

平成 29 年度労災疾病臨床研究事業費補助金  
「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」  
分担研究報告書（実験研究）

長時間労働と循環器負担のメカニズム解明

研究分担者 劉 欣欣 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所  
過労死等調査研究センター 主任研究員

【研究要旨】

過労死等の防止は労働衛生上の重要課題である。本研究では、過労死等のリスク要因である長時間労働が、心血管系反応に及ぼす影響を明らかにし、心血管系負担の軽減策を検討するための基礎データを蓄積することを目的とした。具体的には、実験室実験の手法を用いて、長時間労働時の血行動態反応を明らかにし、その結果を基に加齢、安静時高血圧症の有無、休憩の影響を検討した。主な結果として、長時間労働は心血管系の負担を増大し、特に高血圧群の負担が大きいことが示された。加齢による影響は限定的だが、同年代中でも個人差が存在することが示され、サブグループに分けてさらに検討する必要性が示唆された。一方、作業中の長めの休憩（50 分以上）が過剰な血行動態反応を抑制する効果が認められたが、15 分以下の短めの休憩はこれらの抑制効果が認められなかった。本研究の結果から、やむを得ず長時間労働をしなければならない場合は、複数の長めの休憩を確保することが重要であることが示唆された。今後は休憩のタイミング、休憩の取り方についてさらに検討する予定である。

研究分担者：

池田大樹（労働安全衛生総合研究所過労死等調査研究センター・研究員）  
高橋正也（労働安全衛生総合研究所産業疫学研究グループ・部長）

研究協力者：

小山冬樹（労働安全衛生総合研究所過労死等調査研究センター・研究員）  
脇坂佳子（同センター・研究員）

**A. 研究目的**

厚生労働省が公表している脳・心臓疾患の労災認定基準では、業務の過重性を評価する具体的な負荷要因として、労働時間、交代制勤務・深夜勤務、精神的緊張を伴う業務など 7 つの項目が示されており、特に労働時間が最も重要とされている。業務における過重な負荷によって脳・心臓疾患を発症したとする労災認定件数は、2016 年においては 260 件であった。これらの認定事案の約 90% に時間外労働が月 80 時間以上（週 60 時間以上）となる長時間労働が認められた。また、総務省の労働力調査によると、2016 年に週 60 時間以上勤務していた労働者は約 429 万人であり、未だに多くの労働者が長時間労働に曝されている。労働者の健康維持及び脳・心臓疾患にかかわる労災発生件数の減少には、長時間労働による心血管系負担の軽減

策が緊急に必要なが、科学的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出せていない。

国内外で行われた疫学調査研究では、週 55 時間以上の長時間労働は脳卒中、冠動脈心疾患などの脳・心臓疾患のリスクを増大し、週 60 時間を超えるとそのリスクがさらに増加することが報告されている (Kivimäki et al., 2015; Virtanen et al., 2010, 2012)。また、厚生労働省が公表している脳・心臓疾患の労災認定件数は、30 歳代と比べて 40~50 歳代が多く、長時間労働が心臓血管系に及ぼす影響には加齢の影響が考えられる。さらに、長時間労働だけでなく、高血圧も心血管系疾患と関連することが報告されている。平成 27 年国民健康・栄養調査報告書（厚生労働省、2017）によると、3,539 人（20 歳以上、非労働者含む）の調査対象者の 46.9% が高血圧有病者であったことが報告されている。さらに、長時間労働（月の残業時間が 60 時間以上）の状況にある高血圧者と正常血圧者は、そうでない（月残業時間が 30 時間以下）高血圧者と正常血圧者と比べ、24 時間自由行動下での血圧が高いことが報告されている (Hayashi et al., 1996)。高血圧労働者は、長時間労働下において、より大きな循環器負担が生じている可能性が考えられる。

