

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合事業）
平成29年度総括研究報告書

振動工具作業者における労働災害防止対策等に関わる研究

（H28-労働-一般-006）

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

目 次

I . 総括研究報告	
振動工具取扱い作業者に対する神経伝導検査、自記式質問紙及びレーザースペックルフローグラフィーによる評価との関連性（第2回調査結果報告）	2
大神 明、池上和範、足立弘明、大成圭子	
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ーによる評価	8
池上和範、道井聡史	
2 . 製造業における振動工具取扱い作業者の労働衛生管理と自覚症状に関する調査	17
池上和範	
3 . 振動工具の取り扱いによる神経伝導速度への影響	27
足立弘明、大成圭子、池上和範、道井聡史	
研究成果の刊行に関する一覧表	30

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合事業）
総括・分担研究報告書

振動工具取扱い作業者に対する神経伝導検査、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2回調査結果報告）

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
野澤弘樹 産業医科大学・産業生態科学研究所・作業関連疾患予防学
白坂泰樹 産業医科大学・産業生態科学研究所・作業関連疾患予防学

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

A 研究の目的

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・プレスト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。本研究では、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け出すことを目的としている。

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。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

< 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

平成 28 年度の 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。平成 29 年度の 2 回の測定結果では、LSFG 単独の結果からは、取扱い群に有意な所見は認められなかった。

4) 神経伝導検査

2016 年夏、2016 年冬、2017 年夏と半年間のインターバルで神経伝導検査(Nerve Conduction Study)を行った結果では、左右正中神経の感覚神経振幅は曝露群で有意に低下し、また右手の正中神経の感覚神経 NCV は曝露群で有意に低下し、遠位潜時は遅延する傾向が見られ、本検査のスクリーニングとしての有用性があらためて示唆された。

D 考察

本年度の LSFG による血流測定では、昨年度の結果で見られたような取扱い群と対照群との有意差を認められなかった。振動ばく露も比較的短時間の作業者が多く、今回 LSFG での差が得られにくかった一因ではないかと考えられる。

昨年神経伝導検査結果では、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。今年度の検査結果からも、正中神経の感覚神経ではいずれの期間でも 2 群間に有意差がみられた。神経伝導検査による振動障害の評価は早期スクリーニング検査として有用である可能性が示された。

E 結論

今年度の結果からは LSFG を用いた検査による早期スクリーニングの有用性は顕著ではなかったが、神経伝導検査からは、振動曝露量による神経伝導速度への影響について負相関傾向が見られ、その有用性は示唆される結果となった。最終年度に向けて、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

1 .野澤弘樹, 道井聡史, 菅野良介, 安藤肇, 池上和範, 大成圭子, 足立弘明, 大神明. 振動工具の取り扱いによる神経伝達速度への影響

第 90 回日本産業衛生学会 (東京), 2017.5
2 . 道井聡史, 菅野良介, 安藤肇, 野澤弘樹, 長谷川将之, 池上和範, 大成圭子, 足立弘明, 大神明. 振動工具取扱いによるレーザースペックルフローグラフィを用いた血流評価

第 90 回日本産業衛生学会 (東京), 2017.5
3 . 池上和範, 道井聡史, 白坂泰樹, 安藤肇, 菅野良介, 野澤弘樹, 大成圭子, 足立弘明, 大神明. 製造業における振動工具取扱い作業者の労働衛生管理と自覚症状に関する調査

第 27 回日本産業衛生学会全国協議会 (高知), 2017.11

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

振動工具取扱い作業者に対するレーザースペckルフローグラフィによる評価

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

研究協力者 安藤 肇、道井聡史、菅野良介、野澤弘樹、白坂泰樹

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障害を診断するためのLSFG (Laser Speckle Flowgraphy) の有用性について検討を行った。被験者ごとに各領域の血流変化を見ると、必ずしも典型的な推移をしめすわけではなくバリエーションが存在した。種々のバリエーションのパターンについて群別の比較を行ったが、有意差は認められなかった。今後、ばく露が多い被験者にフォーカスした解析や問診票や神経伝導速度検査を含めた解析によってより詳細に振動障害に関連した因子を検討していく必要がある

1. 研究の目的

我が国の振動障害については特殊健康診断において爪圧迫検査や指尖振動覚閾値検査などが実施されているものの、これらの検査には検者の主観や被験者の協力が必要となり、客観性や再現性という点では課題があった。今回我々はレーザーを用いることで非侵襲的・客観的に手指全体の血流測定が可能なLSFGを用い、振動障害の診断に有用な所見が得られるか検討を行っている。2年目である本年は単に取扱い群と非取扱群の平均値を比較するだけでなく、個々の検査結果にも焦点を当てることで、振動障害に特徴的な血流変化所見を検討した。

2. 研究の方法・内容

2.1. 末梢血流評価

2.1.1. 測定方法

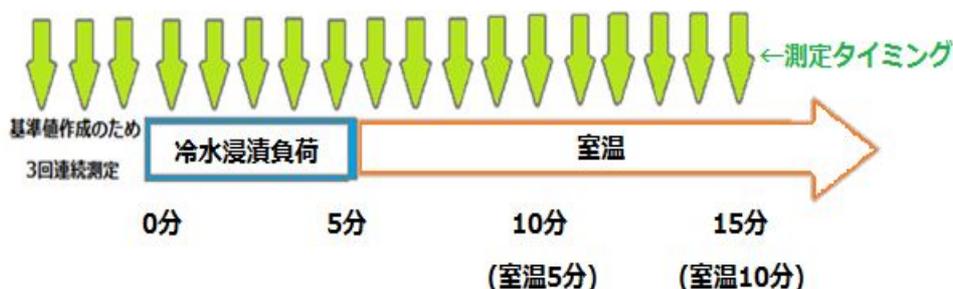
産業医科大学内の人工気候室を用いて室温を 22 ± 1 に設定し、部屋で10分以上安静にさせた後、15に調整した水の中に手関節まで浸漬させ5分間の冷水刺激を与えた（15 5分法）。また、平成29年度冬季の検査からは、より室温への馴化を確実にするため、安静時間を30分以上とした。末梢血流への影響を可能な限り避けるため、検査12時間前以降は禁酒、検査前3時間以降は禁煙、カフェインなどの刺激物の摂取も避け

るよう調査前に指示した。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分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、 $12 \pm 0.5 \cdot 5$ 分、 $12 \pm 0.5 \cdot 2$ 分、 $15 \pm 0.5 \cdot 5$ 分、 $10 \pm 0.5 \cdot 10$ 分の4種類の条件から選択することが推奨されている。水温が低下するほど被験者の苦痛が大き

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1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



