

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

振動工具作業者における労働災害防止対策等に関わる研究

平成28年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 大神 明

平成29(2017)年 3月

目 次

I . 総括研究報告	
振動工具取扱い作業者に対する自記式質問紙及びレーザースペックルフローグラフィによる評価との関連性（第1回調査結果報告）	2
大神 明、池上和範、足立弘明、大成圭子、道井聡史、菅野良介、安藤 肇	
II . 分担研究報告	
1 . 振動工具取扱い作業者に対するレーザースペックルフローグラフィによる評価	6
池上和範、道井聡史	
2 . 振動工具の取り扱いによる神経伝導速度への影響	30
足立弘明、大成圭子、池上和範、道井聡史	

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合事業）
総括研究報告書

振動工具作業者における労働災害防止対策等に関する研究

研究代表者 大神 明

産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患予防学 教授

研究要旨

振動工具取扱い者における振動障害の早期スクリーニングに対する NCV 検査の有用性、非侵襲的かつ客観的な測定が簡便といった特徴をもつレーザー血流画像化装置による血流検査の有効性について、調査を3年間に渡って継続し、振動ばく露量と振動障害の病態の相関を解明し、特殊健康診断での早期発見・早期治療に活用することについて検討を行った。

分担研究者

池上和範 産業医科大学・産業生態科学研究所・作業関連疾患予防学 講師

足立弘明 産業医科大学・神経内科学 教授

大成圭子 産業医科大学・神経内科学 講師

研究協力者

道井聡史 産業医科大学・産業生態科学研究所・作業関連疾患予防学

菅野良介 産業医科大学・産業生態科学研究所・作業関連疾患予防学

安藤肇 産業医科大学・産業生態科学研究所・作業関連疾患予防学

A 研究の目的

我が国の振動障害に関する研究では、健常者と振動障害患者を対象とした横断研究や振動障害の診断を受けた患者を対象とした症例対象研究が

主流であり、健常者における振動工具取扱いによる振動ばく露量と末梢循環障害・末梢神経障害の関連を調査した研究は少ない。また、振動工具の取扱い業務に係る特殊健康診断では、爪圧迫検査・指尖振動感覚閾値検査といった検査者の主観や、被験者の検査への協力が必要となる検査が用いられており、客観性や再現性に乏しいのが実情である。

振動障害患者における神経伝導速度(NCV)検査は有用であるが、振動工具を取り扱う健常者については一定の見解が得られていない。振動工具使用者と対照者を対象とした横断調査で NCV が有意に低下した（久永ら 産業医学 1982）ことを報告したのもあれば、振動工具使用者と対照者を対象としたコホート調査で振動ばく露量と NCV に量反応関係は見られなかったこと（Sanden H. J occup med toxic 2010）を報告するものもある。振動工

具取扱い者における振動障害の早期スクリーニングに対するNCV検査の有用性を提供することを調査目的の一つとする。

また、末梢循環障害の評価方法としてマルチチャンネル・プレスチモグラフによる冷却負荷手指血圧(FSBP%)検査の有用性が示されている(振動障害の検査指針検討会：厚生労働省，2006.)。しかし、装置が高価である点や血流再開時のカフ圧の読み取りに技術が要する点から健康診断への導入は進んでいない。今回の調査では非侵襲的かつ客観的な測定が簡便といった特徴をもつレーザー血流画像化装置に着目し装置の妥当性を検証する。

従来、特殊健康診断で使用されている職歴調査票については労働省の通達(昭和50年 基発609号)では取り扱い工具の1日使用時間・機械の状況(名称・馬力・取扱った期間)を被験者自身が記載するようになっているが、振動工具の種類や作業工程の多様化に対応できておらず記載内容から振動ばく露量を予測することは困難である。従来の調査票に加え、1秒間の作業回数や連続作業時間、総延作業時間といった情報を追加することで振動障害の病態に強く関与する因子を見つげ出すこととする。

上記の調査を3年間に渡って継続

し症例を収集し、振動工具取扱いに対する評価とともにNCV等の他覚的検査を併用することで従来不明であった振動ばく露量と振動障害の病態の相関を解明し、特殊健康診断での早期発見・早期治療に活用することを検討する。

B 研究の方法・内容

<対象となる被験者の募集>

糖尿病・高血圧や外傷・整形外科疾患等の末梢神経障害・末梢循環障害を生じさせる基礎疾患がない成人を募り参加者を選定した。募集方法としては、()「産業医科大学病院を受診し、振動工具の取扱いが一定以上ある患者」、()「健康診断を実施する労働衛生機関、或いは製造業など振動工具を取り扱っている事業所の協力のもと特殊健康診断の対象者となりうる労働者」を対象とし合計100名を目標とした。なお、可能な場合は過去に業務上で振動工具を一度も取り扱ったことがない労働者を正常群に割り当て、施設内検査機材の基準値作成も検討した。被験者には事前に本研究の目的や意義について実施者より十分に説明を行い、本研究への参加同意書が得られた者のみをエントリーとした。

<問診票による調査>

被験者に対し、健診機関等で主に使用されている特殊健診の問診票に加え

て、振動工具使用に関する作業状況を詳細に聴取することを想定し、以下の項目に関する質問票を配布し回答頂いた。

職歴；事業所規模、職種、産業保健体制

取り扱い機械の状況：使用している工具の種類・使用年数、振動ばく露時間(連続使用時間・1日合計使用時間等)、保護具使用、作業環境、使用工具の整備状況、

病歴：手指のレイノー現象などの自覚症状についての発症時期や経過を聞く。

生活歴：喫煙歴、飲酒量、趣味(日曜大工での工具取り扱いやオートバイなどの乗用車による振動ばく露の有無)、家族歴

本研究において、各工具における振動ばく露量を自記式質問紙の記載内容より以下のように定義した。

振動ばく露量 $[m/s^2 \cdot h]$ = 周波数補正振動加速度実効値 $[m/s^2]$ × 1日の合計作業時間 $[h]$ × 使用頻度

各年齢で使用した全ての工具類に対して、個人ごとに式1を用いて振動ばく露量を算出した。さらに、その累積量(総和)を生涯振動ばく露量と定義し、解析に使用した。

生涯振動ばく露量 $[m/s^2 \cdot h]$ = (各年齢における使用した全ての工具類の振動ばく露量)

< 理学的所見及び神経学的所見 >

被験者に対し、神経内科医による診察を行い振動障害に関する所見を取り記録した。神経学的な所見としては、具体的に筋力、筋萎縮、深部腱反射、感覚障害、運動失調症状等に関し所見を得た。筋力に関しては徒手筋力テスト0~5段階で評価し、握力も測定した。筋萎縮に関しても部位と程度を記載した。感覚に関しては、異常感覚や冷感の部位、表在感覚(触覚・痛覚)、深部感覚(振動覚・位置覚)を調べた。神経伝導検査は産業医科大学病院内で日本光電社のニューロパック X1を用いて実施した。

検査方法は通常の神経伝導検査に準じ、両側の正中神経及び尺骨神経をそれぞれ運動神経伝導速度と感覚神経伝導速度について神経線維に沿って2箇所以上で皮膚上に電極を設置し電氣的刺激を行い、画面上で活動電位を確認し活動電位の波形の潜時から、それぞれの神経伝導速度を計算した。また、運動神経と感覚神経の活動電位の振幅も測定した。なお、検査時の室温・皮膚温・測定部位については一定の基準を設け、測定誤差を少なくするよう努めた。

<レーザー血流画像化装置による皮膚血流検査>

末梢循環障害の病態を把握するためにレーザー血流画像化装置による皮膚血流検査を実施した。末梢循環機能は検査室温の影響を受けるため、人工気候室を用いて温度・湿度を一定の環境に調整した上で行った。食事時間や飲酒・喫煙後に一定の時間を設ける。

測定回数は季節による変動を考慮して一年間に2回(夏期、冬期)測定することとした。

C 研究結果

1) 対象となる被験者の募集

福岡県内の事業所及び労働衛生機関に調査協力を依頼し、研究への参加同意が得られた成人男性65名を対象とした。対象者を、「取扱い群」(振動工具取扱い作業経験がある成人男性35名:平均年齢 34.9 ± 11.4 歳)と、「対照群」(過去の業務で振動工具を一度も取り扱ったことがない成人男性30名:平均年齢 42.3 ± 11.6 歳)の2群に分けた。

2) 取扱い群の振動工具取扱い作業歴および生涯振動ばく露量

取扱い群の振動工具作業歴について、作業者ごとの使用経験のある工具数(表6)および振動工具ごとの取扱い者数(表7)に示す。被験者35名中、1種類のみ振動工具を取り扱った者

は8名(22.9%)であり、5種類以下の振動工具を使用した者は30名(85.7%)であった。振動工具取扱者が複数の工具を取り扱っている者が多数であった。また取り扱った工具の種類の中で頻出のものはグラインダーとインパクトレンチであった。今回の被験者は生涯振動ばく露量として $20000[m/s^2 \cdot h]$ 以下の者が大半であった。

3) レーザー血流画像化装置(LSFG)による皮膚血流検査による血流変化

LSFGによる皮膚血流検査における結果では、浸水後の最低血流値、5分回復率、10分回復率、10分値の各々に対してStudent's t-testによる比較したところ、最低血流値及び5分回復率、10分回復率は全ての測定領域で取扱い群と対照群の間で有意差を認め、対照群の方が高値を示した。

4) 神経伝導検査

神経伝導検査の結果では、右上肢は尺骨神経 MCV 遠位潜時・正中神経 SCV 伝導速度・尺骨神経 SCV 伝導速度・正中神経 MCV 遠位潜時にて有意差があり、対照群と比較して取扱い群の方が伝導速度低下や遠位潜時遅延を認めた。左上肢は正中神経 SCV 伝導速度・尺骨神経 MCV 伝導速度(肘下-肘上)にて有意差があり、右上肢と同様に取扱い群の伝導速度低下を認めた。

D 考察

LSFG による血流測定では、取扱い群と対照群との減少率の比較ではいずれの指の末節部領域でも冷水浸漬中に有意差を認め、取扱い群の方が対照群より冷水による血流変化が小さいという結果が見られた。冷水浸漬中の減少率が上昇した要因には、取扱い群は振動ばく露により血管収縮の反応性が低下しているため血液量は減少しにくい。LSFG により算出される MBR はあくまで相対値であり個人間の比較ができないため、取扱い群は安静時から手指の血流量の低下を認めており冷水浸漬によるさらなる低下は起こりにくい。取扱い群と対照群の年齢構成や喫煙状況といった基本属性の違いがある、など三つの要因が考えられた。

振動工具曝露群について、生涯振動曝露量と相関がみられた右正中神経 MCV および左正中神経 SCV と、生涯振動曝露量、年齢、喫煙の有無、自覚症状の有無等の項目とで重回帰分析を行ったところ、どちらも年齢の項目で負相関がみられた。NCV は加齢によって低下することが知られており、重回帰分析ではその影響を大きく受けたと考えられた。

E 結論

LSFG を用いた検査と質問紙によ

る評価方法は、予防的観点からその有用性が高いことが示唆された。

振動曝露量による神経伝導速度への影響について弱い負相関傾向が見られた。今後、振動曝露量をより正確に調査し、季節変動、身長、体重、現病歴などの情報を組み合わせることによって、曝露量による振動障害と神経伝導速度・循環障害との精緻な分析が期待できると思われた。

F 健康危険情報

特記事項無し。

G 学会発表

本年度は本研究結果に関わる発表無し。

H 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む。)

本年度は特記事項無し。

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合事業）
分担研究報告書

振動工具作業者における労働災害防止対策等に関わる研究

研究分担者 池上和範

産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患予防学 講師

道井聡史

産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患予防学

研究要旨

振動工具取扱い者における振動障害の早期スクリーニングに対する、非侵襲的かつ客観的な測定が簡便といった特徴をもつレーザー血流画像化装置による血流検査の有効性について、検討を行った。

1. 方法

1.1. 対象および調査方法

福岡県内の事業所及び労働衛生機関に調査協力を依頼し、研究への参加同意が得られた成人男性 65 名を対象とした。対象者を、「取扱い群」（振動工具取扱い作業経験がある成人男性 35 名：平均年齢 34.9 ± 11.4 歳）と、「対照群」（過去の業務で振動工具を一度も取り扱ったことがない成人男性 30 名：平均年齢 42.3 ± 11.6 歳）の 2 群に分けた。

