.4 \pm 5.2$ ; MA2:  $85.9 \pm 5.3$ )と高反応グループ(MA1:  $80.5 \pm 13.3$ ; MA2:  $82.6 \pm 10.0$ )に有意差は認められなかった。

**Table 1.** Values of each measurement period for cardiovascular indices and the results of one-way ANOVA and multiple comparisons (n=13)

	Measurement period					ANOVA	
	Ba	MA1	Br	MA2	Re	F	p
SBP (mmHg) <sup>a</sup>	114.3 (9.5)	121.1 (13.6)	116.9 (9.9)	123.7 (12.6)	121.4 (10.8)	8.71	<0.01
DBP (mmHg) <sup>a</sup>	69.2 (8.0)	73.6 (9.3)	71.6 (7.4)	75.5 (8.5)	73.8 (7.7)	10.46	<0.01
MAP (mmHg) <sup>a</sup>	87.6 (8.4)	93.1 (11.1)	90.2 (8.5)	95.3 (10.4)	93.5 (8.8)	10.49	<0.01
HR (bpm) <sup>b</sup>	70.4 (9.5)	71.7 (8.5)	70.7 (9.6)	70.6 (8.1)	68.5 (9.0)	3.09	<0.05
SV (ml)	89.2 (12.1)	89.8 (13.4)	89.1 (10.8)	89.2 (11.5)	90.9 (13.5)	0.60	ns
CO (l/min)	6.22 (0.97)	6.38 (0.99)	6.25 (0.97)	6.24 (0.87)	6.17 (1.08)	1.02	ns
TPR (MU) <sup>c</sup>	0.86 (0.13)	0.89 (0.13)	0.89 (0.13)	0.93 (0.14)	0.94 (0.15)	5.55	<0.01

Values are presented as the mean and standard deviation (SD).

Ba, the baseline; MA1, the first mental work period; Br, the break; MA2, the second mental work period; Re, the rest period after mental works; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MAP, mean arterial pressure; HR, heart rate; CO, cardiac output; SV, stroke volume; TPR, total peripheral resistance; ns, not significant.

<sup>a</sup>: Ba<MA1<MA2, Br<MA2, Ba<Re, p<0.05. <sup>b</sup>: MA1>MA2, p<0.05. <sup>c</sup>: Ba<MA2, MA1<MA2, Br<MA2, Ba<Re, p<0.05.

**Table 2.** Changes of each measurement period for cardiovascular indices and the results of two-way ANOVA and multiple comparisons

	Measurement period								ANOVA					
	Low-G (n = 6)				Hi-G (n = 7)				Period		Group		Interaction	
	MA1	Br	MA2	Re	MA1	Br	MA2	Re	F	p	F	p	F	p
ΔSBP (mmHg) <sup>a</sup>	0.1 (1.5)	1.1 (1.6)	10.2 (5.9)	8.1 (6.0)	12.6 (2.4)	3.7 (5.6)	7.8 (7.3)	6.8 (9.7)	3.02	<0.1	3.18	ns	4.42	<0.05
ΔDBP (mmHg) <sup>a</sup>	0.7 (2.2)	1.8 (2.6)	7.8 (4.3)	5.8 (3.9)	7.6 (2.4)	2.8 (3.2)	5.0 (3.7)	4.6 (5.5)	3.34	<0.05	0.67	ns	4.88	<0.01
ΔMAP (mmHg) <sup>a</sup>	0.5 (1.9)	1.6 (1.9)	9.0 (5.3)	7.0 (4.1)	9.8 (2.3)	3.6 (4.0)	6.3 (5.0)	5.9 (6.8)	3.44	<0.05	2.28	ns	5.20	<0.01
ΔHR (bpm)	0.7 (4.2)	0.1 (5.6)	1.0 (3.6)	-0.7 (4.2)	1.8 (2.7)	0.5 (2.2)	-0.2 (2.1)	-1.8 (2.9)	1.01	ns	0.08	ns	0.31	ns
ΔSV (ml)	-1.1 (4.6)	-1.3 (7.2)	-3.2 (4.7)	-0.6 (7.1)	2.0 (7.1)	0.7 (6.1)	0.9 (6.0)	1.4 (7.7)	0.24	ns	1.41	ns	0.11	ns
ΔCO (l/min)	0.04 (0.28)	-0.01 (0.24)	-0.13 (0.61)	-0.01 (0.85)	0.27 (0.60)	0.06 (0.40)	0.05 (0.38)	-0.07 (0.37)	0.60	ns	0.67	ns	0.13	ns
ΔTPR (MU)	-0.00 (0.04)	0.02 (0.04)	0.10 (0.12)	0.09 (0.13)	0.06 (0.09)	0.02 (0.06)	0.06 (0.04)	0.08 (0.10)	2.23	ns	0.01	ns	0.84	ns

Values are presented as the mean and standard deviation (SD).

Low-G: the low response group (n=6); Hi-G: the high response group (n=7).

MA1, the first mental work period; Br, the break; MA2, the second mental work period; Re, the rest period after mental works. SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MAP, mean arterial pressure; HR, heart rate; CO, cardiac output; SV, stroke volume; TPR, total peripheral resistance; ns, not significant.

<sup>a</sup>: Low-G: MA1<MA2, p<0.1; Br<MA2, p<0.05. Hi-G: MA1>Br, p<0.1. MA1: Low-G<Hi-G, p<0.05.