く、検査への忍容性が低くなるため

光はスキャナーヘッド部を測定部位

図1 測定のプロトコル

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

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。



図 2 末梢血流の測定風景（室温時）

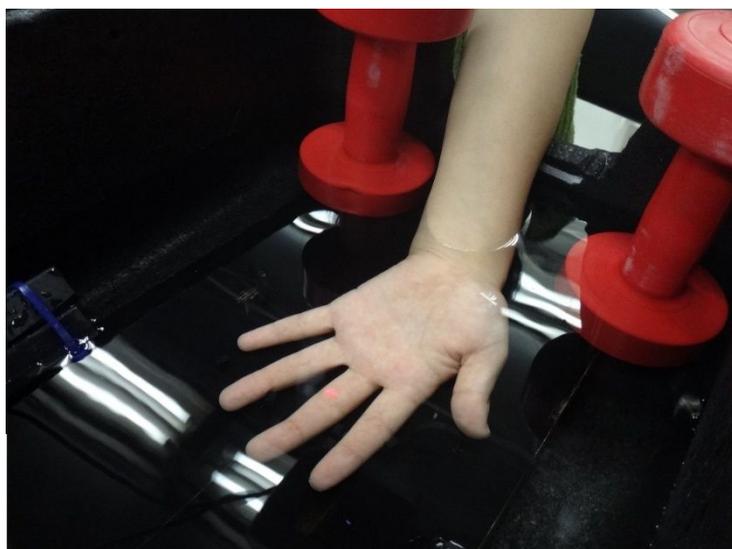


図 3 末梢血流の測定風景（冷水浸漬検査時）

2.1.2. 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。

2.1.3. 皮膚温の測定について

LSFGによって得られる測定値は全

て相対値であり、絶対的な比較が不可能であるという特性がある。そのため、絶対的な指標として平成 29 年度冬季における調査から、手指皮膚温の測定を追加して実施した。K 型熱電対式のセンサーを利き手側の中指指尖部並びに PIP 関節と DIP 関節の中間点の 2 カ所に貼付し、10 秒間に 1 回の感覚で測定を行った。

2.2. 解析方法

2.2.1. 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 $[m/s^2]$
× (1 日の合計作業時間 $[h]/8$) ×
使用頻度・・・(式 1)

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
コンクリートブレーカ - ブレー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
チェーンソー	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
コンクリートパイプレータ	10	2.5-7.1	2.5
インパクトレンチ	17	6.0-17.5	11.0
エアドライバー	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
パイプレーションシャー	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 振動工具の使用頻度の換算値

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

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/s²・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）・・・（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、昨年度は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ていた。本年度の解析では、調査開始後の使用時間は詳細に聴取していることと、過去の使用歴についても平均的な数字ではあるものの 1 日あたりの使用時間の算定が可能であることから、日振動ばく露の概念を取り入れた計算方法に変更した。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 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）。

使用時間については過去の使用状況については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 年単位の変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。研究開始後の使用状況については 1 日ごとの作業時間や作業頻度を聴取しているため、そのまま式に投入し計算を行った。

2.2.2. 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 4）、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）として単位のない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血流量（%）として求め、個人間の評価として使用した。

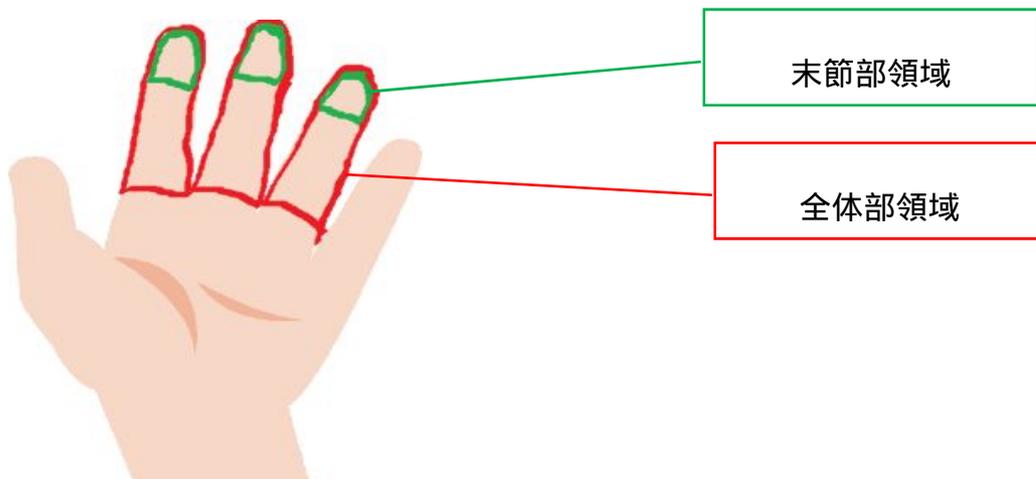


図 4 末梢血流の評価範囲

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)

血流量 (%) = {(各測定時におけ
る MBR 値 ÷ 基準値)} ×
100 . . . (式 4)

2.2.3. 解析方法

昨年度は反復測定分散分析を用い
て全体的なプロフィールについて解
析を実施したが、本年はより個別
的な結果の分析を試みた。

LSFG の全測定結果を個人別、測
定部位別にグラフ化し、取扱群と非
取扱群を比較することで、取扱群に
特徴的な所見を探索した。グラフを
もとに研究班内でディスカッション
を行い、両群間に差を認めると思わ
れる項目を抽出し、群ごとの有所見
率について 2 検定を用いて比較し
た。

統計解析には IBM SPSS statistics

ver23.0 を用いた。

2.3. 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。

3. 研究結果

今年度の LSFG 測定のうち夏のデー
タを別に示す。研究班内のディスカッ
ションにより、取扱群に特徴的と思わ
れる所見について群ごとの有所見率
の比較を行った。代表して示指全体領
域における結果を表 3 に示す。両群間
の有所見者数について 2 検定を用い
て比較を行ったが、いずれの項目につ
いても有意差は認めなかった。

4. 考察

今回、振動障害の早期発見に寄与する因子を検討すべく、個人別のLSFG結果の特徴抽出を試みたがいずれの指標においても有意な所見を得ることはできなかった。個別の結果を俯瞰してみると冷水中において血流量が低下し、室温で回復するという典型的な推移を必ずしも示すものではなく、回

ではないかと考えられる。このことから、振動障害の早期発見のためにはLSFG 単独で判断することは難しく、症状や振動ばく露量などを含めて複合的に判断していくことが必要と考えられた。今回の解析では糖尿病等の神経系に影響を与える疾患などを考慮できておらず、今後、神経伝導速度検査や問診項目を含めた複合的な解析により、振動障害につながる因子を

表 3 群別の所見の比較

	取扱い群	非取扱い群
2分で70%以下に低下	91.67%	92.59%
2～5分で70%を超えない	77.78%	81.48%
7分で70%以上に回復	66.67%	74.07%
7分以降70%以上を維持	52.78%	44.44%
7分以降70%維持(1回は70%以下も許容)	69.44%	66.67%
10分で70%以上に回復	80.56%	74.07%
10分以降70%以上を維持(1つ許容)	86.11%	81.48%

復が大幅に遅延しているケースをなど、正常の推移とはことなると考えられる所見が散見された。しかし、非取扱い群においてもこれらの所見は少なからず見られている。本実験の被験者は振動障害の患者ではなく一般の労働者を対象としており、問診票についての章で述べるとおり、手指の症状については取扱い群において多いものの有意な項目はなかった。振動ばく露も比較的短時間の作業者が多く、今回LSFG での差が得られにくかった一因