本研究では、過労死等のリスク要因である長

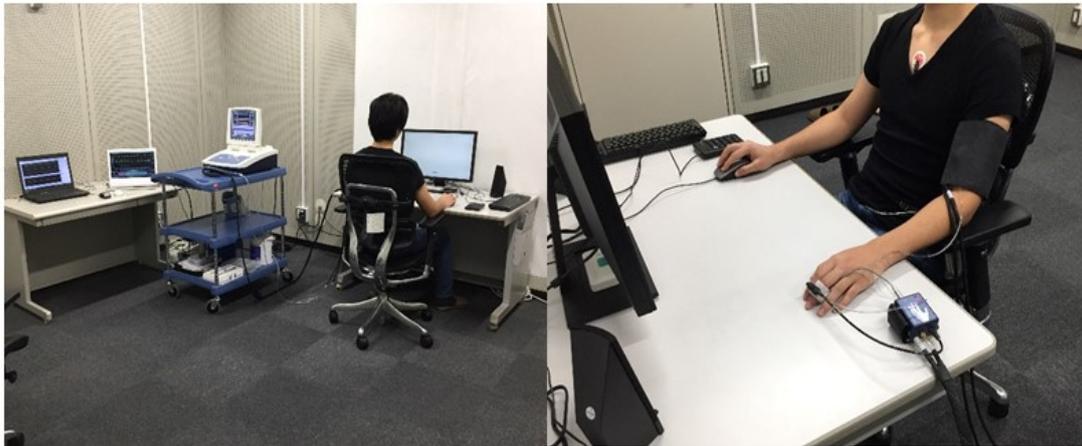
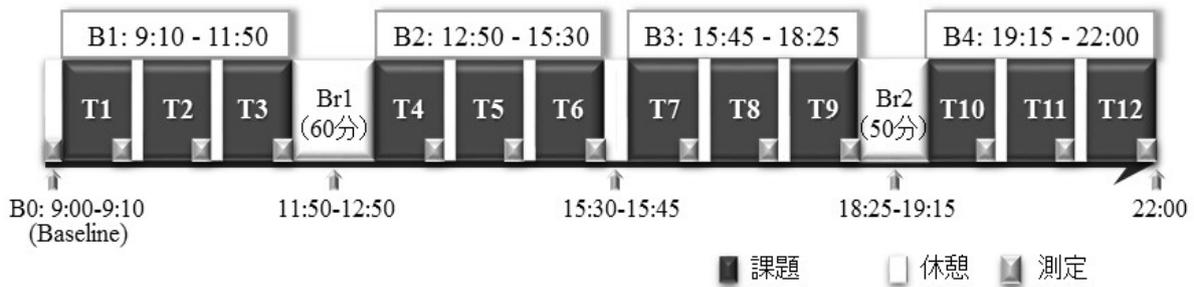


図1 測定スケジュールと実験風景

時間労働が心血管系反応に及ぼす影響を血行動態の視点から明らかにし、心血管系の作業負担の軽減策を検討するための基礎データを提供することを目的とした。具体的には、長時間労働時の血行動態反応を明らかにし、その結果を基に加齢、安静時高血圧症の有無、休憩の影響を検討した。

## B. 研究方法

脳・心臓疾患が原因の過労死が多発する 40 代、50 代の男性（安静時正常血圧・安静時 I 度高血圧）を主な研究対象とした。また、若い世代の過労死が増加しているため、30 代の安静時正常血圧者も研究対象に加えた。安静時正常血圧者 39 人（収縮期血圧 < 140mmHg かつ拡張期血圧 < 90mmHg）及び安静時 I 度高血圧者 13 人（140mmHg ≤ 収縮期血圧 ≤ 160mmHg 又は 90mmHg ≤ 拡張期血圧 ≤ 100mmHg）が実験に参加した。実験参加者は心臓病、糖尿病、喘息、脳卒中、慢性腎臓病、腰痛及び精神障害の既往歴がないこと、正常な視力（矯正を含む）を有することを参加条件とした。実験は 2 日間の参加とし、初日は安静時血圧の確認及び実験の説明を行った。2 日目は図 1 に示しているスケジュールで本実験を行った。実験風景も図 1 に示している。ベースラ

インとして作業前の安静時座位血行動態指標を測定した（B0: 9:00-9:10）。作業は、ブロック 1（B1: 9:10-11:50）、ブロック 2（B2: 12:50-15:30）、ブロック 3（B3: 15:45-18:25）、ブロック 4（B4: 19:15-22:00）の 4 つ時間帯に分けて実施した。各作業ブロックにおいて、作業課題（45 分）を 3 回実施し、課題間に 10～15 分の休憩を設けた。さらに、昼に 1 時間（Br1: 11:50-12:50）、夕方に 50 分（Br2: 18:25-19:15）の休憩時間を設けた。

作業課題は、カラーワード課題、暗算課題、数字コピー課題を用いた。カラーワード課題は、色を意味する漢字がその意味と異なる色で提示され、参加者はその提示色を制限時間内に回答するという認知課題であった。例えば、「赤」という文字が画面上に「緑色」で提示された場合、参加者は黒色で「緑」と書かれた回答ボタンを選択し押下した。暗算課題は、画面上に提示された 2 つのランダムな数字（10～49）を暗算で加算し、その結果を制限時間内に入力する課題であった。数字コピー課題は、画面上に提示されたランダムな 10 桁の数字を制限時間内に入力する課題であった。これらの 3 つの作業課題は、各作業時間帯（ブロック）内にそれぞれ 1 回ずつ提示された。課題の提示順序は作業時間帯により異なった。血行動態指標として、