1.2. 調査日時

第 1 回調査は 2016 年 8 月から 11 月まで実施した。

1.3. 質問紙及び面接調査

あらかじめ質問紙を自宅に郵送，調査前に記入し調査日当日に持参するように指示した。持参した質問紙の全設問について，産業医資格を有する医師が確認し，内容の不備や不明点があれば本人に聴取し，記載内容について最終的な確認を実施した。

1.3.1. 対象者の基本属性に関する質問紙（図 1，図 2）

振動障害の診断ガイドライン 2013 の参考資料¹⁾として用いられている二次健診用の自覚症状・業務問診票を用いて自覚症状を尋ねるとともに，氏名，年齢，現病歴，既往歴，飲酒および現在の喫煙状況などの生活習慣，職業歴について調査した。自覚症状の記載において，「レイノー現象」・「冷え」・「しびれ」・「痛み」のいずれかの症状に「あ

る」と記載した被験者を「自覚症状の

訴えあり」と定義した。

1.3 現在までの振動工具の取り扱いに関する質問紙（図3a～3d）

「チェーンソー以外の振動工具の取り扱い業務に係る 振動障害予防対策指針対象工具」²⁾を参考に該当する主な振動工具を抽出した。それらの振動工具の使用歴について「ほぼ毎日,週に3～4回,週に1～2回,月に1～2回,数か月に1回,全くなし」の6段階で頻度を尋ね,さらに使用した場合の1日の連続作業時間及び合計作業時間について各年齢で記載できるよう質問紙を作成し調査した。

1.4. 末梢血流評価

1.4.1. 測定方法

産業医科大学内の人工気候室を用いて室温を 22 ± 1 に設定し,部屋で10分以上安静にさせた後, 15 に調整した水の中に手関節まで浸漬させ5分間の冷水刺激を与えた(15 5分法)³⁾。末梢血流への影響を可能な限り避けるため 検査12時間前以降は禁酒,検査前3時間以降は禁煙,カフェインなどの刺激物の摂取も避けるよう調査前に指示した³⁾。冷水浸漬により気分不良や耐え難い疼痛を認めるなど被験者自身が検査の継続が不可能だと判断した際には即時中止できることを説明した。

我が国では冷水浸漬検査は10 10分法が広く使用されているが,国際的な標準規格 (ISO: International Organization for Standardization) において冷水浸漬検査 (水温・時間) は, 12 ± 0.5 ・5分, 12 ± 0.5 ・2分, 15 ± 0.5 ・5分, 10 ± 0.5 ・10分の4種類の条件から選択することが推奨されている³⁾。水温が低下するほど被験者の苦痛が大きく,検査への忍容性が低くなるため本研究では最も水温が高い条件にて実施した。測定する手指に関しては,「振動障害の検査指針検討会報告書(平成18年3月 厚生労働省)」において「原則として利き手側」を用いており,本研究でも利き手側を測定とした。

各対象者の基準値を算出するために安静後に室温で3回の連続測定を行った。その後は冷水浸漬検査開始のタイミングを0分とし,冷水浸漬中の5分間と冷水浸漬を終了し室温に戻した状態の10分間の計15分間に亘り,1分ごとに4秒間の撮像時間で計15回測定した。測定のプロトコルを図4に示す。手指皮膚血流の測定にはLSFG (ソフトケア社製LSFG-PI-E)を用い,示指,中指,環指全体を含む手掌全体を撮像した。

撮像部位は示指から環指に及ぶ手

掌側全体を含む部位とし、レーザー光はスキャナーヘッド部を測定部位から約30cmの距離で平行になるように固定したうえで、レーザー光があらかじめ設定した手掌部のスキャン領域から外れないようにするために、中指の近位指節間関節にマーキングを付け測定機械から出されるレーザーポインターにより対象物(手指の皮膚表面)と測定機械の距離は一定に保たれるよう調整した(図5および図6)。なお、測定画像はリアルタイムで確認できるため、水面の波紋や手指が動いた場合などにより画像のブレが生じて測定結果への影響が出たと判断した場合には直ちに再測定を行った。

1.4.2. レーザースペックルフローグラフィ(LSFG)について

LSFGとはレーザー血流画像化装置の一つで、微小循環動態を2次元的な画像として可視化できる血流測定装置である。臨床ではすでに眼科領域で網膜血流や中心窩下脈絡膜血流量網膜血流の評価に用いられている。従来の一点型のレーザー血流計では、指の限局されたごく一部の血管における循環動態しか観察できなかったが、この装置は、非侵襲的で頻回測定ができ、また広範囲の血流分布を捉えられるという特徴がある。本研究ではこの点に着目し、どの指にどのような範囲

で障害が及んでいるかを判別することを試みた。

1.5. 解析方法

1.5.1. 生涯振動ばく露量の算定方法

本研究において、各工具における振動ばく露量を自記式質問紙の記載内容より以下のように定義した。

振動ばく露量 $[m/s^2 \cdot h] =$ 周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値 $[m/s^2] \times$ 1日の合計作業時間 $[h] \times$ 使用頻度 \dots (式1)

各年齢で使用した全ての工具類に対して、個人ごとに式1を用いて振動ばく露量を算出した。さらに、その累積量(総和)を生涯振動ばく露量と定義し、解析に使用した。

生涯振動ばく露量 $[m/s^2 \cdot h] =$ (各年齢における使用した全ての工具類の振動ばく露量) \dots (式2)

2009年に厚生労働省より出された「チェーンソー以外の振動工具の取扱い業務に係る振動障害予防対策指針について(基発0710第2号)」では、1日当たりの振動ばく露を制限する考えにより日振動ばく露量 $(A(8)) [m/s^2] = a \times T/8$ が定義されているが、本研究では質問紙より回答される

「1日あたりの使用時間」は、年間の平均的な使用時間である点と、各年齢での正確な使用日数が算出困難なため、日振動ばく露量の概念は使用せずに(式2)により質問紙による観察期間中の累積ばく露量を、「生涯振動ばく露量」として相対的に利用した。式1における周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値は、上記の2009年に厚生労働省指針(基発0710第2号)に準拠しており、各工具メーカーがホームページ上で公開している値から中央値をとり、各工具の換算表を作成した(表1)。

質問紙で用いた頻度に関する表現を、「ほぼ毎日」が1.00となるように週5日、あるいは労働基準法で定めるところの1年単位の变形労働時間制の労働日数の限度である280日を用いて、表2のごとく相対値化をおこなった。

1.5.2. 末梢血流の評価方法

血流測定後は専用の解析ソフト(LSFG Analyzer ver.3)を用いて、各指のから遠位の皮膚面(末節部領域とする)および各指全体の皮膚面(全体部領域とする)を選択し(図7)、選択範囲内の各測定点の値を平均した血流パラメータを算出した。

LSFGで得られた血流パラメータはMean Blur Rate(MBR)として単

位の相対値として表示され、個人間比較は難しいとされている^{12,13}ため、安静後に3回連続で測定した結果の平均値を基準値とし、基準値からの減少割合を下記のように減少率(%)として求め、個人間の評価として使用した。

基準値 = 10分安静直後に3回連続で測定したMBR値の平均値・・・

(式3)

減少率(%) = {(各測定時におけるMBR値 ÷ 基準値) - 1} × 100・・・

(式4)

1.5.3. 統計学的解析

MBRの減少率を従属変数、取扱い群・対照群を独立変数とし、計15分間の各測定点において反復測定分散分析を用いて評価した。また、血流変化と振動工具の取扱いの関係を調べるために、冷水漬浸負荷中に最も低い値を示したMBRを「最低値」とし、以下の4項目を算出した。各々で差の検定をStudent's t-testを用いて行った。

最低血流値(%) = {(最低値 ÷ 基準値) - 1} × 100・・・(式5)

5分回復率(%) = (室温5分のMBR値 ÷ 最低値) × 100・・・(式6)

10分回復率(%) = (室温10分のMBR値 ÷ 最低値) × 100・・・(式7)

10分値(%) = $\{(\text{室温 10 分の MBR 値} \div \text{基準値}) - 1\} \times 100 \dots$
(式 8)

また、最低血流値(%), 5分回復率(%), 10分回復率(%), 10分値(%)を従属変数とし、生涯振動ばく露量, 年齢, 喫煙状況, 自覚症状の有無を独立変数とした重回帰分析を行った。解析ソフトには IBM SPSS statistics ver23.0 を用いた。

1.6. 倫理的配慮

本研究は第2章における神経伝達速度の調査も含め産業医科大学倫理委員会の承認を得ており(H28-036号), 個人情報の取扱いおよび保管には万全の配慮を行った。参加の意志を表明した被験者に本研究の説明文書を送付し、事前に趣旨を説明した上で同意書を得た。

2. 結果

2.1. 対象者の属性

年齢, 現在の喫煙状況, 自覚症状の有無といった本研究の基本属性を表3~表5に示す。年齢に対しては Student's t-test, 喫煙状況と自覚症状の有無に関してカイ二乗検定を行った結果, 年齢と喫煙割合に有意差を認め, 対照群に比べ取扱い群は年齢が低く, 喫煙割合が高かった。自覚症状の有無は有意差を認めないものの, 取扱い群の自覚症状が多い傾向であった。

2.2. 取扱い群の振動工具取扱い作業歴および生涯振動ばく露量

取扱い群の振動工具作業歴について, 作業者ごとの使用経験のある工具数(表6)および振動工具ごとの取扱い者数(表7)に示す。被験者35名中, 1種類のみ振動工具を取り扱った者は8名(22.9%)であり, 5種類以下の振動工具を使用した者は30名(85.7%)であった。振動工具取扱者が複数の工具を取り扱っている者が多数であった。また取り扱った工具の種類の中で頻出のものはグラインダーとインパクトレンチであった。

また, 生涯振動ばく露量の分布を図8に示す。今回の被験者は生涯振動ばく露量として $20000[m/s^2 \cdot h]$ 以下の者が大半であった。

2.3. 血流速度の減少率の比較

2.3.1. 取扱い群と対照群の血流速度の減少率の比較

各測定領域における冷水浸漬検査中及び検査後の血流速度の減少率の推移を図9～14に示す。

群間での血流速度の減少率の推移を確認するために反復測定分散分析を行った。Mauchlyの球面性検定の結果でいずれも有意差を認めため、Greenhouse-Geisser法によって補正し有意確率を求めたところ、いずれの測定領域でも取扱い群と対照群の減少率の推移に有意差を認めた(表8)。

取扱い群と対照群の減少率を比較するためにStudent's t-testを行った(表9～表14)。末節部領域では水中1～5分、全体部領域では、示指と中指の水中1分、水中3分、室温6分、室温9分、環指では水中1分、水中3分、室温6分で減少率に有意差を認めた。

取扱い群において、室温6分値に減少率が一過性に低下している所見を認めた。

2.3.2. 現在取扱い使用者と過去取扱い使用者との血流速度の減少率の比較

振動工具の使用歴があるが現在使用していない過去使用者は、今回の調査では3名のみと非常に少なく、統計

学的な比較を行うことが難しいため、現在使用者の平均変化量およびその標準偏差と、過去使用者の個別データを比較検討した。示指末節部領域における血流速度の減少率を比較した結果を表15に示す。過去使用者は、全て現在使用者の平均値 $\pm 2SD$ 内にあり、本研究において両群間の血流変化の相違は見られなかった。

2.4. 血流変化の評価項目の比較

最低血流値、5分回復率、10分回復率、10分値の各々に対してStudent's t-testによる比較結果を示す(表16)。最低血流値及び5分回復率、10分回復率は全ての測定領域で取扱い群と対照群の間で有意差を認め、対照群の方が高値を示した。

2.5. 生涯振動ばく露量と血流変化の評価項目の比較

生涯振動ばく露量、年齢、現在の喫煙状況、自覚症状の有無を独立変数とし血流変化の評価項目を従属変数とした重回帰分析を行った。ステップワイズ法では独立変数が採択されない場合を認めたため、強制投入法での分析結果を表17～19に示す。

生涯振動ばく露量が全ての測定領域で5分回復率に負のt値を示しており、生涯振動ばく露量が減少するほど5分回復率が上昇するという負の相関

があった。それぞれの測定領域で生涯振動ばく露量の標準偏回帰係数()を比較したが、いずれも-0.3前後の値を示しており回復率の違いは認められなかった。

年齢は環指末節部領域において負のt値を認め、加齢に伴い10分値の血流速度が低下する傾向があった。自覚症状の有無は示指末節部領域および環指全体領域・環指末節部領域において10分回復率に負のt値を認めた。