検討していくことが必要と考えられた。

5. 結論

LSFG 単独の結果では、取扱い群に有意な所見は認めなかった。今後、問診項目や神経伝導速度といった他の調査項目と合わせた分析や、ばく露が比較的多い被験者にフォーカスした解析を行うなどにより振動障害につながる所見を検討していくことが必要である。

4. 健康危険情報
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

製造業における振動工具取扱い作業者の労働衛生管理と自覚症状に関する調査

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

研究協力者 安藤 肇、道井聡史、菅野良介、野澤弘樹、白坂泰樹

産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患予防学

要旨

製造業に勤務する振動工具取扱い作業者の労働衛生管理の状況や自覚症状の有無について、面接および質問紙による調査を実施した。全対象者 61 名を現在振動工具取扱い群（以下、現取扱い群）33 名、過去振動工具取扱い群（以下、前取扱い群）5 名、非取扱い群 23 名に分類した。面接および質問紙では、対象者の振動工具取扱いに係る労働衛生管理の状況に関して、今までに取り扱ってきた振動工具の種類と作業内容、作業・休憩時間、保護具の使用、振動工具作業の記録、特殊健康診断の受診、振動工具に係る教育受講について調査した。自覚症状に関しては、レイノー現象、手指・頭部・腰部・頸肩腕部・下肢部のしびれ・冷え・痛み、精神症状などについて調査した。振動工具の種類と使用状況について、振動工具使用年数は現取扱い群が 11.1（5.3）年、前取扱い群が 11.2（8.3）年であった。2 群の振動工具取扱いに係る労働衛生管理の状況に関して、作業中に防振手袋を使用している者の割合が 6 名（15.8%）、職場で連続作業時間・休憩の取り決めがあると回答した者が 5 名（13.2%）、振動工具作業の記録を付けている者が 0 名（0.0%）、過去に振動障害健康診断を受診したことがある者が 7 名（18.4%）、過去に振動工具に関する教育を受講したことがある者が 5 名（13.2%）であった。自覚症状について現取扱い群と対照群を比較したところ、頸部痛、腕のたるさ、頭痛、耳鳴り、腰痛、イライラ感、朝の倦怠感において現取扱い群の有訴率が有意に高かった。本研究から、振動工具取扱いにおける作業管理、健康管理、労働衛生教育など労働衛生管理が不十分であることが明らかになった。振動工具取扱い者が、手指の症状よりも腰部や頸肩腕部などの身体症状や精神症状の有訴率が高かった点について、振動曝露によるメンタルヘルスへの影響に関する更なる調査を行う必要がある。

1. 目的

労働者が長期間にわたって振動工具を使用することで、末梢循環障害や末梢神経障害、筋骨格系障害などの様々な振動障害が呈することがよく知られている。一方、メンタルヘルスへの影響は知られていない。また、本邦で100万人を超えると推定される振動工具取扱い作業者のうち、振動業務に係る特殊健康診断の受診者数は約5万人と非常に低く、これら作業者の健康管理をはじめとする労働衛生管理が十分に行われていない可能性がある。今回、我々は製造業に勤務する振動工具取扱い作業者の労働衛生管理の状況や自覚症状の有無について、面接および質問紙による調査を実施したので報告する。

2. 方法

2.1 対象者・調査方法

製鉄関連企業6カ所に勤務する男性労働者61名(現在振動工具取扱い群(以下、現取扱い群)33名(平均年齢35.3(10.4)歳)、過去振動工具取扱い群(以下、前取扱い群)5名(48.2(10.1)歳)、非取扱い群群23名(平均年齢42.7(11.1)歳)を対象に、2016年7月から2017年2月まで面接および質問紙調査を実施した。

2.2 質問紙および面接調査

実験日より前に、全対象者に質問紙を送付し、実験当日に回収した。回収時に、医師が対象者個々の回答内容を確認したうえで、必要におうじて面接調

査で詳細を確認した。対象者に配布した質問紙の項目は以下の通りである。対象者の振動工具取扱いに係る労働衛生管理の状況

振動工具過去取扱い者、現取扱い者に対して、今までに取り扱ってきた振動工具の種類と作業内容、作業・休憩時間、保護具の使用、振動工具作業の記録、特殊健康診断の受診、振動工具に係る教育受講を確認した。

自覚症状

全対象者に対して、レイノー現象、手指・頭部・腰部・頸肩腕部・下肢部のしびれ・冷え・痛み、精神症状、日常生活動作を確認した。

2.3 解析方法

振動工具に関する労働衛生管理の状況については、現取扱い群および過去取扱い群から得られた回答結果を項目毎に単純集計した。振動工具取扱いによる自覚症状の有無については、カイ二乗検定によって、項目毎に現取扱い群と非取扱い群群を比較し、検討した。

3. 結果

(ア)対象者の属性および振動工具の取扱い状況

対象者の平均年齢について、振動工具の過去取扱い群48.2(10.1)歳、現取扱い群35.3(10.4)歳、非取扱い群42.7(11.1)歳であった。喫煙率については、現取扱い群が57.6%であり、非取扱い群(21.7%)に比べて著明に高か

った。過去取扱い群および現取扱い群ともに製鐵設備製造の業務に従事している(していた)者が最多であった。振動工具の使用歴について、振動工具使用年数は現取扱い群が 11.1 (5.3) 年、前取扱い群が 11.2 (8.3) 年であっ

た(表 1)。その他、過去取扱い群および現取扱い群の 2 群において使用している(していた)振動工具は、グラインダーが 29 名(76.3%)で最も多く、次いでインパクトレンチが 23 名(60.5%)であった。

表 1 . 対象者の属性および振動工具の取扱い状況

	過去取扱い群 (n=5) n(%) / M(SD)	現取扱い群 (n=33) n(%) / M(SD)	非取扱い群 (n=23) n(%) / M(SD)
年齢	48.2 (10.1)	35.3 (10.4)	42.7 (11.1)
喫煙状況			
現喫煙者	3 (60.0)	19 (57.6)	5 (21.7)
過去喫煙者	1 (20.0)	5 (15.2)	8 (34.8)
非喫煙者	1 (20.0)	9 (27.3)	10 (43.5)
既往歴	0 (0.0)	2 (6.1)	1 (4.3)
ギランバレー症候群		1	
右手中指手術 約 25 年前			1
右肘手術, 右手薬指骨折		1	
現病歴あり	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
業種			
高炉建設・工事	1.0 (20.0)	10 (30.3)	—
高炉整備・清掃・保全	0.0 (0.0)	7 (21.2)	—
製鐵設備製造	4.0 (80.0)	16 (48.5)	—
職種			
現場作業員	3.0 (60.0)	26 (78.8)	—
検査整備員	1.0 (20.0)	5 (15.2)	—
管理監督業	1.0 (20.0)	2 (6.1)	—
平均 / 振動工具使用年数	11.2 (8.3)	11.14 (5.3)	—

(イ)振動工具取扱いに係る労働衛生管理の状況について
振動工具の過去取扱い群および現取扱い群の 2 群(38 名)において、作業中に手袋を使用している者は 35 名(92%)であった。うち 27 名は軍手

を使用し、防振手袋を使用している者の割合は 6 名のみであった(図 1)。振動工具の定期メンテナンスを行っている者の割合は 66%であった(図 2)。また、作業中に防じんマスクを装着している者の割合は、87%で、13%

