

となることが示唆された。今年度は、これらの研究成果をもとに、本検査法が振動障害における末梢循環機能検査の新たな検査体系の一つとして応用可能となるべく、以下の検討を行った。まず、末梢循環動態は検査時の室内環境、特に環境温の影響を受けるため、室温の変化が測定値に与える影響について検討を行った。次いで、末梢循環障害に係る所見は、年齢等の要因により少なからず修飾されると考えられるため、振動曝露の影響がない健常者を対象に、冷水負荷試験における手指皮膚血流の測定を実施し、加齢が検査値に及ぼす影響について検討をするとともに、これをふまえて年齢を加味した基準値の設定を試みた。さらに、振動工具取扱いで手指にレイノー現象を有する患者の検査結果と比較することによって設定した基準値の妥当性についても検討を加えた。

環境温に対する検討では、健常な成人男性7名（平均年齢：34.7歳）を対象に、恒温恒湿室において、室温25℃、23℃、21℃、湿度60%の温熱条件を設定し、それぞれの環境下でレーザー血流画像化装置（PERIMED社製 Periscan PIM-II）を用いて手指皮膚血流を測定した。次に、冷水浸漬に伴う手指皮膚血流の変化に対する加齢の影響についての検討では、日常、振動工具を使用しない、あるいは、刈払い機などの低振動の工具を少ない頻度で使用している30～59歳までの男性60名（平均年齢：44.5歳）を対象に、10℃10分法による冷水負荷試験を施行し、その間の手指皮膚血流の連続的な観察を行った。また、年齢を加味した基準値の応用について検討するために、主にチェーンソーを使用して林業労働に従事していた者で、手指にレイノー現象を有する振動障害患者8名（平均年齢：53.9歳）の検査結果との比較を行った。

その結果、①手指皮膚血流は室温の低下にしたがって減少したが、被験者個人における各条件下での変化をみると、25℃条件下と比較して23℃では手指皮膚血流が減少する者、ほとんど変化しない者の両方が認められ、個人差が大きくなる傾向にあった。一方、21℃では明かな減少を示し、有意な差が認められた。②冷水負荷試験における手指皮膚血流の変化に対する加齢の影響をみると、冷水浸漬中の手指皮膚血流は年齢階級が上がるにつれて低値となり、浸漬終了後の回復についても遅延していた。また、加齢の影響は40歳代まではあまりみられないが、50歳代以降では大きくなる傾向にあった。③年齢階級別の基準値を設定し、これを用いて評価を行ったところ、レイノー現象を有する振動障害患者の手指皮膚血流は、冷水浸漬中および終了後の回復期のいずれにおいても基準値に対して著しく低値を示した。

以上のことから、レーザー血流画像化装置を用いた手指皮膚血流の測定を行うにあたっては、他の循環機能検査法と同様に、検査室内の環境温の統制が重要であることが示唆され、今回の検討からは室温21℃、23℃と比較して、25℃前後の温度を設定するのが望ましいと考えられた。また、冷水負荷試験における手指皮膚血流の

変化に対しては加齢による影響が少なからず認められ、検査結果の評価にあたっては年齢を加味した基準値が必要であることが示された。これらをふまえ、健常者の検査結果に基づいて年齢階級別の基準値を暫定的に設定したが、レイノー現象を有する患者の検査結果との比較検討から、振動障害における末梢循環障害の診断への応用が期待された。今後は、さらに検査症例を重ねて、その有効性を検証するとともに、末梢循環障害の重症度の評価に対して、あるいは類似疾患との鑑別に対しての本検査法の可能性について検討する必要があると考えられた。

## ② レーザードップラー血流計による皮膚灌流圧測定

振動業務における末梢循環障害を的確に評価するためには、その主症状である手指のレイノー症状の客観的評価法を確立することが必要である。昨年度の研究で、レイノー症状の末梢循環障害に対し、レーザードップラー血流計による皮膚灌流圧測定が有用な評価法になりうる可能性が示唆された。本年度は、この結果を踏まえ、皮膚灌流圧測定をより詳細に検討し、評価法として確立することを目標とした。また、振動業務従事者が高齢化しているため、高齢者に多く認められる閉塞性動脈硬化症や糖尿病性壊疽例などの、振動業務における末梢循環障害以外の末梢閉塞性動脈疾患と比較検討し、それぞれの特徴や鑑別診断の可否について検討を行った。年齢別に測定値を解析し、同時に従来行われてきているレーザードップラー血流計を用いた趾動脈圧測定値との相関、治療を要する群と治療が不要な群との間に cut-off 値を設定することが可能かどうか併せて検討した。