現在の喫煙状況はいずれの測定領域でも有意差を認めなかった。

3. 考察

3.1. 取扱い群の振動工具取扱い作業歴および生涯振動ばく露量

取扱い群の70%以上が複数の振動工具を使用しており、その中でも5種類以上の振動工具を使用した経験がある作業者が40.7%を示した。また、本研究ではグラインダーやインパクトレンチといった片手で保持する工具の使用経験がある人数が90%以上を占めた。先行研究では、大型工具使用者を対象としている研究が多く短期間のうちに振動障害の発症が認められる傾向であった^{14,15}が、本調査では大型工具使用者よりも小型工具使用者の割合が多いため、症状出現に至るまでの期間が長期間に及ぶ可能性も考えられる。

生涯振動ばく露量については、数値にして20000 [m/s² · h] 未満以下の者が大半を占め、高頻度短期間ばく露型というより低頻度長期間ばく露型の傾向が覗えた。このことは今後、研究を進めていく過程で調査分析方法を再考する必要がある。

3.2. 取扱い群と対照群の末梢血流評価の比較

末梢血流速度は冷水浸漬により著しく低下し、室温に戻すと急速に回復し、ほぼ5分でプラトーに達していたという結果が得られた。このような傾向は、従来の冷水浸漬法である5 10分法や10 10分法による冷水浸漬検査を用いて得られる手指皮膚温と同様であり、今回採用した15 5分法の妥当性を示したと思われる。なお、取扱い群において、室温6分値に減少率が一過性に低下している所見を認めた。明らかな機序は不明であるが、手指が冷却状態から室温に戻る過程で一時的に血管の攣縮を起し血流速度の減少率が悪化する可能性が示唆される。

レイノー現象でも皮膚温の低下とともに血液量減少による皮膚の蒼白化を認めること¹⁷から、従来の検査と合わせて本法を血流評価として利用できる可能性が考えられる。また、LSFGでは冷水浸漬中でもリアルタ

イムでの血流測定が実施できるため、しびれや痛みなどの自覚症状の出現を認めた際にはその経過に至るまでの詳細な血流変化も評価できると考えられる。

本研究では、取扱い群と対照群との減少率の比較ではいずれの指の末節部領域でも冷水浸漬中に有意差を認め、取扱い群の方が対照群より冷水による血流変化が小さいという結果が見られた。冷水浸漬中の減少率が上昇した要因には、取扱い群は振動ばく露により血管収縮の反応性が低下しているため血液量は減少しにくい。LSFGにより算出されるMBRはあくまで相対値であり個人間の比較ができないため、取扱い群は安静時から手指の血流量の低下を認めており冷水浸漬によるさらなる低下は起こりにくい。取扱い群と対照群の年齢構成や喫煙状況といった基本属性の違いがある、など三つの要因が考えられる。

取扱い群中における現在の振動工具使用歴により過去使用者と現在使用者を比較したところ、血流変化の相違は見られなかった。今後も調査を継続していく中で、調査時点で振動工具の使用をしていない過去使用者が増えていくことが予想されるので適宜解析を加えていくこととする。

3.3. 生涯振動ばく露量と末梢血流評

価の比較

重回帰分析の結果から全ての測定領域で生涯振動ばく露量が5分回復率と有意差をもって負の相関を示したことから、累積した振動工具の取扱い量により手指の血流の回復率が減少する可能性が示唆された。示指末節部以外の測定領域でも10分回復率が生涯振動ばく露量と負の相関を示していることから、累積した振動ばく露量が血流回復の減少に繋がると考えられた。

10分回復率は生涯振動ばく露量の増加と自覚症状の存在により低下しており、自覚症状の存在は示指末節部領域および環指全体部領域・環指末節部領域における10分回復率に負の相関を認めた。環指末節部領域では、その他の独立変数は採択されていないため、年齢による影響のみを評価できると考えられた。

喫煙は末梢の循環動態に影響することは知られている。調査第1回目の結果では現在の喫煙の有無はいずれの末梢血流評価でも多変量解析上有意差を認めなかった。被験者は検査前3時間以降の喫煙を禁止しており、喫煙による影響があるとすれば、急性影響というよりも喫煙習慣による慢性影響の要因が大きいと予想された。しかしながら、喫煙の本研究結果への介入効果は小さいと思われた。

以上より LSFG を用いた検査と質問紙による評価方法は、予防的観点からその有用性が高いことが示唆された。

3.4. 今後の展望

今後の調査において振動ばく露量をより正確に調査するには、客観的な生涯振動ばく露量情報を収集することが不可欠と思われる。また、LSFG で出力される血流量は相対値であり、絶対値ではないため個人間血流量を比較することが困難であるため、LSFG 以外の測定機器で安静時の血流を評価し、それらの結果と LSFG の結果を組み合わせることで個人間比較が可能になるのではないかと考えられる。今後の調査では血圧・血糖値・脂質などの生化学的検査も含めた健康診断結果の取得に努める予定とする。

本研究は、今後も同一対象者を一定期間に渡って調査する予定である。上述の点を解踏まえ、不足している検査情報を引き続き収集し、振動工具によ

る急性影響や健康診断結果の把握など調査項目を追加することで新たな知見の発見に繋げていきたい。

参考文献

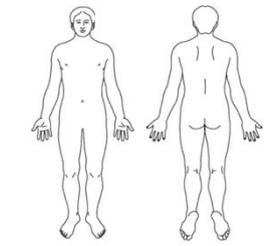
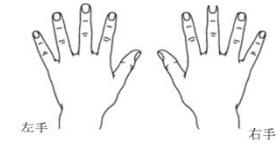
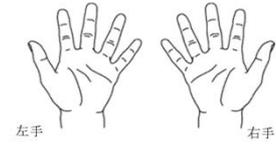
1. 日本産業衛生学会振動障害研究会. 振動障害の診断ガイドライン 2013. 2013
2. 労働基準局. チェーンソー以外の振動工具の取扱い業務に係る振動障害予防対策指針について. 平成 21 年 7 月 10 日 基発 0710 第 2 号. 2009
3. ISO. Mechanical vibration and shock –Cold provocation tests for the assessment of peripheral vascular function –Part 1: Measurement and evaluation of finger skin temperature. ISO 14835-1:201. 2016

体の症状についてお聞きします

記載日: _____ 年 月 日 名前: _____

1 レイノー現象(指先が発作的に白くなる現象:下の写真)→
 手指、手、前腕に関して以下の症状がある場合に○をつけ、右図の該当部位に  をぬって下さい。

上肢自覚症状	有無 ※なしの場合、右は記入不要	発現部位	左 右 両 ※:両とは両方に症状がある場合	発現頻度 ※季節変動ある場合には一番多い時期で記入	発現季節 ※あてはまる季節を○で囲む
1. レイノー現象 ※指先が発作的に真っ白くなる現象	ある	親指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		人差し指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		中指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
	なし	薬指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		小指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		その他	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年



2 冷え→
 手指、手、前腕に関して以下の症状がある場合に○をつけ、右図の該当部位に  をぬって下さい。

上肢自覚症状	有無 ※なしの場合、右は記入不要	発現部位	左 右 両 ※:両とは両方に症状がある場合	発現頻度 ※季節変動ある場合には一番多い時期で記入	発現季節 ※あてはまる季節を○で囲む
2. 冷え	ある	親指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		人差し指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		中指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		薬指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		小指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
	なし	手掌 手背	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		前腕	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		その他	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年

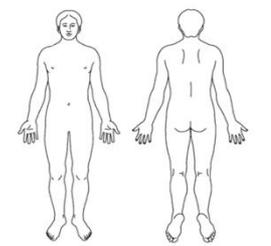
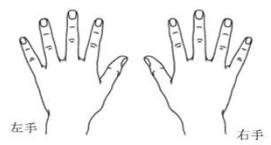
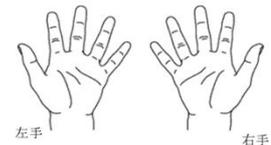
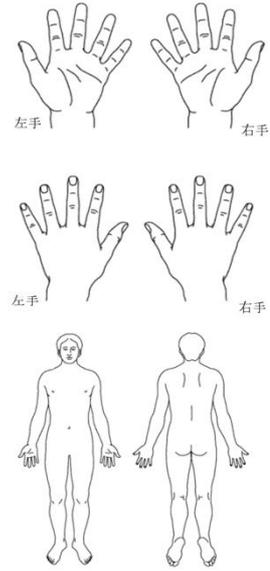


図 1 . 対象者の基本属性に関する質問紙

3. しびれ(じんじんする・感じがにぶい)→
 手指、手、前腕に関して以下の症状がある場合に○をつけ、右図の該当部位に  をぬって下さい。

上肢自覚症状	有無 ※なし の場合、 右は記 入不要	発現部位	左 右 両 ※：両とは 両方に症状 がある場合	発現頻度 ※季節変動ある場合 には一番多い時期で 記入	発現季節 ※あてはまる季節を○で 囲む
3. しびれ (じんじんする・感じ がにぶい)	ある	親指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		人差し指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		中指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		薬指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		小指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		手掌 手背	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		前腕	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		その他	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
	なし				



4. 痛み(自発痛=運動痛)→
 手指、手、前腕に関して以下の症状がある場合に○をつけ、右図の該当部位に  をぬって下さい。

上肢自覚症状	有無 ※なし の場合、 右は記 入不要	発現部位	左 右 両 ※：両とは 両方に症状 がある場合	発現頻度 ※季節変動ある場合 には一番多い時期で 記入	発現季節 ※あてはまる季節を○で 囲む
4. 痛み (自発痛・運動痛)	ある	親指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		人差し指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		中指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		薬指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		小指	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		手掌 手背	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		前腕	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		手関節	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		肘関節	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
		その他	左 右 両	たまに 時々 毎日	春・夏・秋・冬・通年
	なし				

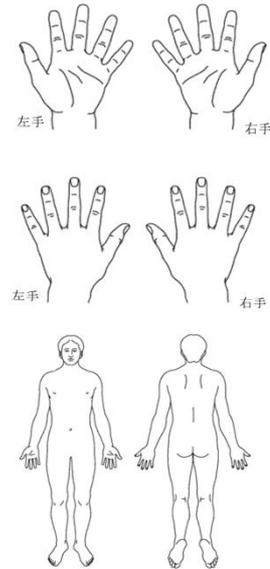


図 2 . 対象者の基本属性に関する質問紙

記載日 _____ 年 _____ 月 _____ 日

名前： _____ . 年齢 _____ 歳

問診票

■ご自身の仕事内容についてお尋ねします。

(あてはまるものに☑を入れて下さい。カッコおよび表内は直接記入して下さい)

Q1. 今までに業務中に振動工具を使用したことがありますか？

はい

いいえ

Q2. 今までに長期間(少なくとも一ヶ月以上)に渡って使用したことがある振動工具について以下より全てを選択してください。

ピストン内蔵工具 → ①削岩機 ②コンクリートブレイカー ③ピックハンマー

エンジン内蔵工具 → ④チェーンソー ⑤エンジンカッター ⑥刈払機

振動体内蔵工具 → ⑦タイタンパー ⑧コンクリートパイプレータ

締め付け工具 → ⑨インパクトレンチ ⑩エアドライバー

回転工具 → ⑪グラインダー ⑫ディスクサンダー

往復動工具 → ⑬パイプレーションシャワー ⑭ジグソー

上記以外の工具類 → ()

図 3 a . 現在までの振動工具の取り扱いに関する質問紙

【振動工具の写真(一例)】

①削岩機



②コンクリートブレーカー



③ピックハンマー



④チェーンソー



⑤エンジンカッター



⑥刈払機



⑦タイタンパー



⑧コンクリートバイブレータ



図 3b . 現在までの振動工具の取り扱いに関する質問紙

⑨インパクトレンチ



⑩エアドライバー



⑪グラインダー



⑫ディスクサンダー



⑬パイプレーションシャー



⑭ジグソー



図 3c . 現在までの振動工具の取り扱いに関する質問紙

Q3. 使用した経験がある振動工具についてそれぞれの作業の頻度・作業時間を記載してください。

使用工具： _____ (Q2の番号を記入することも可)

頻度	20歳	30歳	40歳	50歳	60歳
ほぼ毎日					
週に3~4回					
週に1~2回					
月に1~2回					
数ヶ月に1回					
全くなし					