の者は装着していなかった（図3）。

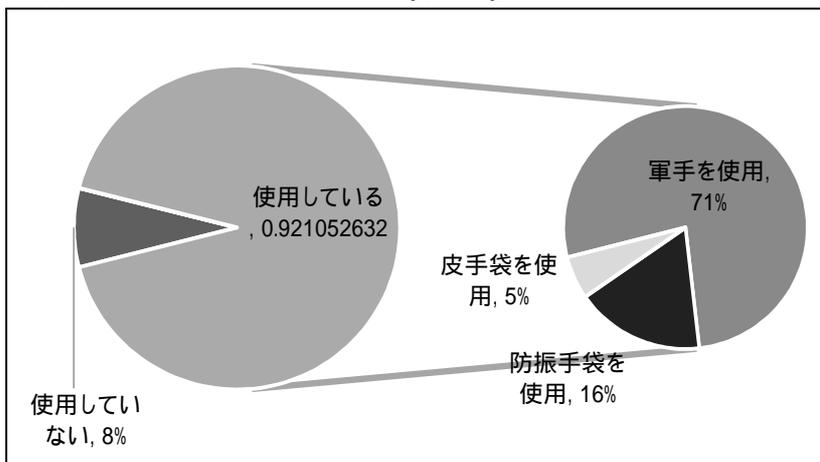


図1．作業中の手袋使用

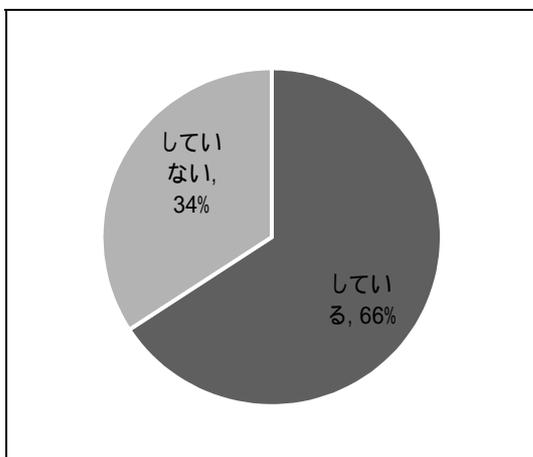


図2．振動工具の定期メンテナンス実施

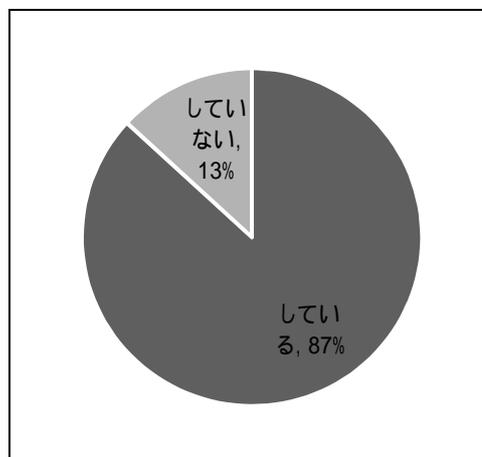


図3．防じんマスクの装着

職場で連続作業時間・休憩の取り決めがあると回答した者は5名（13.2%）であった。また、その5名の連続作業

時間・休憩の取り決めについては、各々異なっていた（図4）。

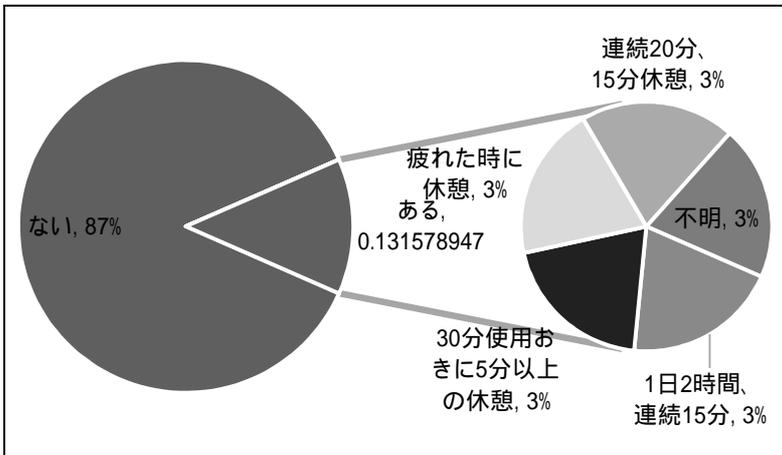


図4．連続作業時間・休憩の取り決め

振動工具作業の記録を付けている者はいなかった(図5)。過去に振動障害健康診断を受診したことがある者が7名(18.4%)で、82%はこれまで一度

も振動障害健康診断を受診したことがなかった(図6)。過去に振動工具に関する教育を受講したことがある者が5名(13.2%)であった(図6)。

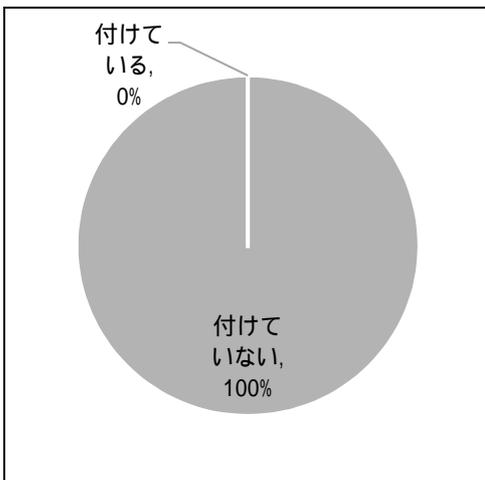


図5．振動工具作業の記録

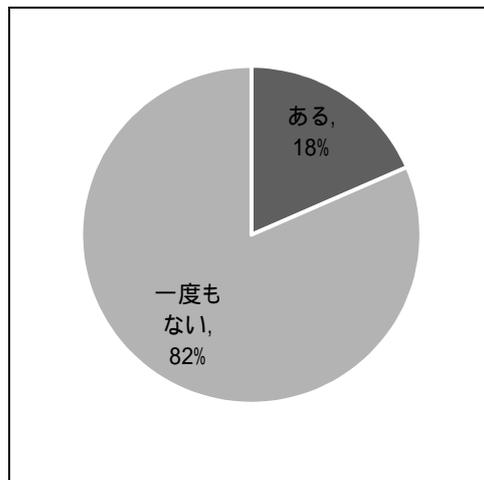


図6．振動障害健康診断の受検

(ウ)振動工具取扱い者の自覚症状について

自覚症状について現取扱い群と非取扱い群を比較した。手指の自覚症状について、統計学的有意差が認められ

た項目はなかったが、全ての項目において振動工具現取扱い群の有訴が多かった(図7)。

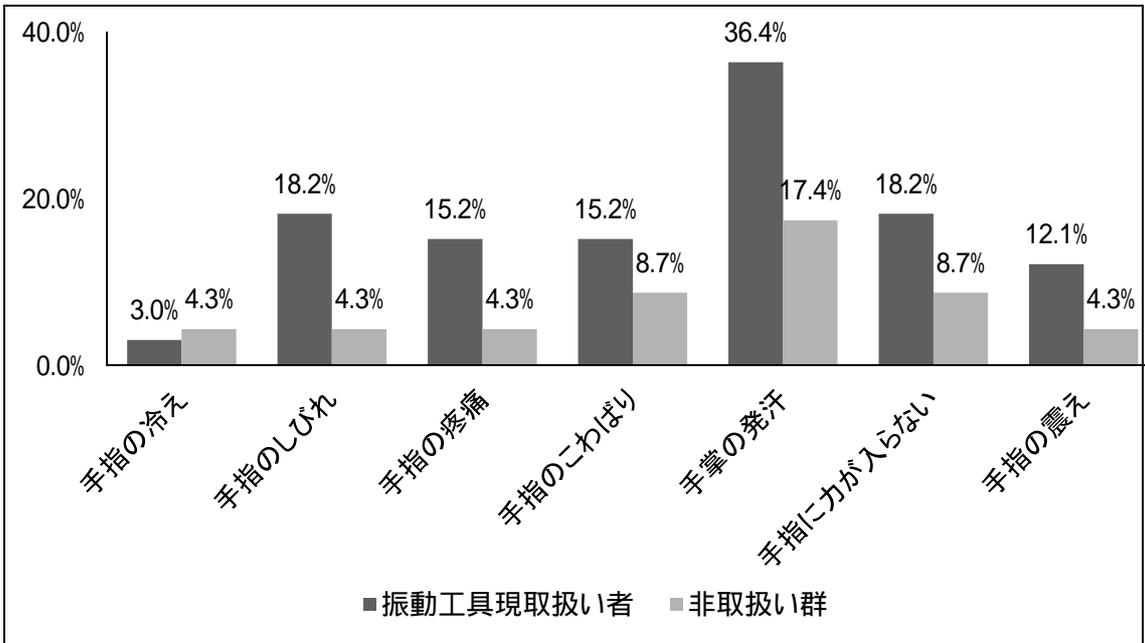


図7．手指症状

頸肩腕の自覚症状について、「首が痛い」、「腕がだるい」の項目で有意傾向が認められ、いずれも、非取扱い群に

くらべ振動工具現取扱い群の有訴が多かった(図8)。