#### IV. 考 察

本研究では、作業時間の延長に伴って血圧が持続的に上昇し、それに伴って総末梢血管抵抗（血管系反応）が増加、心拍数（心臓反応）が減少する傾向が認められた。これは、血圧の維持機構が作業時間の経過に伴って心臓反応から血管系反応へと移行することを示唆する。この反応の変化は、Ringら<sup>12)</sup>の研究と一致する。彼らの研究では28分の精神作業中、血圧の上昇は一定レベ

ルであったが、心拍出量は作業の前半では増加し、後半では徐々にベースラインレベルに戻った。一方、総末梢血管抵抗は作業の前半は有意な変化はなかったが、後半は有意に増加した。つまり、作業中の血圧は、前半主に心臓反応によって、後半は主に血管系反応によって維持されたと考えられる。これらの結果から、精神作業においては、時間経過により血管系負担が増大すると考えられる。心臓血管系の負担を検討するには、これまで血圧変動を中心に検討されてきたが、血圧の変動要

因である心臓反応および血管系反応の視点からも検討していく必要があると思われた。これらの要因に着目することで、心臓血管系疾患の発症に関連する<sup>13)</sup>血管系反応の負担軽減策の提案につながっていくものと思われる。

作業中の小休止効果は、個人の反応特性に依存することが示唆された。精神作業の開始後すぐに大きな血圧上昇を示した高反応グループでは、作業時間の延長に伴い上昇した血圧が減少し、小休止ではこれを促進する傾向が示された。一方、精神作業の開始後すぐに血圧が有意に上昇しなかった低反応グループでは、前半の作業区間と小休止で変化はなかったが、その後の作業区間では血圧が有意に上昇した。これらの違いは、血圧を上昇させる心臓反応と血管系反応との関係に個人差があったためと考えられる。高反応グループでは、主に心臓反応によって当初血圧は上昇したが、その後心臓反応の低下により減少し、小休止はそれを促進させたと考えられる。一方、低反応グループでは、心臓反応よりも主に血管系反応によって血圧が上昇し、小休止はその血圧上昇を抑制するには至らなかったと考えられる。しかし、今回の実験において、2つの反応グループの心臓反応と血管系反応に有意差は認められなかった。このことから、今後被験者を増やし、さらに検討していく必要があると考えている。

本研究は、少人数の実験室実験であり、作業時間も計40分（前半20分、後半20分）と実際の労働現場とは異なるため、研究結果を直接労働現場に応用することは難しい。この点については、今後、労働現場にて検証を行っていく必要があると考えている。しかし、少なくとも作業時間の経過によって血圧の維持機構が変化することは明らかと思われる。このことから、精神作業に関する作業管理を行う場合、心臓血管系の負担を考慮する必要がある。また、作業・休息スケジュールを提案する際には、心臓血管系の個人の反応特性を考慮する必要があると考えられた。今後は、心臓血管系負担の軽減策を実験室実験にて検討し、労働現場での検証を経た上で、心臓血管系の作業負担を配慮した作業管理の有り方を提案していきたいと考えている。

## 文 献

- 1) 厚生労働省:平成20年技術革新と労働に関する実態調査報告の概況(平成21年9月29日)。[Online]. 2009 [cited 2012 Aug 1]; Available from: URL: <http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/saigai/anzen/08/dl/20kaku-10.pdf>
- 2) Laflamme N, Brisson C, Moisan J, Milot A, Mâsse B, Vézina M. Job strain and ambulatory blood pressure among female white-color workers. *Scand J Work Environ Health* 1998; 24: 334-43.
- 3) Rose RM, Jenkins D, Hurst MW. Health change in air traffic controllers: a prospective study. I. Background and description. *Psychosom Med* 1978; 40: 142-65.
- 4) Kivimäki M, Leino-Arjas P, Luukkonen R, Riihimäki H, Vahtera J, Kirjonen J. Work stress and risk of cardiovascular mortality: prospective cohort study of industrial employees. *BMJ* 2002; 325: 857.
- 5) 厚生労働省:業務上疾病発生状況等調査(平成23年)。[Online]. 2012 [cited 2012 Aug 1]; Available from: URL: <http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzenseisei11/dl/h23-10.pdf>
- 6) 厚生労働省:平成23年度「脳・心臓疾患と精神障害の労災補償状況」まとめ(平成24年6月15日)。[Online]. 2012 [cited 2012 Dec 5]; Available from: URL: <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002coxc-att/2r9852000002cpc3.pdf>
- 7) Liu X, Iwagana K, Shimomura Y, Katsuura T. Comparison of stress responses between mental tasks and white noise exposure. *J Physiol Anthropol* 2007; 26: 165-71.
- 8) 厚生労働省:新しい「VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン」の策定について(平成14年4月5日発表)。[Online]. 2002 [cited 2012 Aug 1]; Available from: URL: <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/04/h0405-4.html>
- 9) Kasprovicz AL, Manuck SB, Malkoff SB. Individual differences in behaviorally evoked cardiovascular response: temporal stability and hemodynamic patterning. *Psychophysiology* 1990; 27: 605-19.
- 10) Lawler KA, Kline KA, Adlin RF. Psychophysiological correlates of individual differences in patterns of hemodynamic reactivity. *Int J Psychophysiol* 2001; 40: 93-107.
- 11) Liu X, Iwagana K, Shimomura Y, Katsuura T. Different types of circulatory responses to mental tasks. *J Physiol Anthropol* 2007; 26: 355-64.
- 12) Ring C, Burns VE, Carroll D. Shifting hemodynamics of blood pressure control during prolonged mental stress. *Psychophysiology* 2002; 39: 585-90.
- 13) Marrero AF. Men at risk for hypertension show elevated vascular resistance at rest and during mental stress. *Int J Psychophysiol* 1997; 25: 185-92.