収縮期血圧(SBP)、拡張期血圧(DBP)、心拍数(HR)、一回拍出量(SV)、心拍出量(CO)、総末梢血管抵抗(TPR)を連続血行動態測定装置(Finapres Pro、Finapres Medical Systems社製、オランダ)を用いて測定した。作業時間の影響を検討するため、各作業ブロックの平均値を求め解析を行った。加齢と安静時高血圧の影響を検討するため、各作業期間からベースラインを引いた変化量( $\Delta$ )を算出し、解析を行った。休憩の効果を検討するため、長めの休憩前後の作業期間(T3 vs T4、T9 vs T10)、及び休憩前後の課題期間の差((Br1: |T4 - T3|) vs (Br2: |T10 - T9|))をそれぞれの群で比較した。

(倫理面での配慮)

本研究は独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所研究倫理審査委員会にて審査され、承認を得たうえで行った(通知番号: H2713)。

## C. 研究結果

### 1. 長時間作業の影響

安静時正常血圧者 39 人(30 歳~59 歳、平均  $42.5 \pm 8.5$  歳)のデータを解析した結果を図 2 に示している。安静時(B0)と比べ、作業中の収縮期血圧は有意に上昇し、後半になるほどその上昇が大きかった。作業時間の延長に伴い、心血管系の負担増加が示された。拡張期血圧は昼休みの後は一旦低下し、その後再び上昇した。血圧を維持する背景血行動態反応について、心臓反応(HR、SV、CO)が W 字型、血管系反応(TPR)が M 字型の変化を示し、作業時間帯によって背景血行動態反応が異なることを示した。

### 2. 加齢の影響

30 歳代(17 人)、40 代(13 人)、50 代(9 人)で比較した結果を図 3 に示している。全ての年代の心血管系反応はほぼ同じ変化傾向を示した。一回拍出量の変化量において、年代別の差が認められ、30 歳代と比べて、50 歳代の作業中の一回拍出量上昇度が有意に大きかった。一回拍出量は心臓反応の指標であり、50 代は長時間作業による心臓への負担が大きいのことが考えられたが、他の指標には年代別の差が認められなかったため、さらなる検証が必要である。一方、前年度の報告書で報告した通り、長時間作業時の心血管系反応には個人差が存在する。つまり、同年代の中でも心血管系反応には個人差が存在するため、さらにサブグループに集約する必要がある。

### 3. 安静時高血圧症の影響

40~50 代の高血圧群(n=13、平均年齢 51.9 歳)と、正常血圧群(n=22、平均年齢 49.0 歳)を比較した結果を図 4 に示している。両群には、年齢と BMI に有意な群間差は認められなかった。また、ベースラインの血圧(SBP、DBP)は、高血圧群の方が有意に高かったが、他の指標(HR、SV、CO、TPR)に有意な群間差は認められなかった。

正常血圧群の収縮期血圧の変化量は、T1 と比較して T7-10、12 で高かった。高血圧群の収縮期血圧の変化量は、T1 と比べ、T7-12 で高かった。収縮期血圧の変化量は、高血圧群の方が正常血圧群より後半で有意に高かった。作業時間の延長に伴い血圧が上昇し、特に高血圧群で心血管系の負担が大きかったことが示された。

一方、血圧を維持する背景血行動態反応においては、両群とも同じ変化傾向を示し、長めの休憩がない作業期間中(T1-T3、T4-T9、T10-T12)に心臓反応は低下傾向、血管反応は上昇傾向を示した。

### 4. 休憩の効果

長めの休憩前後の作業期間を比較した結果、休憩後の血行動態反応が緩和されたことが認められた(図 4)。具体的には、休憩前と比べて、休憩後の収縮期血圧に有意差が認められなかったが、拡張期血圧は有意に低下した。さらに、血圧を維持する心臓反応と血管系反応において、両群とも休憩後の心臓反応が上昇し、血管抵抗が低下した。つまり、長めの休憩は心臓反応の過剰低下及び血管抵抗の過剰上昇を防ぐ効果が認められた。一方、短めの休憩(15 分以下)はこれらの効果が認められなかった。

休憩の効果は作業時間帯によって変化するか否かを検討するため、休憩前後の課題期間の差((Br1: |T4 - T3|) vs (Br2: |T10 - T9|))をそれぞれの群で比較した。結果として、正常群の拡張期血圧、心拍数、心拍出量、総末梢血管抵抗について、夕方の変化量は昼間と比べて有意に小さく、作業時間の延長に伴い、休憩の効果が弱くなることが示された。一方、高血圧群には時間帯の差が認められなかった。