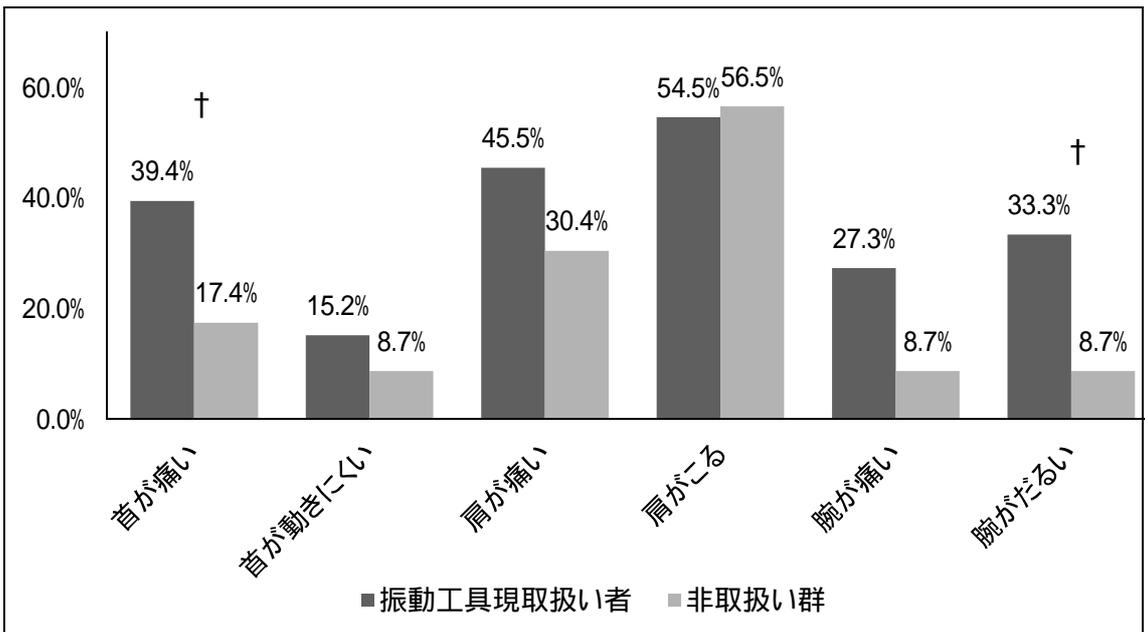


図8．頸肩腕症状

†: <0.10

頭部症状については、「難聴」の自覚症

状が非取扱い群に比べ、現取扱い群で

有意に高かった。また、「頭痛」、「耳鳴り」の項目で有意傾向が認められ、い

ずれも、非取扱い群にくらべ振動工具現取扱い群の有訴が多かった(図9)。

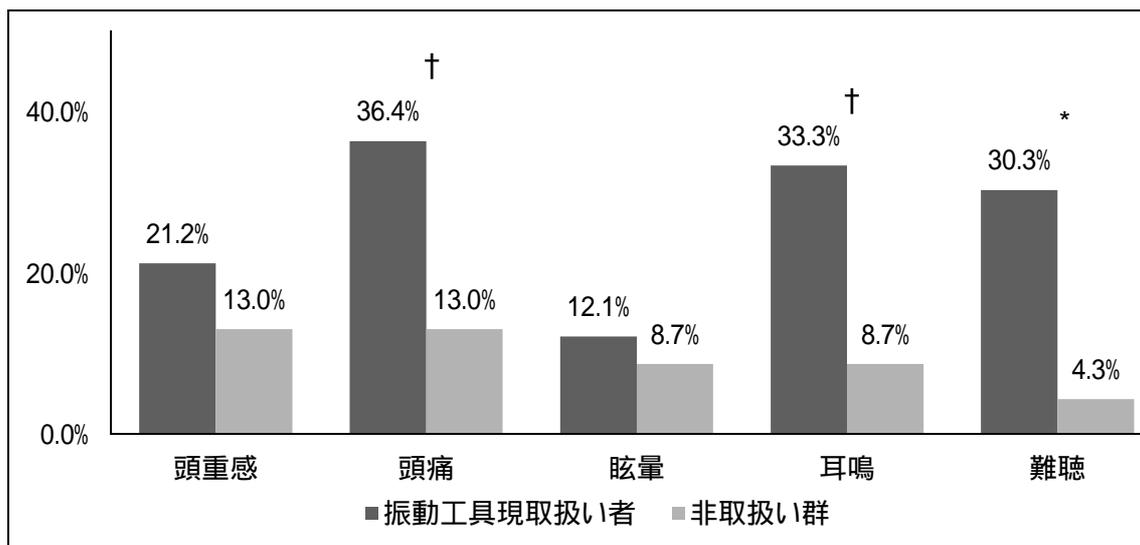


図9 . 頭部症状

†: <0.10, *: <0.05

腰痛の自覚症状について、統計学的有意差が認められた項目はなかったが、

全ての項目において振動工具現取扱い群の有訴が多かった(図10)。

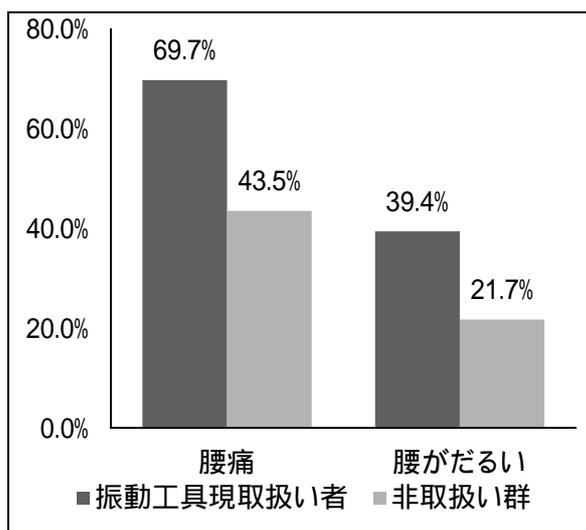


図10 . 腰部症状

下肢の自覚症状について、統計学的有意差が認められた項目はなかったが、下肢痛を除いて、全ての項目において

振動工具現取扱い群の有訴が多かった(図11)。

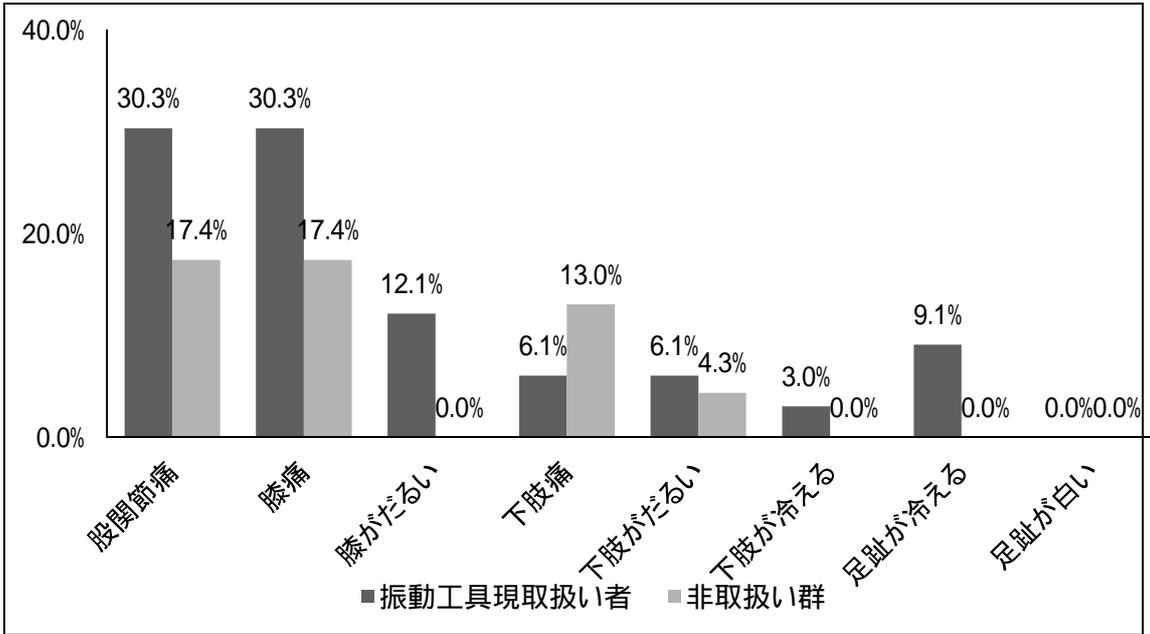


図 1 1 . 下肢症状

精神症状については、「イライラ」と「朝起きてぐったり」の自覚症状が非取扱い群に比べ、現取扱い群で有意に高かった（図 1 2）。

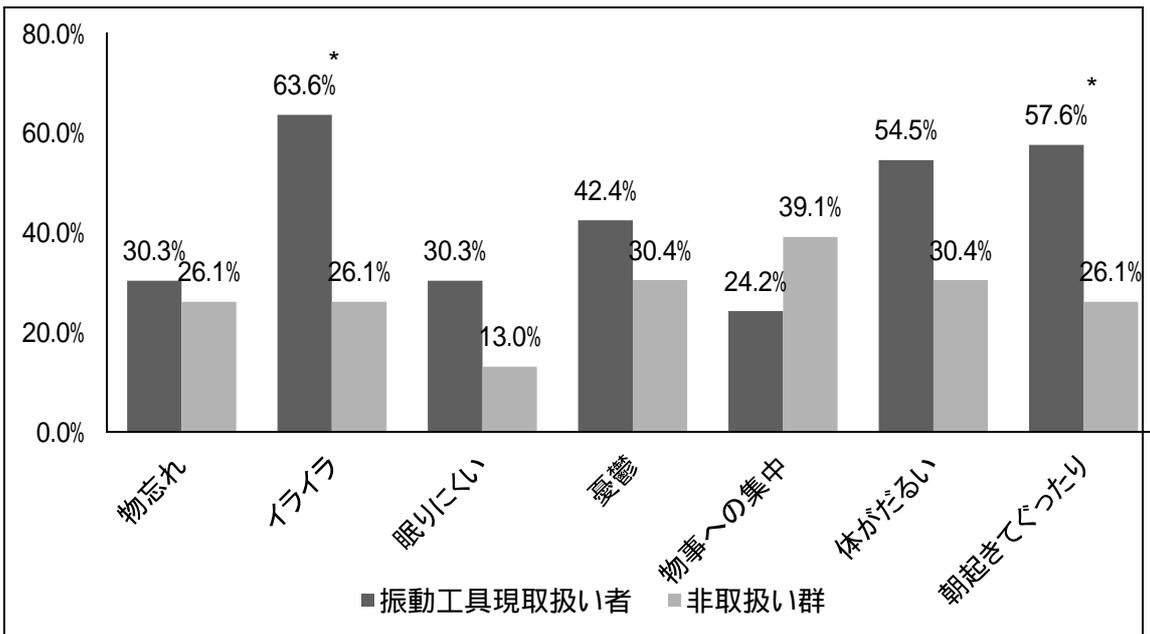


図 1 2 . 精神症状

その他自覚症状については、統計学的有意差が認められた項目はなかった。

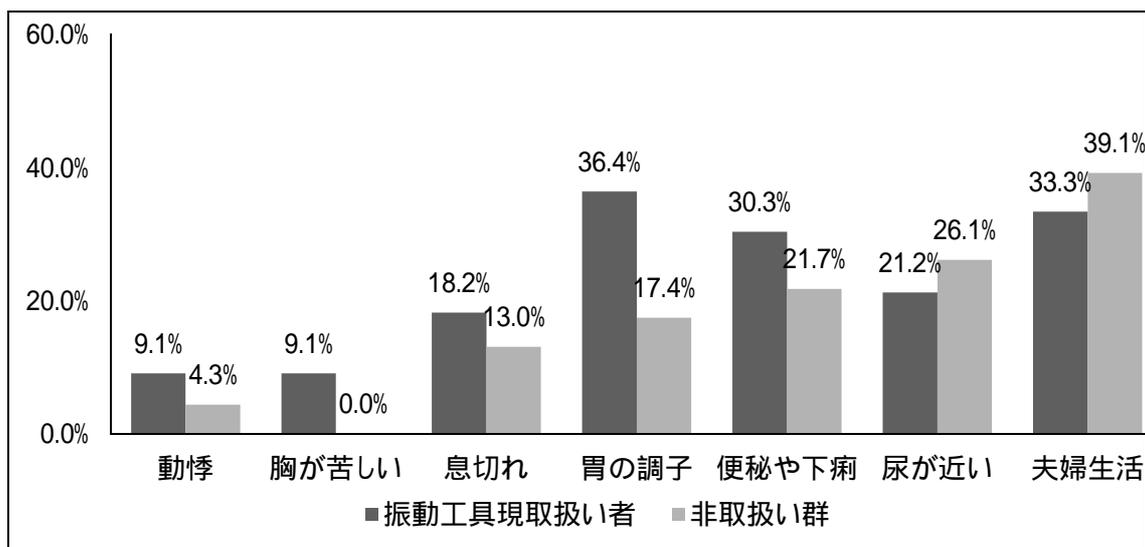


図 1 3 . その他の症状

日常生活動作における自覚症状については、非取扱い群においてほとんどの項目が有訴がなく統計学的比較はできなかつた。しかし、現取扱い群では、

「物を落としやすい」、「買い物袋を長く持てない」、「字を書きにくい」などで有訴が多かつた。