1回当たりの連続作業時間	20歳	30歳	40歳	50歳	60歳
180分(3時間)					
150分(2.5時間)					
120分(2時間)					
90分(1.5時間)					
60分(1時間)					
30分					
0					

1日の合計作業時間	20歳	30歳	40歳	50歳	60歳
480分(8時間)					
420分(7時間)					
360分(6時間)					
300分(5時間)					
240分(4時間)					
180分(3時間)					
120分(2時間)					
60分(1時間)					
0					

- ・塗りつぶすように作業時間を記入してください。→<右の例>
- ・使用した工具の種類が多く、すべてを描き切れなかった場合は当日の調査時に追加の紙を用意しておきますのでご利用下さい。

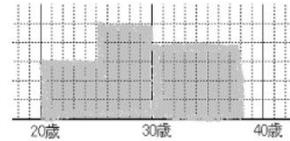


図 3d . 現在までの振動工具の取り扱いに関する質問紙

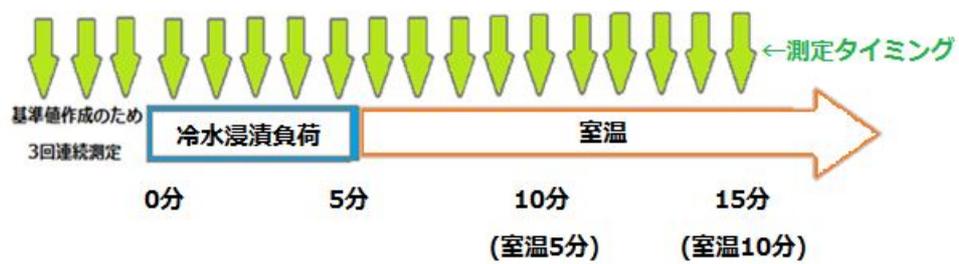


図4．測定のプロトコール



図5．末梢血流の測定風景（室温時）



図 6 . 末梢血流の測定風景 (冷水浸漬検査時)

表 1 . 各工具の周波数補正振動加速度実効値 3 軸合成値の換算値

工具名	データ数	数値の範囲 [m/s ²]	中央値 [m/s ²]
削岩機	8	10.2-37.0	18.3
コンクリートブレイカ - ブレイカーコンプレッサー	8	5.8-16.7	13.6
ピックハンマー	7	6.6-15.5	8.0
チェンソー	44	3.0-9.8	4.7
エンジンカッター	5	2.5-13.8	7.9
刈払機	37	2.5-6.9	4.4
タイタンパー	3	8.68-31.68	9.1
コンクリートバイブレータ	10	2.5-7.1	2.5
インパクトレンチ	17	6.0-17.5	11.0
エアドライバ	6	0.4-15.7	2.5
グラインダー、研磨機	4	2.5-7.0	4.0
ディスクサンダー	33	2.5-7.0	3.0
バイブレーションシャー	8	6.5-18.5	10.8
ジグソー	17	5.0-10.5	7.0
振動ドリル	25	6.5-23.5	10.0
スーパーケレン	5	17.0-81.0	50.0
セーバーソー	5	8.8-21.0	18.5

表 2 . 使用頻度の換算値

頻度	日数	換算値
ほぼ毎日	1週間のうち5日間使用	1.0
週に3-4回	1週間のうち3日間使用	0.6
週に1-2回	1週間のうち3日間使用	0.2
月に1-2回	1年間のうち12日間使用	0.04
数か月に1回	1年間のうち4日間使用	0.01
全くなし	使用日数なし	0.0

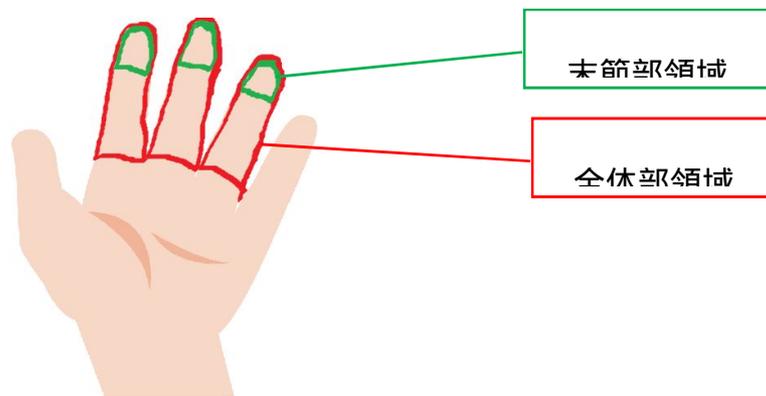


図7. 末梢血流の評価範囲

表 3 . 取扱い群と対照群の年齢について

	取扱い群 (n=35) Mean ± SD	対照群 (n=30) Mean ± SD	p 値
年齢(歳)	34.9±11.4	42.4±11.6	0.01

表 4 . 取扱い群と対照群の喫煙状況について

		取扱い群 (n=35)	対照群 (n=30)	p 値
現在喫煙中	観測者数	19	7	0.011
	期待度数	14.0	12.0	
	調整済み残差	2.539	-2.539	
喫煙歴なし あるいは 禁煙中	観測者数	16	23	
	期待度数	21.0	18.0	
	調整済み残差	-2.539	2.539	

表 5 . 取扱い群と対照群の自覚症状の有無について

		取扱い群 (n=35)	対照群 (n=30)	p 値
自覚症状あり	観測者数	10	3	0.062
	期待度数	7.0	6.0	
自覚症状なし	観測者数	25	27	
	期待度数	28.0	24.0	

表 6 . 取扱い群の使用経験のある工具数

使用経験のある工具数	人数
1	8
2	5
3	6
4	5
5	6
6	0
7	2
8	1
9	2

表 7 . 振動工具ごとの取扱い者数

工具名	経験人数
グラインダー	29
インパクトレンチ	22
ピックハンマー	14
コンクリートブレーカー	10
コンクリートバイブレータ	9
ケレン	8
刈払機	6
ディスクサンダー	6
エアドライバー	5
チェーンソー	4
エンジンカッター	4
削岩機	3
ジグソー	3
バイブレーションシャー	1
セーバーソー	1
ブレーカーコンプレッサー	1
タイタンパー	0