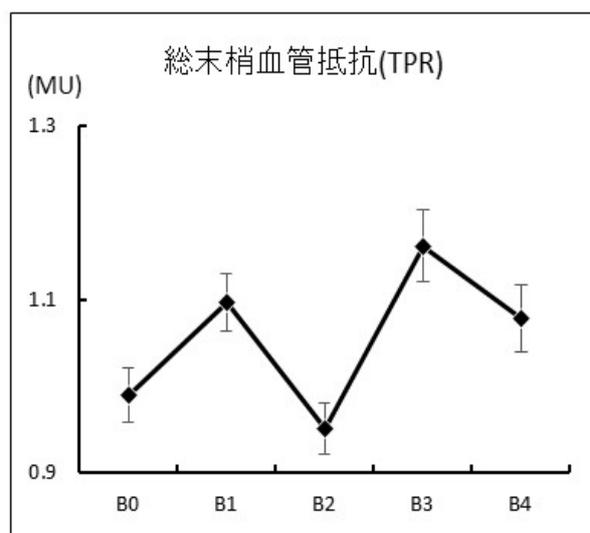
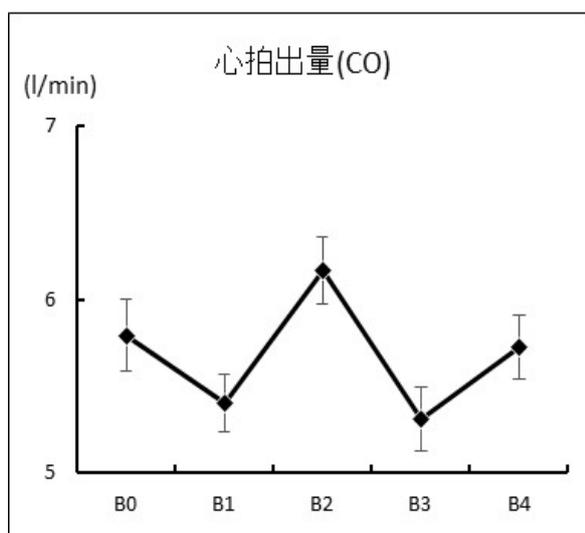
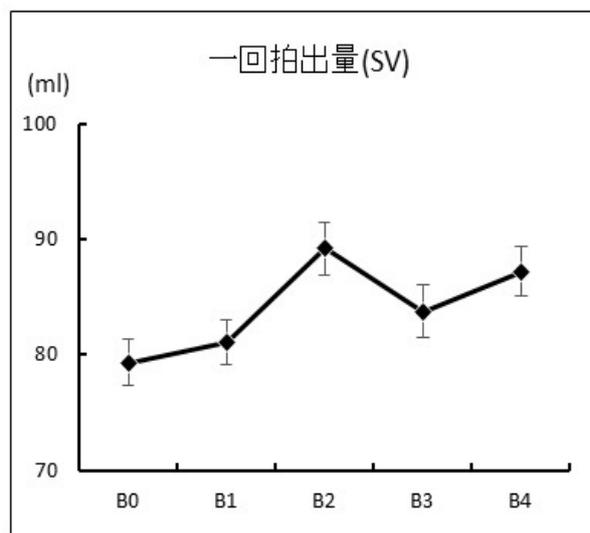