振動障害認定患者を含めレイノー症候群患者 23 例、閉塞性動脈硬化症 38 例、閉塞性動脈硬化症を併存するものを含めた糖尿病性壊疽 23 例など、基質的な動脈閉塞を有する末梢循環障害患者について検討を行った。皮膚灌流圧測定は兼高らの報告した測定方法に従い、Vasamedics 社製の Laser Dopp PV-2000 を用い、室温 25 度の検査室で仰臥位にて測定を行った。レイノー症候群患者では、左右第 3 指の安静時皮膚灌流圧を測定した後、右手関節以遠を 0 度の氷水に 1 分間暴露、暴露終了 5 分後に右第 3 指の皮膚灌流圧を測定した。左側も同様の手順で測定を行ったのち、両側の上腕動脈血圧を測定した。

その結果、①レイノー症候群では、寒冷刺激により皮膚灌流圧は有意に低下しており、1 次および 2 次レイノー現象と正常肢を鑑別できる。②主幹動脈閉塞を有する閉塞性動脈硬化症肢では、足関節部動脈圧の低下と一致した有意な灌流圧低下がみられ、特に重症虚血肢の重症度評価に有用であった。③病悩期間の長い糖尿病例では、動脈壁の石灰化のため足関節部動脈圧値の信頼性は低下し、皮膚灌流圧測定による重症度評価が有用であった。④皮膚灌流圧測定値は足趾動脈圧と有意な相関を示した。⑤足部虚血性潰瘍例では、皮膚灌流圧測定値が治癒の予測に有用であった。

以上のことから、レーザードップラー血流計を用いた皮膚灌流圧測定は、レイノー症候群の存在診断、1 次および 2 次レイノー病と正常指との鑑別、器質的動脈閉塞

を有する肢との鑑別診断、糖尿病などのために足関節部動脈圧測定値の信頼性が低下した虚血肢における虚血重症度評価、虚血性潰瘍例における治癒可能性の予測、などに極めて有用な非侵襲的診断法と考えられる。

### ③ 末梢神経障害に対する電気生理学的検査

振動障害によって生ずる末梢神経障害について電気生理学的に評価するためインテグレーションテクニックなどを応用した神経伝導検査を行い、健常者・変形性頸椎症や振動障害以外の絞扼性神経障害患者・振動障害患者に対してそれぞれ比較検討した。これらの結果の一部は昨年度までの委託研究報告書として報告してきた。これまでの研究結果から振動障害患者は末梢優位の末梢神経障害に絞扼性神経障害や頸部脊椎症などを合併している可能性が考えられたが、加齢による変化や振動障害以外の原因による末梢神経障害、絞扼性神経障害、頸部脊椎症などとの違いは十分には理解されていない。また、振動障害の認定を受けた患者を対象にしているが、高齢の患者が多く、加齢による変化との区別も重要である。従って、昨年度までの研究を進展させ、振動障害の電気生理学的スクリーニング法を確立するために、高齢者や振動障害以外の各種疾患が疑われる症例と振動障害患者とを比較検討する必要があると考えられる。

50歳以上で明らかな末梢神経障害の原因となりうる疾患（糖尿病など）がなく、脳卒中や下肢の整形外科的疾患（大腿骨頸部骨折など）のため慶應義塾大学月が瀬リハビリテーションセンターにリハビリテーションのために入院している患者、又は、絞扼性神経障害や頸椎症などが疑われ同センターに筋電図検査のため来院した患者に対し、昨年度振動障害患者に行ったものと同じようなインテグレーションテクニックなどを応用した検査を行った。脳卒中による片麻痺患者では非麻痺側で検査を行った。症例数は11名（15肢）、平均年齢は71.4±9.2歳であった。疾患の内訳は脳卒中患者6名、大腿骨頸部骨折患者2名、変形性股関節症患者1名、頸椎症患者2名であった。各種検査結果において昨年度の振動障害患者の結果と非振動障害患者の結果を比較検討した。