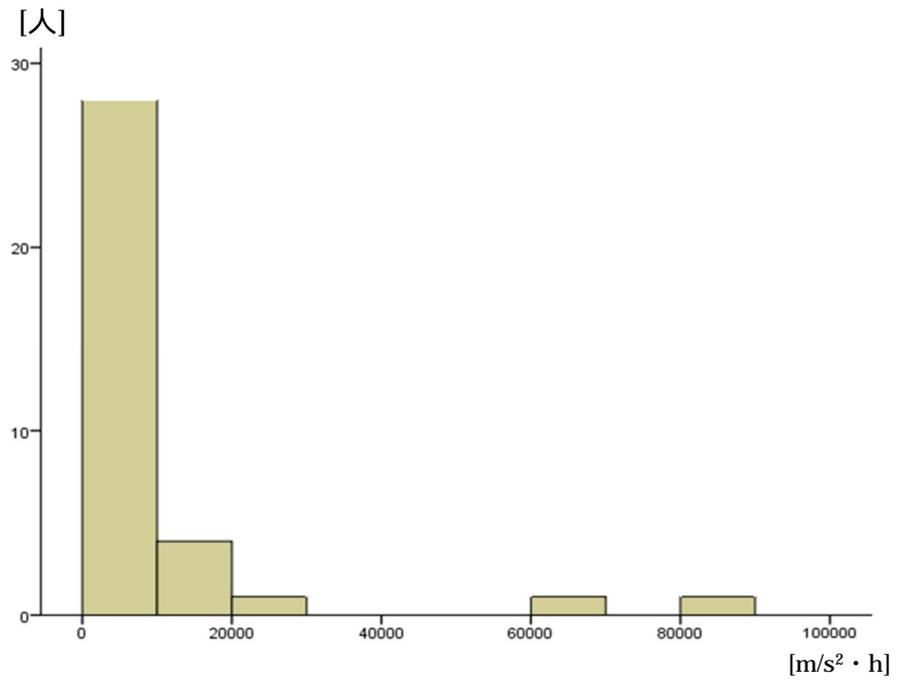


図 8 . 生涯振動ばく露量の分布

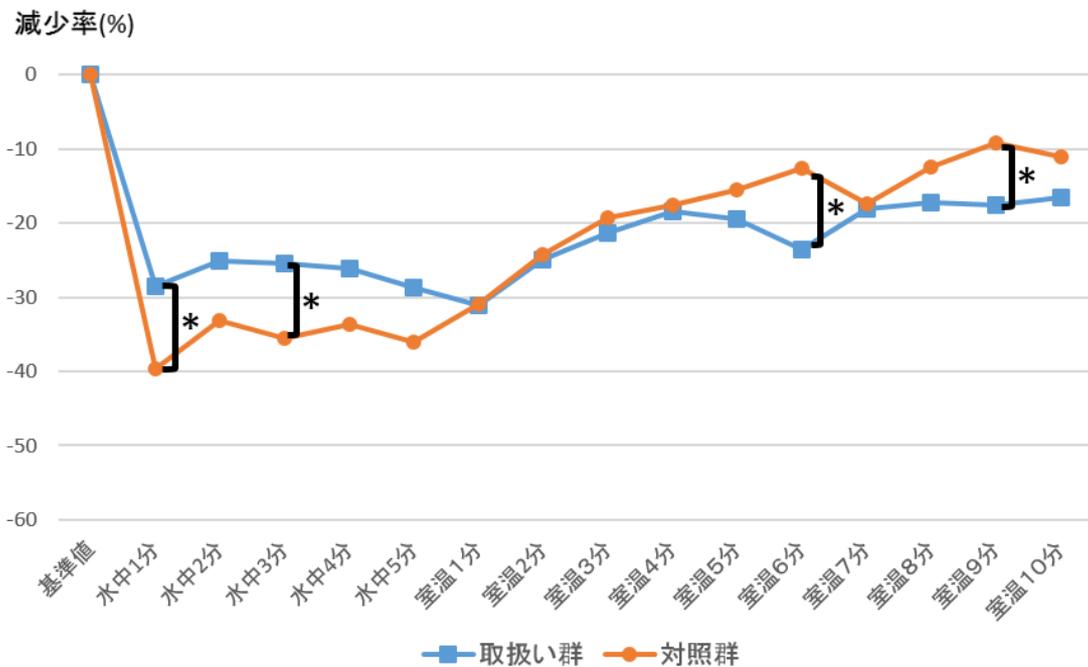


図9．示指全体部領域における血流速度の減少率の推移 * $p < 0.05$

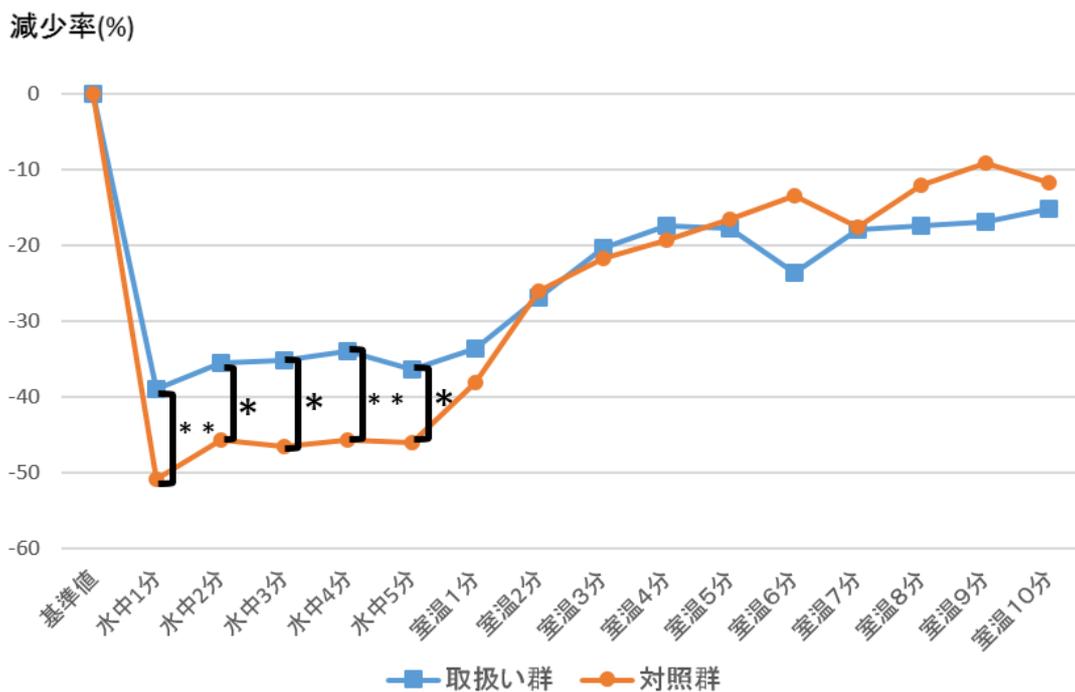


図10．示指末節部領域における血流速度の減少率の推移 * $p < 0.05$,
** $p < 0.01$

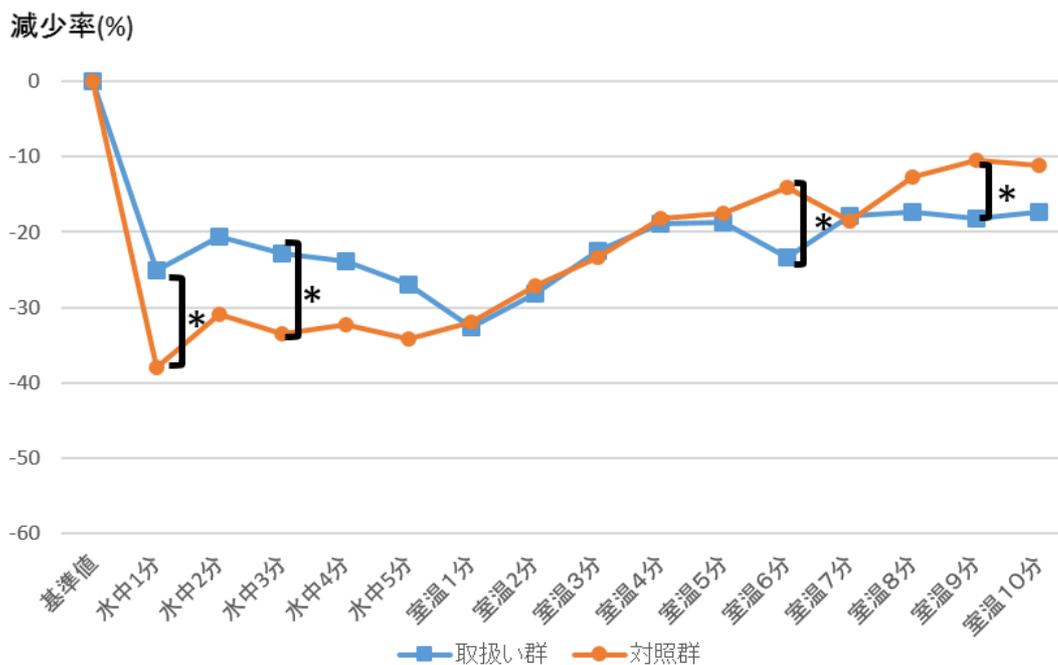


図 11 . 中指全体部領域における血流速度の減少率の推移 * $p < 0.05$

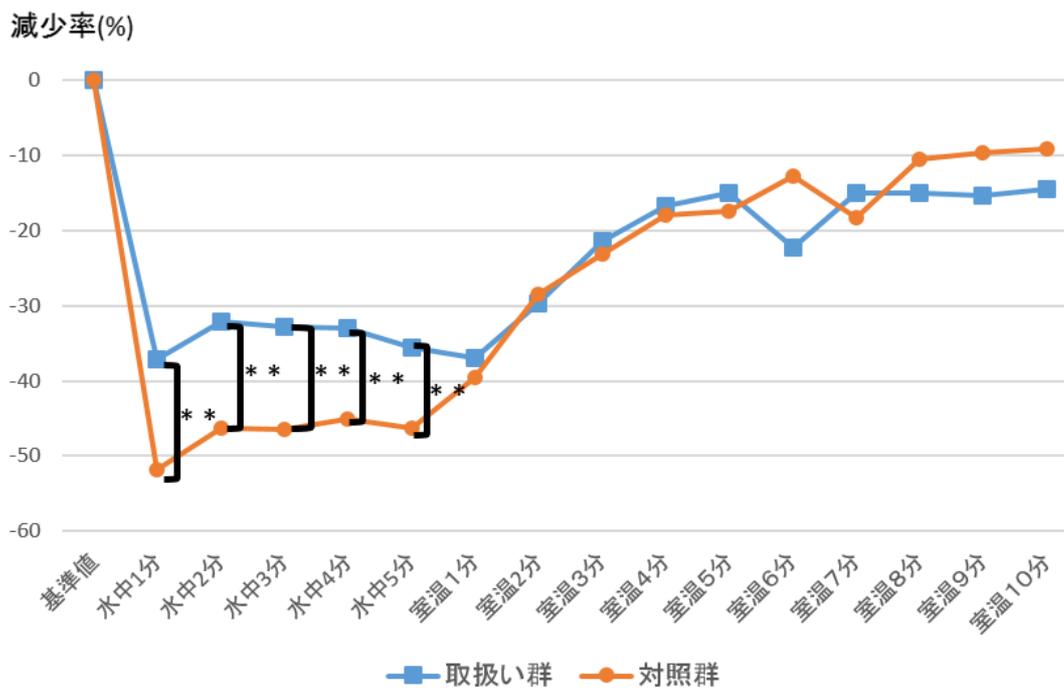


図 12 . 中指末節部領域における血流速度の減少率の推移 ** $p < 0.01$

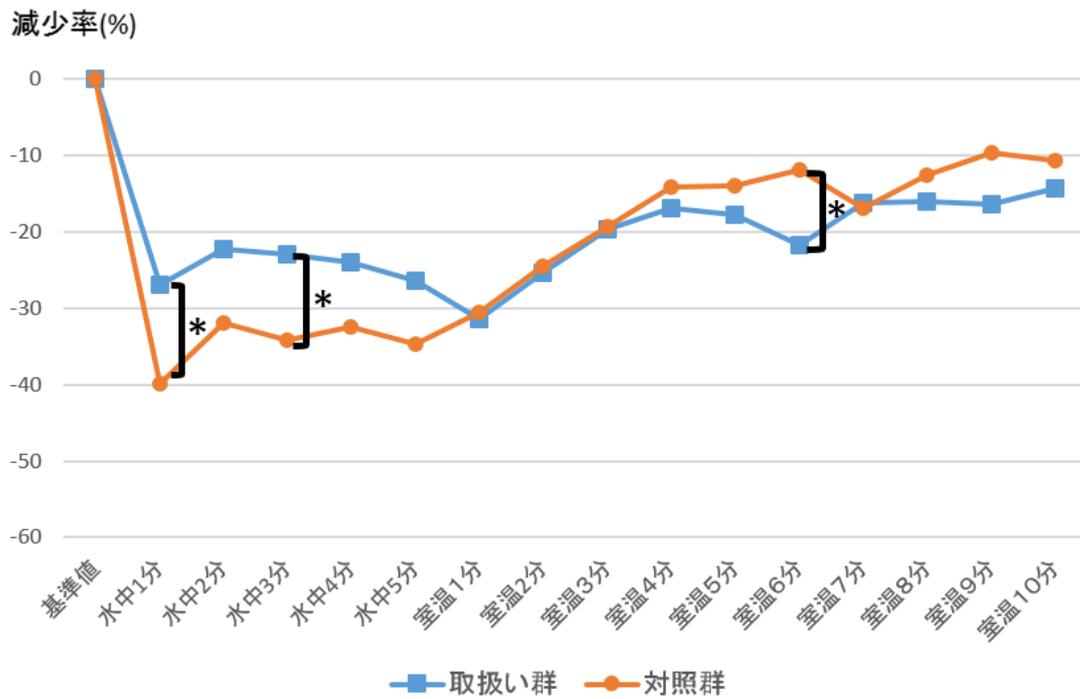


図 13．環指全体部領域における血流速度の減少率の推移 * $p < 0.05$

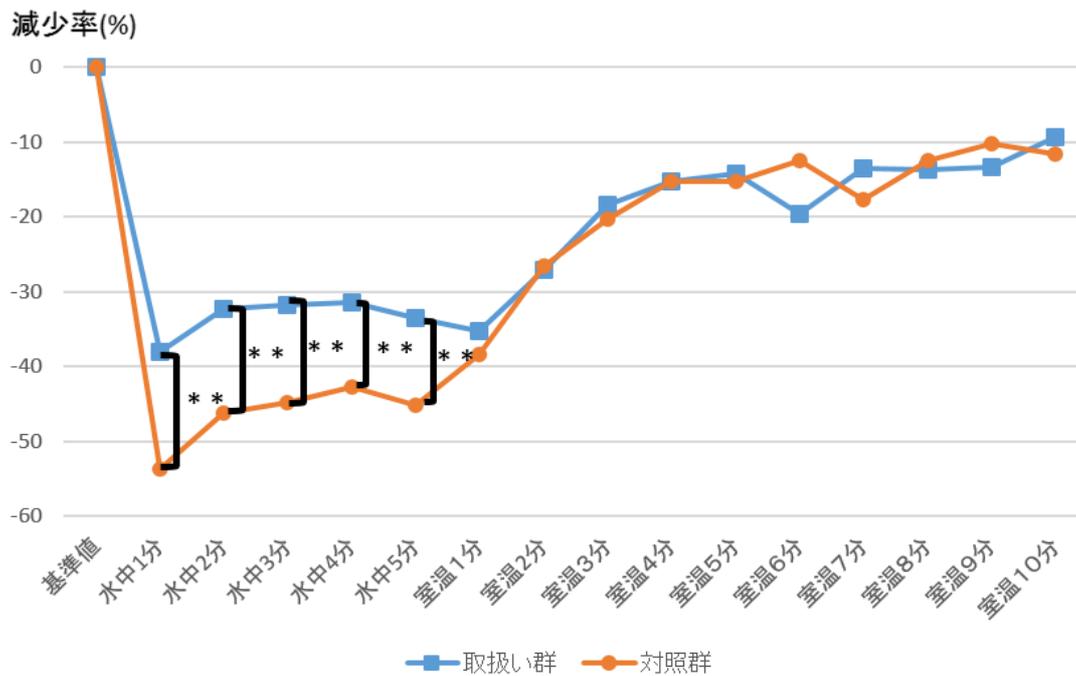


図 14．環指末節部領域における血流速度の減少率の推移 ** $p < 0.01$

表 8 . 反復測定分散分析の結果

測定部位	タイプ	平方和	df	平均平方	F	有意確率
示指全体部領域	測定タイミング	50319.19	3.56	14120.70	20.05	.000
	測定タイミング * 振動工具取扱い	10667.06	3.56	2993.42	4.25	.004
	誤差(測定タイミング)	158073.82	224.50	704.11		
示指末節部領域	測定タイミング	132333.17	3.72	35612.30	47.32	.000
	測定タイミング * 振動工具取扱い	12394.85	3.72	3335.59	4.43	.002
	誤差(測定タイミング)	176195.13	234.10	752.64		
中指全体部領域	測定タイミング	38468.93	3.11	12381.29	14.01	.000
	測定タイミング * 振動工具取扱い	11412.49	3.11	3673.13	4.16	.006
	誤差(測定タイミング)	172956.27	195.74	883.59		
中指末節部領域	測定タイミング	139297.51	3.41	40908.02	47.65	.000
	測定タイミング * 振動工具取扱い	14504.21	3.41	4259.51	4.96	.001
	誤差(測定タイミング)	184160.32	214.52	858.46		
環指全体部領域	測定タイミング	50111.42	3.48	14397.75	17.63	.000
	測定タイミング * 振動工具取扱い	11212.38	3.48	3221.48	3.94	.006
	誤差(測定タイミング)	179074.74	219.27	816.68		
環指末節部領域	測定タイミング	144548.34	4.25	33973.90	42.80	.000
	測定タイミング * 振動工具取扱い	11075.22	4.25	2603.06	3.28	.010
	誤差(測定タイミング)	212753.28	268.05	793.72		