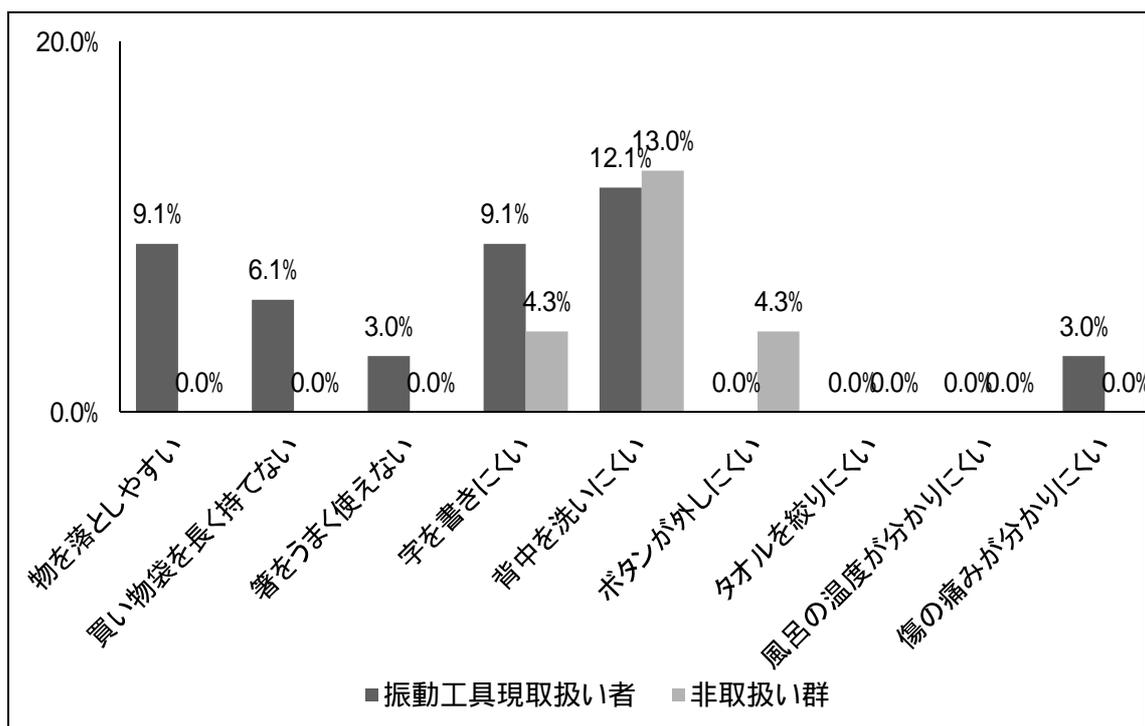


図 1 4 . 日常生活動作

4. 考察

本研究から、振動工具取扱いにおける作業管理、健康管理、労働衛生教育など労働衛生管理が不十分であることが明らかになった。作業管理面では、振動工具使用時に発生する粉塵のための防じんマスクの着用率は高いが、防振手袋の使用や振動工具の取扱い時間の管理は不十分であった。一方、防振手袋は、クッション材が厚いものが多く、作業手順によっては作業に支障が出る可能性もあり、使用されていない可能性が考えられる。振動工具取扱い時間については、事業所において、「周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値」及び「振動ばく露時間」で規定される1日8時間の等価振動加速度実効値（日振動ばく露量A（8））に基づく振動障害予防対策が十分に周知されていない可能性がある。健康管理面では、振動工具の取扱い業務に係る特殊健康診断が行政通達によるものであるため、労働者に積極的に受診勧奨が行われていない可能性がある。労働衛生教育に関しても、振動工具を取り扱う作業場では、粉塵や特定化学物質、有機溶剤など他の有害物も扱われている可能性が高く、振動工具に関する教育は不十分になっている可能性がある。

振動工具取扱い作業員において、全身に及ぶ自覚症状を持っている者の

割合が高いことが分かった。振動工具取扱い者は、健康診断で少なくとも問診と医師診察により、簡易なスクリーニングを行うことが効果的であるかもしれない。また、手指の症状よりも腰部や頸肩腕部などの身体症状や精神症状の有訴率が高かった点については、振動曝露によるメンタルヘルスへの影響に関する更なる調査を行う必要があると考える。

職場における振動工具取扱い作業の適正な管理のため、「振動障害総合対策の推進について」（平成21年7月10日付け基発0710第5号）に基づき、産業医等が主導して振動障害防止対策の啓発・推進が必要である。

5. 健康危険情報

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

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末梢神経障害については病態や重症度が十分に明らかになっていない。本研究では、振動工具取扱い者と健常者に神経伝導検査を行い、振動工具取扱い者における末梢神経障害の機序を明らかにし、神経伝導検査による評価の振動障害早期スクリーニングとしての有用性の検討を行った。

【目的】

労働者における振動障害では、長期間にわたって振動工具を使用することで、循環障害や末梢神経障害などの様々な症状を呈する。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専門的な検査を行うのは、その中でも振動障害の自覚症状がある人のみである。本研究では、振動工具取扱い者と健常者に神経伝導検査を行い、振動工具取扱い者における末梢神経障害の機序を明らかにし、経

時的な振動障害の重症度の変化、神経伝導検査による評価の振動障害早期スクリーニングとしての有用性の検討を行った。

【方法】

2016 年夏期から 2017 年夏期まで約 6 ヶ月ごとに 3 回に渡り、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、神経伝導検査(NCS : Nerve Conduction Study)を行った。

質問紙内容(一部抜粋)は別の分担研究で述べたものと同様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 NCS 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) を調べるこ