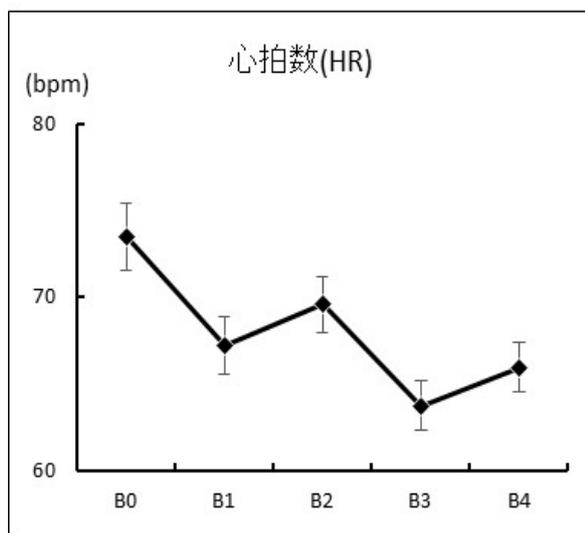
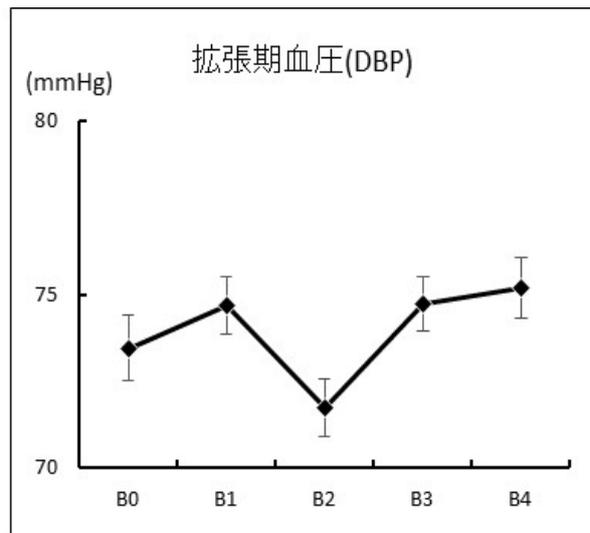
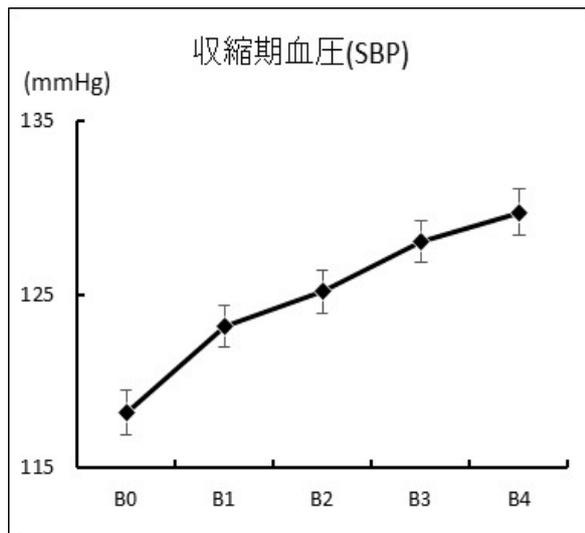