表 9 . 示指全体部領域における取扱い群と対照群の減少率の比較

測定タイミング	振動工具の取り扱い区分				p値
	取扱い群 (n=35)		対照群 (n=30)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
水中1分	-28.6	27.0	-39.7	14.1	0.04
水中2分	-25.1	26.2	-33.2	16.2	0.15
水中3分	-25.4	24.3	-35.5	13.1	0.04
水中4分	-26.2	20.1	-33.7	12.1	0.07
水中5分	-28.7	18.6	-36.1	14.2	0.08
室温1分	-31.1	15.7	-31.0	14.2	0.98
室温2分	-25.0	17.5	-24.3	17.1	0.87
室温3分	-21.3	17.9	-19.3	18.8	0.66
室温4分	-18.4	18.1	-17.5	16.5	0.83
室温5分	-19.4	14.9	-15.6	17.6	0.34
室温6分	-23.5	15.4	-12.6	18.1	0.01
室温7分	-18.0	15.0	-17.3	15.9	0.86
室温8分	-17.2	14.7	-12.5	14.6	0.20
室温9分	-17.6	14.9	-9.2	16.2	0.03
室温10分	-16.5	17.3	-11.1	16.1	0.20

表 10 . 示指末節部領域における取扱い群と対照群の減少率の比較

測定タイミング	振動工具の取り扱い区分				p値
	取扱い群 (n=35)		対照群 (n=30)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
水中1分	-39.0	21.4	-50.9	11.7	<0.01
水中2分	-35.6	21.9	-45.8	12.1	0.02
水中3分	-35.2	23.1	-46.6	11.0	0.01
水中4分	-33.9	20.2	-45.8	8.6	<0.01
水中5分	-36.5	18.3	-46.1	11.5	0.01
室温1分	-33.6	20.6	-38.1	14.2	0.30
室温2分	-26.9	19.9	-26.0	20.9	0.86
室温3分	-20.3	21.8	-21.8	20.7	0.78
室温4分	-17.4	23.1	-19.4	19.7	0.72
室温5分	-17.8	20.3	-16.6	19.9	0.82
室温6分	-23.6	20.6	-13.4	20.5	0.05
室温7分	-17.8	19.8	-17.5	18.9	0.95
室温8分	-17.3	20.0	-12.1	19.3	0.29
室温9分	-16.9	18.9	-9.0	19.4	0.10
室温10分	-15.1	25.1	-11.7	19.3	0.56

表 11. 中指全体部領域における取扱い群と対照群の減少率の比較

測定タイミング	振動工具の取り扱い区分				p値
	取扱い群 (n=35)		対照群 (n=30)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
水中1分	-25.0	31.4	-38.0	15.5	0.04
水中2分	-20.6	30.4	-31.0	16.5	0.09
水中3分	-22.9	27.0	-33.5	12.7	0.04
水中4分	-23.9	22.8	-32.3	11.2	0.06
水中5分	-26.9	20.9	-34.2	16.4	0.13
室温1分	-32.7	15.0	-32.0	9.9	0.83
室温2分	-28.1	15.6	-27.2	14.7	0.81
室温3分	-22.6	15.8	-23.3	16.4	0.86
室温4分	-18.9	17.1	-18.3	15.0	0.87
室温5分	-18.7	16.9	-17.4	17.0	0.77
室温6分	-23.4	16.1	-14.1	16.0	0.02
室温7分	-17.9	15.5	-18.6	13.5	0.84
室温8分	-17.4	14.3	-12.7	12.5	0.17
室温9分	-18.2	15.2	-10.4	15.5	0.05
室温10分	-17.7	16.1	-11.2	18.6	0.13

表 12. 中指末節部領域における取扱い群と対照群の減少率の比較

測定タイミング	振動工具の取り扱い区分				p値
	取扱い群 (n=35)		対照群 (n=30)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
水中1分	-37.2	25.5	-51.8	12.6	<0.01
水中2分	-32.2	24.1	-46.3	11.4	<0.01
水中3分	-32.8	24.7	-46.5	10.0	<0.01
水中4分	-33.0	20.9	-45.1	9.9	<0.01
水中5分	-35.6	19.5	-46.4	11.9	<0.01
室温1分	-37.0	17.5	-39.6	10.2	0.47
室温2分	-29.7	20.0	-28.5	20.0	0.81
室温3分	-21.5	20.3	-23.2	20.6	0.73
室温4分	-16.8	24.6	-18.0	20.9	0.82
室温5分	-15.0	23.0	-17.4	22.3	0.66
室温6分	-22.3	20.4	-12.8	20.1	0.06
室温7分	-15.0	21.7	-18.2	18.6	0.53
室温8分	-15.1	20.7	-10.5	17.1	0.34
室温9分	-15.4	20.5	-9.6	19.7	0.26
室温10分	-14.4	23.3	-9.1	22.3	0.35

表 13. 環指全体部領域における取扱い群と対照群の減少率の比較

測定タイミング	振動工具の取り扱い区分				p値
	取扱い群 (n=35)		対照群 (n=30)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
水中1分	-26.9	31.5	-39.8	15.1	0.04
水中2分	-22.3	30.2	-32.0	14.9	0.10
水中3分	-23.0	26.2	-34.1	11.8	0.03
水中4分	-24.0	22.2	-32.4	10.5	0.05
水中5分	-26.4	22.2	-34.7	16.0	0.09
室温1分	-31.4	14.7	-30.6	10.2	0.80
室温2分	-25.3	16.2	-24.4	15.3	0.81
室温3分	-19.6	18.0	-19.2	16.4	0.94
室温4分	-16.9	19.7	-14.2	15.7	0.55
室温5分	-17.7	16.3	-13.9	15.7	0.34
室温6分	-21.6	16.8	-11.8	16.1	0.02
室温7分	-16.2	16.2	-16.8	14.3	0.87
室温8分	-16.0	15.6	-12.5	12.9	0.33
室温9分	-16.4	16.1	-9.6	13.9	0.07
室温10分	-14.2	18.9	-10.6	14.4	0.39

表 14. 環指末節部領域における取扱い群と対照群の減少率の比較

測定タイミング	振動工具の取り扱い区分				p値
	取扱い群 (n=35)		対照群 (n=30)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
水中1分	-38.0	24.9	-53.8	13.0	<0.01
水中2分	-32.3	24.9	-46.2	11.7	<0.01
水中3分	-31.8	23.9	-44.9	10.6	<0.01
水中4分	-31.5	20.0	-42.8	11.8	<0.01
水中5分	-33.5	19.3	-45.2	13.7	<0.01
室温1分	-35.2	16.7	-38.5	10.6	0.36
室温2分	-27.1	20.9	-26.6	20.1	0.92
室温3分	-18.4	22.6	-20.4	18.8	0.71
室温4分	-15.3	23.9	-15.2	19.6	0.99
室温5分	-14.3	22.6	-15.3	18.4	0.85
室温6分	-19.7	22.1	-12.6	19.5	0.18
室温7分	-13.5	20.2	-17.7	18.1	0.39
室温8分	-13.8	22.7	-12.4	17.2	0.79
室温9分	-13.4	20.6	-10.2	15.6	0.50
室温10分	-9.4	31.7	-11.6	16.9	0.73

表 15. 示指末端部領域における現在使用者と過去使用者の減少率の比較

(単位:%)	水中 1分	水中 2分	水中 3分	水中 4分	水中 5分
現在使用者の 減少率の平均 (n=32)	-39.3	-36.8	-36.5	-35.0	-36.8
現在使用者の 減少率の標準偏差	22.0	21.7	22.9	20.1	18.5
過去使用者1	-19.9	4.0	5.4	-2.4	-11.8
過去使用者2	-34.8	-29.3	-25.0	-19.9	-45.4
過去使用者3	-48.9	-42.6	-45.3	-42.9	-39.7

表 16. 取扱い群と対照群の血流変化の評価項目の比較

		振動工具の取り扱い区分						p値
		取扱い群 (n=35)			対照群 (n=30)			
単位(%)		平均値	中央値	標準偏差	平均値	中央値	標準偏差	
示指 全体部領域	最低血流値	-35.5	-38.6	18.9	-45.3	-47.0	11.9	<0.01**
	5分回復率	34.8	25.5	45.5	59.0	58.8	39.3	<0.05*
	10分回復率	39.1	33.2	45.8	68.6	75.6	43.0	<0.01**
	10分値	-16.6	-14.1	17.3	-11.1	-4.2	16.1	0.20
示指 末節部領域	最低血流値	-43.7	-46.2	18.7	-55.2	-54.4	9.1	<0.01**
	5分回復率	59.4	37.5	62.0	90.5	88.6	49.4	<0.05*
	10分回復率	64.2	62.1	64.0	104.7	105.9	60.7	<0.05*
	10分値	-14.9	-14.9	25.0	-11.7	-7.3	19.3	0.57
中指 全体部領域	最低血流値	-33.0	-38.1	12.0	-43.4	-47.9	12.0	<0.05*
	5分回復率	33.0	22.7	51.2	50.7	37.1	39.0	<0.05*
	10分回復率	34.5	32.1	48.0	63.0	64.6	44.5	<0.05*
	10分値	-17.4	-13.4	16.1	-11.2	-10.4	18.6	0.15
中指 末節部領域	最低血流値	-42.0	-45.9	20.6	-55.7	-55.4	9.6	<0.01**
	5分回復率	60.3	39.8	62.5	92.8	80.2	63.0	<0.05*
	10分回復率	61.8	56.2	63.4	114.4	130.9	67.8	<0.01**
	10分値	-14.5	-10.9	23.4	-9.1	-5.9	22.3	0.35
環指 全体部領域	最低血流値	-34.1	-38.5	21.2	-45.3	-47.2	11.3	<0.05*
	5分回復率	37.9	34.1	54.5	62.2	55.6	38.8	<0.05*
	10分回復率	41.6	38.8	50.2	68.9	75.5	38.6	<0.05*
	10分値	-14.2	-13.8	18.9	-10.6	-7.2	14.4	0.39
環指 末節部領域	最低血流値	-42.7	-47.7	19.7	-57.1	-58.8	10.7	<0.01**
	5分回復率	65.7	57.2	69.2	107.3	92.9	64.4	<0.05*
	10分回復率	73.3	71.6	71.9	117.2	11.7	64.0	<0.05*
	10分値	-9.2	-11.0	31.6	-11.6	-6.3	16.9	0.82

Student's t-test **:p<0.01, *:p<0.05

表 17. 示指の血流変化の評価項目に関する重回帰分析結果

従属変数	独立変数	非標準化係数	標準誤差	B	t値	有意確率	調整済R ²	VIF
	(定数)	-42.32	9.20		-4.60	0.00		
最低血流値	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	0.30	2.46	0.02	0.10	1.06
	年齢	0.10	0.17	0.07	0.58	0.56		1.02
	喫煙の有無	-2.83	4.03	-0.08	-0.70	0.49		1.01
	自覚症状の有無	7.53	5.06	0.18	1.49	0.14		1.06
	(定数)	38.22	24.31		1.57	0.12		
5分回復率	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.33	-2.74	0.01	0.10	1.06
	年齢	-0.23	0.44	-0.06	-0.52	0.61		1.02
	喫煙の有無	14.49	10.65	0.16	1.36	0.18		1.01
	自覚症状の有無	-10.34	13.35	-0.09	-0.77	0.44		1.06
示指 全体部領域	(定数)	79.70	24.82		3.21	0.00		
10分回復率	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.27	-2.28	0.03	0.16	1.06
	年齢	-0.77	0.45	-0.20	-1.71	0.09		1.02
	喫煙の有無	7.87	10.87	0.08	0.72	0.47		1.01
	自覚症状の有無	-30.43	13.64	-0.26	-2.23	0.03		1.06
	(定数)	-4.85	9.74		-0.50	0.62		
10分値	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.11	-0.89	0.38	0.01	1.06
	年齢	-0.27	0.18	-0.19	-1.50	0.14		1.02
	喫煙の有無	1.69	4.27	0.05	0.40	0.69		1.01
	自覚症状の有無	-5.51	5.35	-0.13	-1.03	0.31		1.06