によって解析した。NCS は、図 1 のように 2 点 (A 点 B 点) の刺激点を取り、この刺激点からの活動電位の時差が AB 点の伝導時間となり、その距離より神経伝導速度を計算し、そのほかに活動電位の振幅と運動神経の遠位潜時を測定した。

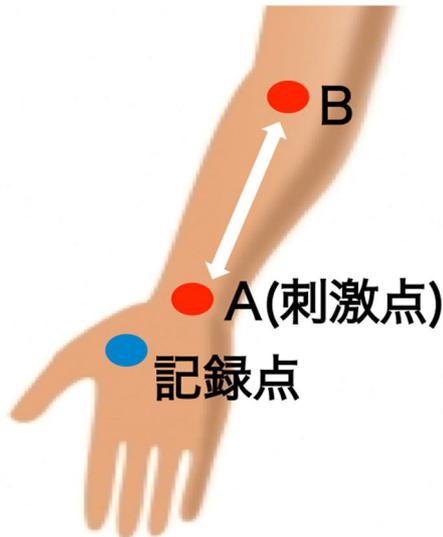


図 1 神経伝導検査の方法

【結果】

質問票による自覚症状では、振動障害に特徴的な手腕自覚症状の有無 (レイノー現象、手のしびれ、冷え、痛み) 4 項目のうち 2 項目以上を訴える割合は、曝露群に多い傾向を認めた。また、曝露群に喫煙者が多かった (表 1)。

	2016 summer		2016 winter		2017 summer	
	取扱い群 (n=35) N/Mean (SD/%)	対照群 (n=29) M/Mean (SD/%)	取扱い群 (n=40) N/Mean (SD/%)	対照群 (n=28) M/Mean (SD/%)	取扱い群 (n=35) N/Mean (SD/%)	対照群 (n=27) M/Mean (SD/%)
年齢	34.9 (11.4)	42.4 (11.6)	36.9 (11.3)	42.9 (11.0)	37.8 (11.8)	43.3 (10.9)
喫煙有	19 (54%)	7 (20%)	22 (55%)	5 (18%)	17 (47%)	4 (15%)
自覚症状 有	10 (26%)	3 (10%)	13 (32.5%)	3 (11%)	12 (33%)	4 (15%)

表 1 被験者の特徴

神経伝導検査における振動工具曝露群と対照群との比較では、左右正中神経の感覚神経活動電位の振幅は 3 回の検査にいても曝露群で有意に低下していた ($p < 0.05$, 図 2)。尺骨神経の感覚神経活動電位の振幅に関しては一部で 2 群間に有意差がみられた (図 3)。また右手の正中神経の感覚神経 NCV は曝露群で有意に低下し (図 4) 遠位潜時は遅延する傾向が見られた (図 5)。正中神経運動神経の振幅に関しては有意差を認めなかった (図 6)。

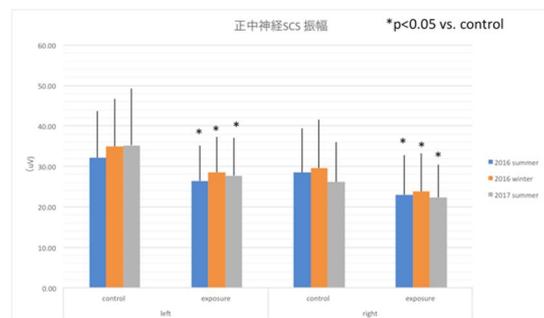


図 2 正中神経 感覚神経振幅

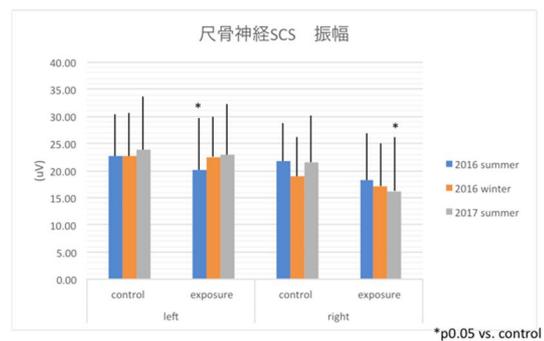


図 3 尺骨神経 感覚神経振幅

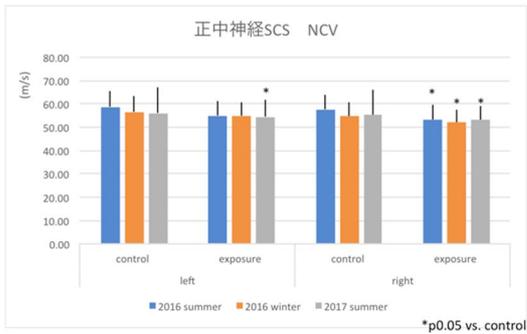


図 4 正中神経 感覚神経 NCV

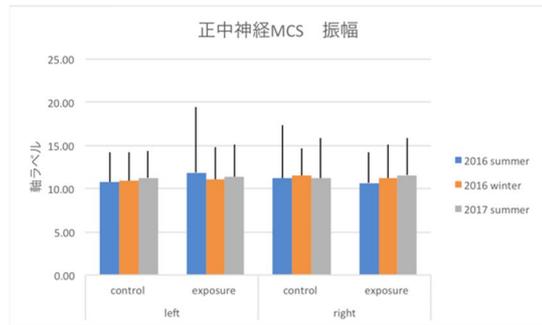


図 6 正中神経 運動神経振幅

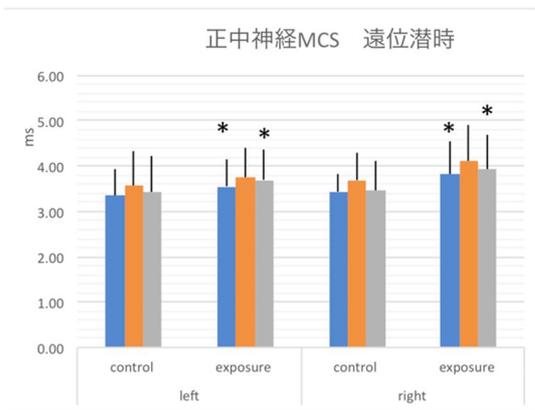


図 5 正中神経 遠位潜時

【結論】

これまでの本研究では、振動曝露により、運動感覚神経共に神経伝導の遅延や活動電位が低下する傾向がみられた。特に正中神経の感覚神経ではいずれの期間でも 2 群間に有意差がみられた。

手持ち振動工具の職業的長期使用により生じる振動障害は、昭和 52 年 5 月 28 日付けの基発 307 号通達に基づき、一定の条件を満たせば振動障害として職業病認定を受けることができる。認定可能な条件として、以下の 3 つの場合があげられている。1) レイノー現象が確認できた場合、2) 末梢循環機能障害、末梢神経機能障害、骨・関節系の運動機能障害の 3 障害のうち、いずれかが著明である場合、3) 上記の 3 障害が全て認められる場合である。本研究により、神経伝導検査による振動障害の評価は早期スクリーニング検査として有用である可能性を示している。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、利き手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各神経のパラメーターとの精緻な分析を行っていく予定である。

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