図2 安静時正常血圧者の血行動態反応

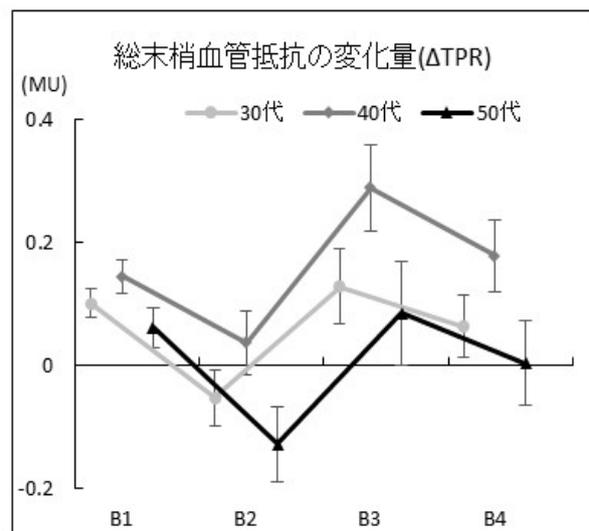
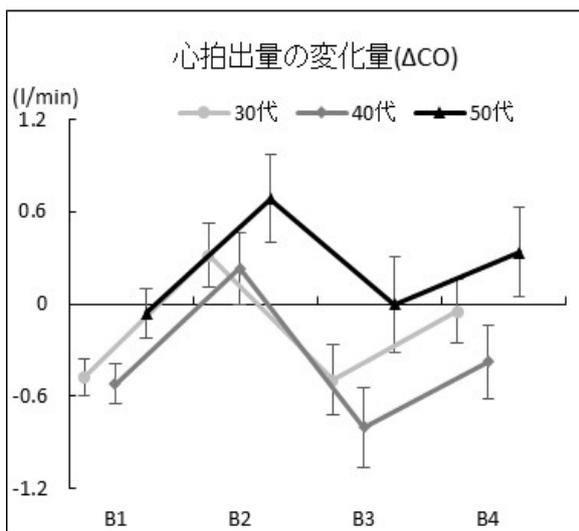
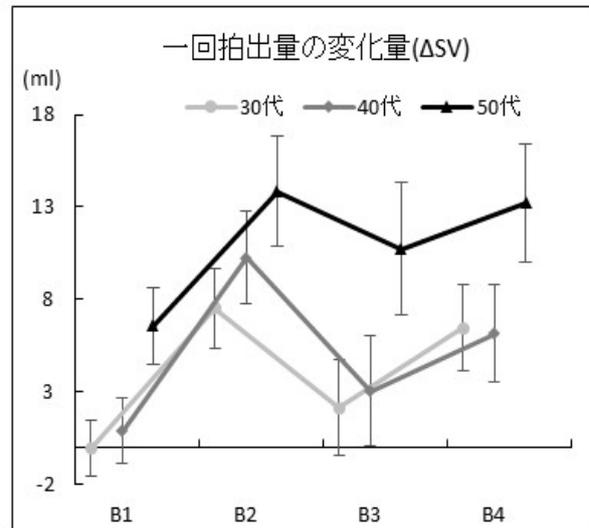
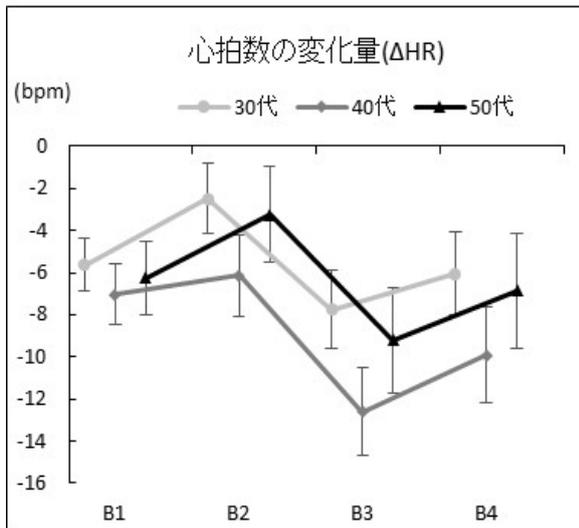
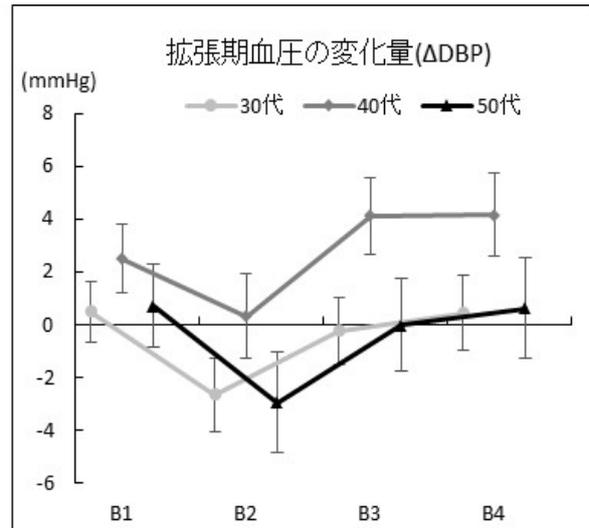
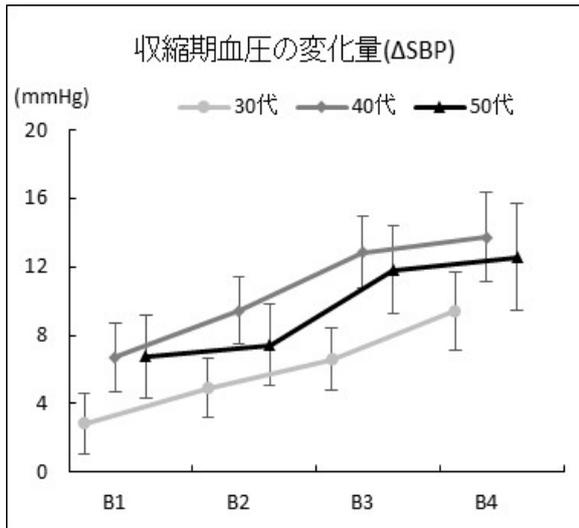