従属変数	独立変数	非標準化係数	標準誤差	B	t値	有意確率	調整済R ²	VIF
	(定数)	-50.07	8.96		-5.59	0.00		
最低血流値	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	0.25	2.04	0.05	0.08	1.06
	年齢	0.10	0.16	0.08	0.64	0.52		1.02
	喫煙の有無	-3.65	3.92	-0.11	-0.93	0.36		1.01
	自覚症状の有無	7.83	4.92	0.20	1.59	0.12		1.06
	(定数)	59.55	32.20		1.85	0.07		
5分回復率	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.30	-2.45	0.02	0.10	1.06
	年齢	-0.37	0.58	-0.08	-0.64	0.53		1.02
	喫煙の有無	23.27	14.10	0.20	1.65	0.10		1.01
	自覚症状の有無	-15.98	17.69	-0.11	-0.90	0.37		1.06
示指 末節部領域	(定数)	111.56	34.57		3.23	0.00		
10分回復率	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.23	-1.95	0.06	0.17	1.06
	年齢	-1.16	0.63	-0.21	-1.85	0.07		1.02
	喫煙の有無	18.93	15.14	0.14	1.25	0.22		1.01
	自覚症状の有無	-48.64	18.99	-0.30	-2.56	0.01		1.06
	(定数)	0.97	12.95		0.07	0.94		
10分値	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.08	-0.65	0.52	0.01	1.06
	年齢	-0.35	0.23	-0.19	-1.51	0.14		1.02
	喫煙の有無	1.05	5.67	0.02	0.18	0.85		1.01
	自覚症状の有無	-9.62	7.11	-0.17	-1.35	0.18		1.06

*:強制投入法 B:標準偏回帰係数 VIF:variance inflation factor

表 18. 中指の血流変化の評価項目に関する重回帰分析結果

従属変数	独立変数	非標準化係数	標準誤差	β	t値	有意確率	調整済R ²	VIF
	(定数)	-38.78	10.23		-3.79	0.00		
最低血流値	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	0.27	2.20	0.03	0.07	1.06
	年齢	0.12	0.19	0.08	0.66	0.51		1.02
	喫煙の有無	-4.20	4.48	-0.11	-0.94	0.35		1.01
	自覚症状の有無	7.11	5.63	0.16	1.26	0.21		1.06
5分回復率	(定数)	31.87	25.99		1.23	0.22		
	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.33	-2.63	0.01	0.08	1.06
	年齢	-0.14	0.47	-0.04	-0.29	0.77		1.02
	喫煙の有無	12.90	11.38	0.14	1.13	0.26		1.01
自覚症状の有無	-7.43	14.29	-0.06	-0.52	0.60	1.06		
10分回復率	(定数)	65.21	26.35		2.47	0.02		
	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.29	-2.42	0.02	0.12	1.06
	年齢	-0.62	0.48	-0.15	-1.29	0.20		1.02
	喫煙の有無	9.24	11.54	0.09	0.80	0.43		1.01
自覚症状の有無	-21.85	14.48	-0.18	-1.51	0.14	1.06		
10分値	(定数)	-8.21	10.14		-0.81	0.42		
	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.19	-1.49	0.14	0.00	1.06
	年齢	-0.16	0.18	-0.11	-0.88	0.38		1.02
	喫煙の有無	0.98	4.44	0.03	0.22	0.83		1.01
自覚症状の有無	-2.99	5.57	-0.07	-0.54	0.59	1.06		

#:強制投入法 β :標準偏回帰係数 VIF:variance inflation factor

従属変数	独立変数	非標準化係数	標準誤差	β	t値	有意確率	調整済R ²	VIF
	(定数)	-47.21	9.90		-4.77	0.00		
最低血流値	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	0.28	2.26	0.03	0.08	1.06
	年齢	0.07	0.18	0.05	0.41	0.68		1.02
	喫煙の有無	-4.34	4.33	-0.12	-1.00	0.32		1.01
	自覚症状の有無	7.29	5.44	0.17	1.34	0.18		1.06
5分回復率	(定数)	43.77	35.43		1.24	0.22		
	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.32	-2.62	0.01	0.10	1.06
	年齢	-0.15	0.64	-0.03	-0.23	0.82		1.02
	喫煙の有無	28.88	15.52	0.22	1.86	0.07		1.01
自覚症状の有無	-13.07	19.47	-0.08	-0.67	0.50	1.06		
10分回復率	(定数)	91.90	37.31		2.46	0.02		
	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.27	-2.32	0.02	0.16	1.06
	年齢	-0.92	0.68	-0.16	-1.36	0.18		1.02
	喫煙の有無	27.54	16.34	0.19	1.69	0.10		1.01
自覚症状の有無	-43.49	20.50	-0.25	-2.12	0.04	1.06		
10分値	(定数)	-3.27	13.23		-0.25	0.81		
	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.13	-0.98	0.33	0.01	1.06
	年齢	-0.32	0.24	-0.17	-1.34	0.19		1.02
	喫煙の有無	3.65	5.79	0.08	0.63	0.53		1.01
自覚症状の有無	-6.80	7.27	-0.12	-0.94	0.35	1.06		

#:強制投入法 β :標準偏回帰係数 VIF:variance inflation factor

表 19. 環指の血流変化の評価項目に関する重回帰分析結果

従属変数	独立変数	非標準化係数	標準誤差	β	t値	有意確率	調整済R ²	VIF	
環指 全体部領域	(定数)	-39.51	9.99		-3.95	0.00			
	最低血流値	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	0.31	2.54	0.01	0.10	1.06
		年齢	0.10	0.18	0.07	0.55	0.59		1.02
		喫煙の有無	-4.22	4.38	-0.12	-0.96	0.34		1.01
		自覚症状の有無	7.45	5.49	0.17	1.36	0.18		1.06
	5分回復率	(定数)	44.23	27.02		1.64	0.11		
		生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.32	-2.64	0.01	0.10	1.06
		年齢	-0.18	0.49	-0.04	-0.37	0.72		1.02
		喫煙の有無	12.74	11.83	0.13	1.08	0.29		1.01
	自覚症状の有無	-19.03	14.85	-0.16	-1.28	0.20	1.06		
	10分回復率	(定数)	82.31	24.06		3.42	0.00		
		生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.29	-2.56	0.01	0.22	1.06
年齢		-0.80	0.44	-0.21	-1.84	0.07	1.02		
喫煙の有無		9.07	10.53	0.10	0.86	0.39	1.01		
自覚症状の有無	-37.80	13.22	-0.32	-2.86	0.01	1.06			
10分値	(定数)	-0.01	9.48		0.00	1.00			
	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.14	-1.15	0.25	0.08	1.06	
	年齢	-0.30	0.17	-0.21	-1.72	0.09		1.02	
	喫煙の有無	0.99	4.15	0.03	0.24	0.81		1.01	
自覚症状の有無	-10.33	5.21	-0.25	-1.98	0.05	1.06			

*:強制投入法 β :標準偏回帰係数 VIF:variance inflation factor

従属変数	独立変数	非標準化係数	標準誤差	β	t値	有意確率	調整済R ²	VIF	
環指 末節部領域	(定数)	-46.20	9.65		-4.79	0.00			
	最低血流値	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	0.33	2.71	0.01	0.11	1.06
		年齢	0.04	0.18	0.03	0.21	0.83		1.02
		喫煙の有無	-4.93	4.23	-0.14	-1.17	0.25		1.01
		自覚症状の有無	7.43	5.30	0.17	1.40	0.17		1.06
	5分回復率	(定数)	57.85	38.05		1.52	0.13		
		生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.32	-2.69	0.01	0.12	1.06
		年齢	-0.13	0.69	-0.02	-0.19	0.85		1.02
		喫煙の有無	27.65	16.67	0.20	1.66	0.10		1.01
	自覚症状の有無	-25.92	20.91	-0.15	-1.24	0.22	1.06		
	10分回復率	(定数)	118.57	36.15		3.28	0.00		
		生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.26	-2.34	0.02	0.24	1.06
年齢		-1.23	0.66	-0.21	-1.87	0.07	1.02		
喫煙の有無		25.33	15.84	0.18	1.60	0.11	1.01		
自覚症状の有無	-62.63	19.86	-0.35	-3.15	0.00	1.06			
10分値	(定数)	11.40	14.47		0.79	0.43			
	生涯振動ばく露量	0.00	0.00	-0.08	-0.64	0.53	0.06	1.06	
	年齢	-0.53	0.26	-0.25	-2.02	0.05		1.02	
	喫煙の有無	1.35	6.34	0.03	0.21	0.83		1.01	
自覚症状の有無	-14.69	7.95	-0.23	-1.85	0.07	1.06			

*:強制投入法 β :標準偏回帰係数 VIF:variance inflation factor

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合事業）
分担研究報告書

振動工具作業者における労働災害防止対策等に関する研究

研究分担者

足立弘明 産業医科大学 神経内科学 教授

大成圭子 産業医科大学 神経内科学 講師

研究要旨

振動工具取扱い者における振動障害の早期スクリーニングに対する、神経伝導速度検査の有効性について、検討を行った。

目的

労働者における振動障害は長期間にわたって振動工具を使用することで、循環障害や神経障害などの様々な症状が呈する疾病である。厚生労働省の「業種別・年度別振動障害の労災新規認定者数調査」によると、手腕振動による振動障害の新規労災認定者数は昭和 53 年をピークに着実に減少しているが、近年では年間 300 件近くの横ばいで推移している。また、これは労災認定者数であるため、実際の振動障害患者数はさらに多いと考えられる。従来、振動工具を取り扱っている人々は特殊健康診断を受けるが、神経伝導検査などの精密検査を行うのは、その中でも振動障害の自覚症状がある人のみである。振動工具を取り扱ってい

る健常者に精密検査を行った場合、もし振動工具を使用する程度によって精密検査結果で変化を認めるのであれば病気の早期発見につながると考え、振動工具の曝露量と振動障害の程度を比較し明らかにすることを目的とした。

方法

別の分担研究で述べた対象者と同じ北九州市内の製造業を中心に男性労働者 65 名（振動工具曝露群 35 名、対照群 30 名）を対象とし、質問紙調査および面接調査、また、産業医科大学病院臨床検査科にて、神経伝導速度（NCV：Nerve Conduction Velocity）検査を行った。

質問紙内容（一部抜粋）も別の分担研

究で述べたものと同じの質問紙で解析を行った。振動工具の曝露の有無による両手の尺骨神経・正中神経の NCV への影響を、感覚神経伝導速度 (SCV : Sensory Conduction Velocity) と運動神経伝導速度 (MCV : Motor Conduction Velocity) の要因ごとに分析し、質問紙調査から推定算出した生涯振動曝露量 (相対値) との関係性を確認した。

図 1 のように 2 点、刺激を感知する場所を取り、刺激点から刺激をし、A 点 B 点でその刺激を感知した波形を示す。この時差が AB 点の伝導時間となるので、A 点と B 点の距離を測り速度を計算し、神経伝導速度とした。

結果および考察

神経伝導検査の各指標を Shapiro-Wilk の正規性の検定を用いて検討した。正規性の検定を行った結果を表 1 に示す。正規性の検定 p 値が 0.05 以下はデータが正規分布していないことを示すため、両方の群が 0.05 以上の場合には Student's t 検定を、それ以外の場合には Mann-Whitney U 検定を用いて比較した。

神経伝導検査の各々に対して Student's t 検定あるいは Mann-Whitney U 検定による比較結果を示す(表 2-1~2-2.右上肢、表 3-1~3-2.左

上肢)。右上肢は尺骨神経 MCV 遠位潜時・正中神経 SCV 伝導速度・尺骨神経 SCV 伝導速度・正中神経 MCV 遠位潜時にて有意差があり、対照群と比較して取扱い群の方が伝導速度低下や遠位潜時遅延を認めた。左上肢は正中神経 SCV 伝導速度・尺骨神経 MCV 伝導速度(肘下-肘上)にて有意差があり、右上肢と同様に取扱い群の伝導速度低下を認めた。

生涯振動ばく露量、年齢、現在の喫煙状況、自覚症状の有無を独立変数とし神経伝導検査の各指標を従属変数とした重回帰分析を行った。

年齢は 22 項目の指標のうち 13 項目で採用され、加齢とともに伝導速度および振幅の低下と遠位潜時の延長が認められた。

生涯振動ばく露量は右上肢の正中神経 SCV 伝導速度と正中神経 MCV 伝導速度・左上肢の正中神経 SCV で負の t 値を示しており、生涯振動ばく露量が増加するほど伝導速度が低下するという負の相関があった。また、右上肢の正中神経 MCV 遠位潜時と尺骨神経 MCV 遠位潜時では正の相関があり、生涯振動ばく露量が増加するほど遠位潜時の延長が認められた。右尺骨神経 MCV 振幅では負の相関があり、生涯振動ばく露量が増加するほど振幅の低下を認めた。