図3 安静時正常血圧者の異なる年代別の血行動態反応

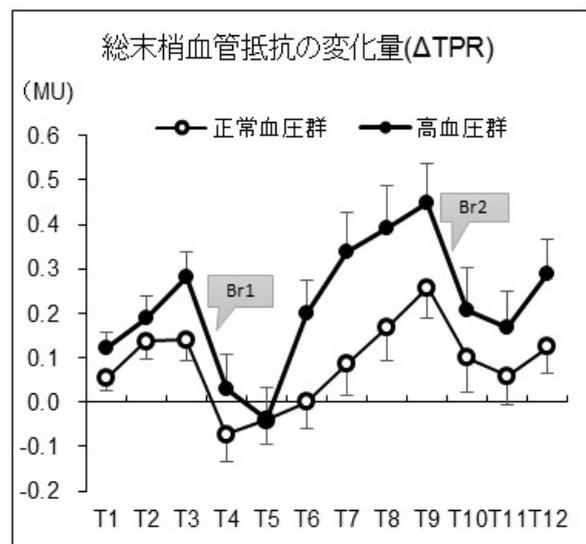
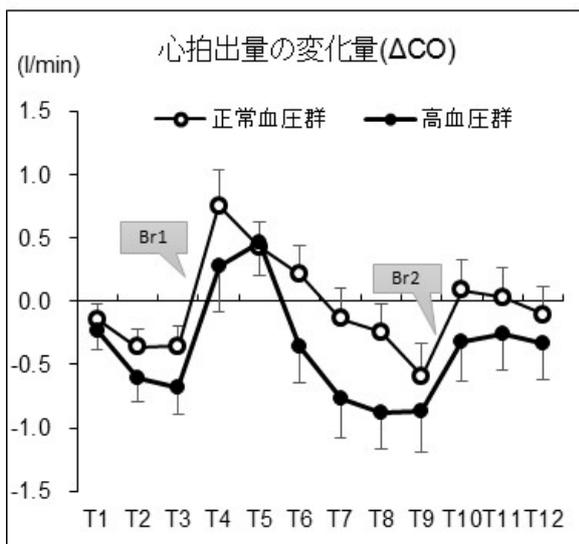
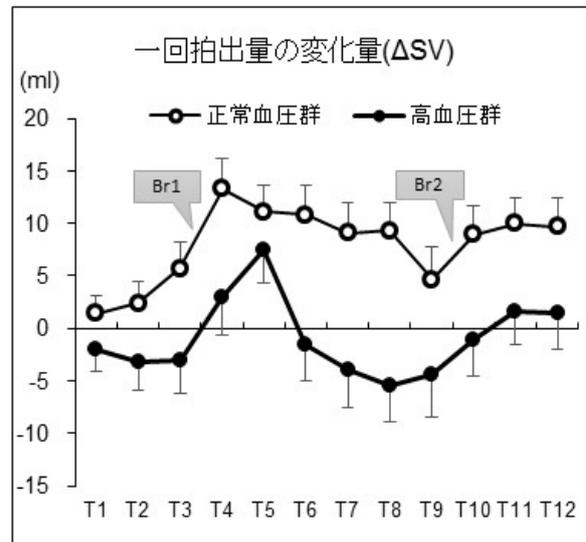
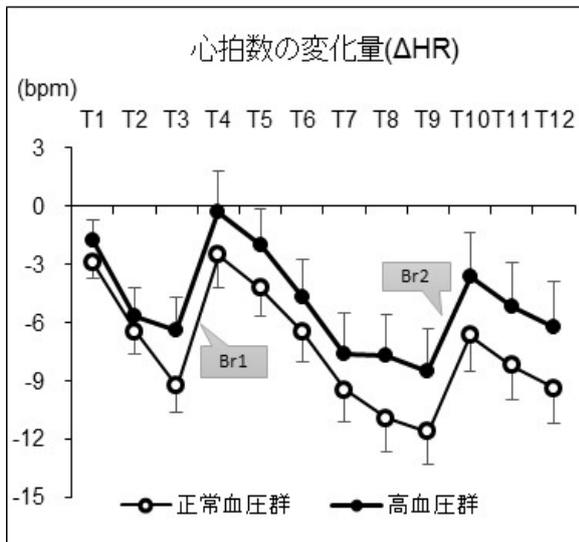
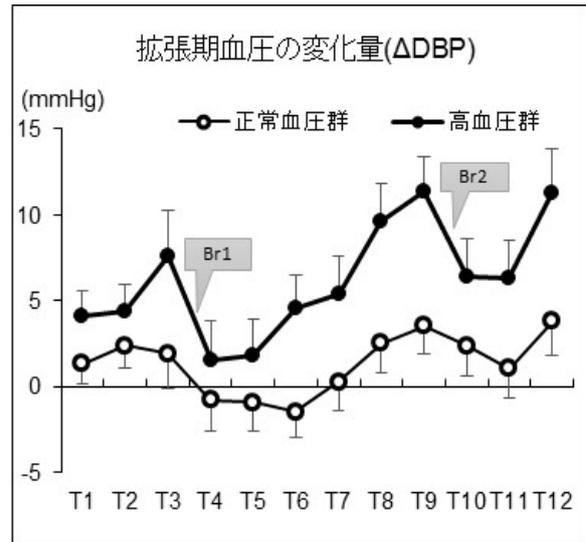
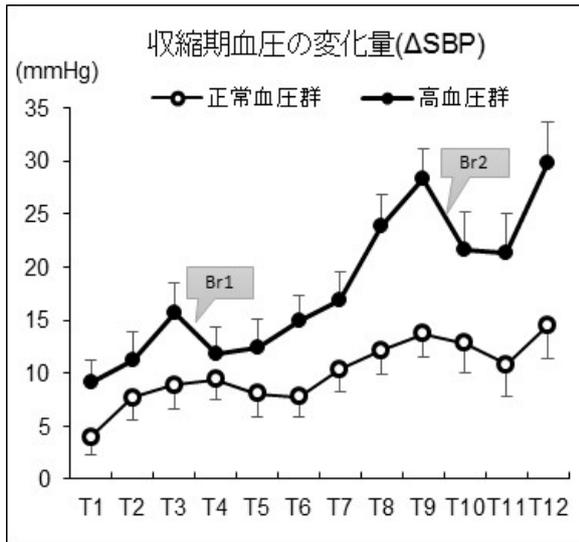


図4 安静時高血圧者の血行動態反応と休憩の影響

## D. 考察

本研究の結果より、作業時間の延長に伴い収縮期血圧が上昇し、特に高血圧者で顕著となることが示された。血圧は概日周期を持ち、そのパターンとしては、夜間に最も低く、覚醒前に上昇し始め、朝から昼にかけて最も高く、日中に緩やかに減少していく。このパターンは正常血圧者と高血圧者で変わらないことが報告されている(Drayer et al., 1985; Koroboki et al., 2012)。本研究において、血圧は特に後半で増加したことから、この血圧上昇は概日周期ではなく、長時間労働によるものであると考えられ、心血管系の負担を増大することが示唆された。さらに、長時間労働は、特に高血圧者で作業中の収縮期血圧を上昇させた。これは、長時間労働下にある労働者、特に高血圧を伴う者に、強い循環器負担が生じる可能性を示唆している。それゆえ、例えば長時間労働を避ける、血圧管理を行う、疲労から回復するための休息時間を確保するなど、労働者、特に高血圧を伴う人に対しては、循環器負担を減らすための対策を行うべきであると考えられる。

長時間労働時の年代別の差は一回拍出量以外が認められなかったが、同年代においても個人差が存在することが示された。先行研究において、心血管系反応には3つの反応パターンが報告されている:(1)心臓反応パターン(主に心臓反応の増大によって血圧が上昇する)、(2)血管反応パターン(主に血管反応の増大によって血圧が上昇する)、(3)心臓・血管混合パターン(心臓と血管両方の反応によって血圧が上昇する)。今後、年代別に加え、これらの血行動態反応のサブグループについても検討する必要がある。

一方、長めの休憩(50~60分)は心血管系の過剰反応を緩和することが認められた。本研究では、休憩中の喫煙及びカフェインを含む飲食を禁止し、食事は脂肪分や刺激の少ないものに限定した。参加者は長めの休憩中に食事を行うことが認められ、休憩中の行動は特に制限しなかった。従って、休憩の効果には食事の影響も含まれていると考えられる。しかし、これらの休憩の効果は作業時間の延長に伴い低下する可能性も示された。

## E. 結論

本研究は、長時間労働は心血管系の負担を増大すること、心血管系反応には年代差や個人差が存在すること、長時間労働による循環器負担は高血圧者の方が大きいことを明らかにした。さらに、心血管系の作業負担を軽減するため、

やむを得ず長時間労働をしなければならない場合は、複数の長めの休憩(50分以上)の確保が望ましいことが示された。今後、心血管系の作業負担の軽減を視野に入れたより具体的な対策を検討する予定である。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 劉 欣欣、池田大樹、小山冬樹、脇坂佳子、高橋正也(2018) 長時間作業時の血行動態反応の個人差. 労働安全衛生研究. Vol.11(1), pp1-4.
- 2) Xinxin Liu, Hiroki Ikeda, Fuyuki Oyama, Keiko Wakisaka, Masaya Takahashi, Kotaro Kayashima (2018) Hemodynamic Responses to Simulated Long Working Hours in Healthy Men: Effects of Longish Breaks. (査読中)
- 3) Hiroki Ikeda, Xinxin Liu, Fuyuki Oyama, Keiko Wakisaka, Masaya Takahashi, Kotaro Kayashima (2018) Comparison of hemodynamic responses between hypertensive and normotensive men under simulated long working hours (査読中)

### 2. 学会発表

- 1) Xinxin Liu, Hiroki Ikeda, Fuyuki Oyama, Keiko Wakisaka, Masaya Takahashi, Kotaro Kayashima (2017) The Influence of Simulated Long Working Hours on Hemodynamic Responses. Asian Conference on Ergonomics and Design 2017, Proceedings of The 2nd Asian Conference on Ergonomics and Design 2017 in 人間工学. 53: 732-733.
- 2) Xinxin Liu, Fuyuki Oyama, Hiroki Ikeda, Keiko Wakisaka, Masaya Takahashi (2017) Hemodynamic Responses to Simulated Long Working Hours in different age groups. The Society for the Study of Human Biology (Joint meeting with the International Association of Physiological Anthropology) 2017, in abstract book. pp50.
- 3) 池田大樹、劉 欣欣、小山冬樹、脇坂佳子、高橋正也(2017) 模擬長時間労働下における正常血圧者と高血圧者の血行動態の比較. 第27回日本産業衛生学会全国協議会. 講演集. pp171.

- 4) 劉 欣欣、池田大樹、小山冬樹、脇坂佳子、高橋正也 (2018) 模擬長時間労働中の休憩が血行動態反応に及ぼす影響. 第 91 回日本産業衛生学会 (採択済み).

#### **H. 知的財産権の出願・登録状況**

なし