自覚症状の訴えの有無は右上肢の尺骨神経 SCV 伝導速度のみ採用され、自覚症状の訴えの存在により伝導速度の低下を認めた。

喫煙は左尺骨神経 MCV 伝導速度(肘下-肘上)で採用され、現在喫煙をしている人は伝導速度の低下を認めた。

振動工具曝露群と対照群との比較では、右正中神経 SCV、右尺骨神経 SCV、左正中神経 SCV、左尺骨神経 MCV(肘下 肘上)について有意差 ($p < 0.05$) を認め、曝露群では遅延する傾向を認めた。続いて、生涯振動曝露量と神経伝導速度の相関分析を行ったところ、右正中神経 MCV、左正中神経 SCV にそれぞれ $R = 0.353$ 、 $R = 0.405$ と、それぞれ曝露量の増加に従って伝導速度が遅延する傾向が認められた。さ

らに振動工具曝露群について、生涯振動曝露量と相関がみられた右正中神経 MCV および左正中神経 SCV と、生涯振動曝露量、年齢、喫煙の有無、自覚症状の有無等の項目とで重回帰分析を行ったところ、どちらも年齢の項目で負相関がみられた。NCV は加齢によって低下することが知られており、重回帰分析ではその影響を大きく受けたと考えられる。

結論

今回の結果では振動曝露量による神経伝導速度への影響について弱い負相関傾向が見られた。今後、振動曝露量をより正確に調査し、季節変動、身長、体重、現病歴などの情報を組み合わせることによって、曝露量による振動障害と神経伝導速度との精緻な分析が必要であると思われる。

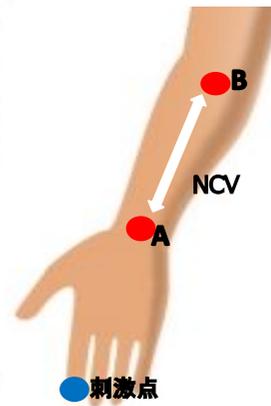
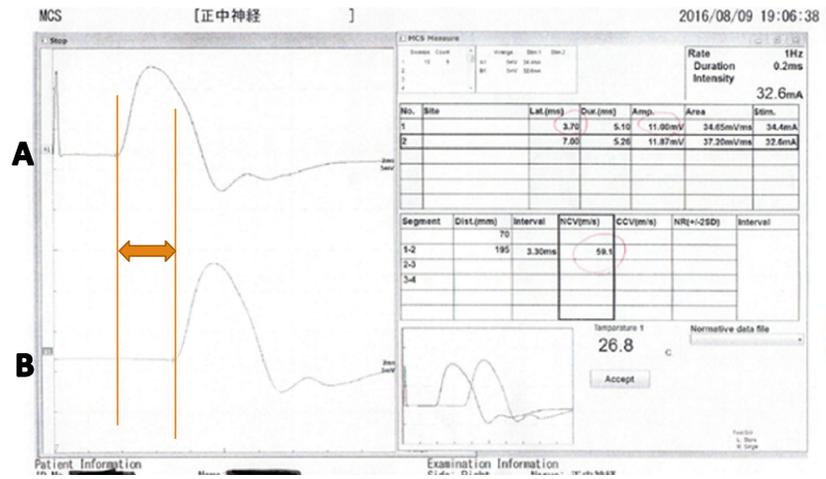


図1: 神経伝導速度(正中神経)の測定

表 1 正規性の検定

	検査項目	正規性の検定p値		振動工具の取り扱い区分による比較に用いた検定			
		取扱い群	対照群				
右	正中神経SCV	振幅	0.73	0.53		Student t検定	
	尺骨神経SCV	振幅	0.10	0.58		Student t検定	
	正中神経SCV	伝導速度	0.01	*	<0.01	**	Mann-Whitney U検定
	尺骨神経SCV	伝導速度	0.48		0.02	*	Mann-Whitney U検定
	正中神経MCV	遠位潜時	0.26		<0.01	**	Mann-Whitney U検定
	正中神経MCV	振幅	<0.01	**	0.25		Mann-Whitney U検定
	正中神経MCV	伝導速度	0.22		0.10		Student t検定
	尺骨神経MCV	遠位潜時	0.82		0.13		Student t検定
	尺骨神経MCV	振幅	0.02	*	0.42		Mann-Whitney U検定
	尺骨神経MCV	伝導速度(手首-肘下)	0.37		0.47		Student t検定
	尺骨神経MCV	伝導速度(肘下-肘上)	0.99		0.63		Student t検定
	左	正中神経SCV	振幅	0.20	0.58		Student t検定
尺骨神経SCV		振幅	0.03	*	0.47		Mann-Whitney U検定
正中神経SCV		伝導速度	0.04	*	0.02	*	Mann-Whitney U検定
尺骨神経SCV		伝導速度	<0.01	**	0.09		Mann-Whitney U検定
正中神経MCV		遠位潜時	<0.01	**	<0.01	**	Mann-Whitney U検定
正中神経MCV		振幅	0.67		<0.01	**	Mann-Whitney U検定
正中神経MCV		伝導速度	0.11		0.30		Student t検定
尺骨神経MCV		遠位潜時	0.58		<0.01	**	Mann-Whitney U検定
尺骨神経MCV		振幅	0.87		0.88		Student t検定
尺骨神経MCV		伝導速度(手首-肘下)	0.51		0.07		Student t検定
尺骨神経MCV		伝導速度(肘下-肘上)	0.03	*	0.83		Mann-Whitney U検定

Shapiro-Wilk normality test, *:p<0.05,**:p<0.01

表 2-1 右上肢 神経伝導検査結果

	取扱区分						p値
	取扱い群			対照群			
	人数	平均値	標準偏差	人数	平均値	標準偏差	
右 正中神経SCV 振幅	35.00	22.77	10.21	30.00	27.78	11.33	0.07
右 尺骨神経SCV 振幅	35.00	18.49	8.58	30.00	20.52	8.15	0.33
右 正中神経MCV 伝導検査	35.00	56.39	4.74	30.00	58.15	3.50	0.10
右 尺骨神経MCV 遠位潜時	35.00	2.79	0.32	30.00	2.65	0.19	0.03
右 尺骨神経MCV (手首-肘下)	35.00	60.05	4.13	30.00	59.73	3.95	0.75
右 尺骨神経MCV (肘下-肘上)	35.00	60.27	7.07	30.00	60.35	5.77	0.96

Student's t-test.

表 2-2 右上肢 神経伝導検査結果

	取扱区分				p値
	取扱い群		対照群		
	人数	中央値	人数	中央値	
右 正中神経SCV伝導速度	35	52.70	30	58.00	0.00
右 尺骨神経SCV伝導速度	35	53.14	30	57.40	0.01
右 正中神経MCV遠位潜時	35	3.62	30	3.46	0.02
右 正中神経MCV振幅	35	11.41	30	11.79	0.82
右 尺骨神経MCV振幅	35	10.87	30	10.34	0.11

Mann-Whitney U test

表 3-1 左上肢 神経伝導検査結果

	取扱区分						p値
	取扱い群			対照群			
	人数	平均値	標準偏差	人数	平均値	標準偏差	
左 正中神経SCV 振幅	35	26.87	8.54	30	31.40	11.95	0.09
左 正中神経MCV伝導検査	35	56.56	3.50	30	57.49	4.43	0.35
左 尺骨神経MCV振幅	35	9.90	1.86	30	9.13	2.18	0.13
左 尺骨神経MCV伝導速度(手首-肘下)	35	60.31	6.21	30	60.58	4.16	0.84

Student's t-test

表 3-2 左上肢 神経伝導検査結果

		取扱区分				p値
		取扱い群		対照群		
		人数	中央値	人数	中央値	
左 尺骨神経SCV	振幅	35	19.75	30	22.00	0.40
左 正中神経SCV	伝導速度	35	56.20	30	59.10	0.03
左 尺骨神経SCV	伝導速度	35	54.45	30	55.10	0.29
左 正中神経MCV	遠位潜時	35	3.44	30	3.32	0.09
左 正中神経MCV	振幅	35	10.51	30	10.28	0.87
尺骨神経MCV	遠位潜時	35	2.73	30	2.68	0.68
尺骨神経MCV	伝導速度(肘下-肘上)	35	58.10	30	62.50	0.01

Mann-Whitney U test.

表 4 神経伝導検査の重回帰分析の結果

従属変数	独立変数	非標準化係数	標準誤差	B	t値	有意確率	調整済R ²	VIF
右 正中神経 SCV 振幅	(定数)	37.94	4.30		8.83	0.00	0.13	
	年齢	-0.34	0.11	-0.37	-3.13	0.00		1.00
右 尺骨神経SCV振幅	(定数)	28.15	3.34		8.42	0.00	0.11	
	年齢	-0.23	0.08	-0.33	-2.73	0.01		1.00
右 正中神経SCV伝導速度	(定数)	56.17	0.98		57.46	0.00	0.11	1.00
	生涯振動障害ばく露量	0.00	0.00	-0.61	-6.15	0.00		
右 尺骨神経SCV伝導速度	(定数)	63.10	3.22		19.58	0.00	0.16	
	年齢	-0.22	0.08	-0.33	-2.83	0.01		1.01
	自覚症状の有無	-5.07	2.34	-0.25	-2.17	0.03		1.01
右 正中神経MCV遠位潜時	(定数)	3.55	0.07		48.77	0.00	0.23	
	生涯振動障害ばく露量	0.00	0.00	0.48	4.33	0.00		1.00
右正中神経MCV振幅	採用された因子なし							
右正中神経MCV伝導検査	(定数)	62.56	1.58		39.48	0.00	0.23	
	年齢	-0.13	0.04	-0.36	-3.26	0.00		1.01
	生涯振動障害ばく露量	0.00	0.00	-0.29	-2.61	0.01		1.01
右 尺骨神経MCV遠位潜時	(定数)	2.44	0.11		22.85	0.00		
	年齢	0.01	0.00	0.30	2.61	0.01	0.18	1.01
	生涯振動障害ばく露量	0.00	0.00	0.27	2.31	0.02		1.01
右 尺骨神経MCV振幅	(定数)	12.79	0.85		15.07	0.00		
	年齢	-0.07	0.02	-0.36	-3.20	0.00	0.22	1.01
	生涯振動障害ばく露量	0.00	0.00	-0.30	-2.67	0.01		1.01
右 尺骨神経MCV伝導速度(手首-肘下)	(定数)	63.13	1.64		38.45	0.00	0.06	1.00
	年齢	-0.08	0.04	-0.25	-2.06	0.04		
右 尺骨神経MCV伝導速度(肘下-肘上)	(定数)	67.95	2.53		26.86	0.00	0.14	
	年齢	-0.20	0.06	-0.37	-3.16	0.00		1.00
左 正中神経 SCV 振幅	(定数)	42.70	4.01		10.65	0.00	0.17	1.00
	年齢	-0.36	0.10	-0.41	-3.59	0.00		
左 尺骨神経SCV振幅	(定数)	34.22	3.42		9.99	0.00	0.21	1.00
	年齢	-0.35	0.09	-0.45	-4.05	0.00		
左 正中神経SCV伝導速度	(定数)	57.35	0.83		69.18	0.00	0.12	1.00
	生涯振動障害ばく露量	0.00	0.00	-0.34	-2.91	0.00		
左 尺骨神経SCV伝導速度	(定数)	58.68	1.92		30.54	0.00	0.06	1.00
	年齢	-0.10	0.05	-0.25	-2.06	0.04		
左 正中神経MCV遠位潜時	採用された因子なし							
左 正中神経MCV振幅	採用された因子なし							
左 正中神経MCV伝導検査	採用された因子なし							
左 尺骨神経MCV遠位潜時	(定数)	2.47	0.11		23.12	0.00	0.07	1.00
	年齢	0.01	0.00	0.27	2.24	0.03		
左 尺骨神経MCV振幅	(定数)	11.36	0.83		13.76	0.00	0.08	1.00
	年齢	-0.05	0.02	-0.28	-2.30	0.02		
左 尺骨神経MCV伝導速度(手首-肘下)	採用された因子なし							
左 尺骨神経MCV伝導速度(肘下-肘上)	(定数)	51.58	3.18		16.24	0.00		1.00
	喫煙の有無	-4.72	1.90	-0.30	-2.49	0.02	0.09	

*ステップワイズ法 B:標準偏回帰係数 VIF:variance inflation factor

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

本年度は該当なし

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ

雑誌

本年度は該当なし

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年