その結果、①昨年度行った振動障害認定患者の検査結果から、正中神経の遠位潜時・MCV・SCVおよび尺骨神経の遠位潜時・MCV・SCVなどについて文献的に求めた年齢を調整した正常値と比較したところ、22名44肢において、正中神経・尺骨神経ともに異常を認めめたのは19肢（43%）、正中神経のみに異常を認めめたのは3肢（7%）、尺骨神経のみに異常を認めめたのは14肢（32%）、どちらにも明らかな異常を認めなかったのは8肢（15%）であった。

また、②振動障害以外の患者で同様に年齢を調整した正常値と比較したところ、11名15肢において、正中神経・尺骨神経ともに異常を認めめたのは0肢（0%）、正中神経のみに異常を認めめたのは6肢（40%）、尺骨神経のみに異常を認めめたのは6肢（40%）、どちらにも異常を認めなかったのは3肢（20%）であった。正中神経のみ

に以上を認めた患者のうち、1名では手指の正中神経領域にしびれを認め、伝導速度検査からも手根管症候群が疑われた。尺骨神経に異常を認めた患者では明らかに尺骨神経の障害を疑わせる臨床所見はなかった。

以上のことから、振動障害患者では異常は1つの神経のみならず正中・尺骨神経の両方に異常を認める例が多いことが示唆された。正中神経と尺骨神経では尺骨神経の方が異常の頻度が高かった。一方、振動障害以外の患者では、2つの神経にまたがった異常は認められなかった。正中神経の異常では感覚神経の遠位潜時の異常が4肢で認められたが、いずれも杖を長期間使用しており、杖による圧迫の影響が考えられた。尺骨神経の異常では肘部管を挟んでの伝導速度低下を3例で認め、軽度の肘部管症候群の合併も考えられた。それ以外では肘下での伝導速度の異常が2肢、運動神経の遠位潜時の遅れが1肢で認められたが、いずれもごく軽度の異常であった。これらの結果から、振動障害のスクリーニング検査としては正中神経・尺骨神経の両方に異常を認めることが手がかりとなる可能性が考えられたが、臨床所見の重症度などとの関連についてより詳細に検討する必要があると考えられた。

#### ④ 振動障害に対するMRIを用いた運動機能評価の試み

振動障害における運動機能の評価は、持久性・巧緻性などの要素もあるが、関節機能と筋力評価が中心となる。しかし握力・徒手筋力テストなど、従来の方法では被検者自身の最大努力が測定の前条件となり、客観的な評価方法とは言い難い。われわれは、脱神経筋および再神経支配筋のMRIでの変化について研究を重ね、末梢神経障害による脱神経の評価には骨格筋MRIのT2強調画像が有用であることを明らかにしてきた。本法は検者の技量や被検者の状態に影響されることがなく、常に安定した客観的所見を得ることができる点で優れた方法である。昨年度和歌山県立医科大学で施行した振動病患者のMRIで、前腕・手部の筋肉においてどのような変化が起きているのかを検索したが、今回、振動障害を含む末梢神経障害群に対するコントロール群として、健常人19人、19肢を対象に肘関節部～手部のMRIを撮像し検討を加えた。さらに、末梢神経麻痺症例を前腕・手部のMRI検査（輝度分類4段階）Grade 0～Ⅲとの比較を行った。

明らかな上肢の外傷歴や手術歴がなく、頰椎症性の神経障害を持たない健常人ボランティア19人19肢（右16肢、左3肢）を対象とした。内訳は40歳代5人、50歳代5人、60歳代5人、70歳代4人であり、平均年齢は59.1歳であった。装置はGE横河社製1.5TのMRI装置を用い肘部から手部へかけてのT1強調画像、T2強調画像、T2脂肪抑制画像を撮像した。さらに橈骨神経麻痺および後骨間神経麻痺を呈する30症例のMRIを合わせて解析した。

その結果、①各年齢層でT1強調画像、T2強調画像、T2脂肪抑制画像ともに、前腕屈筋群、伸筋群、手内筋ともに明らかな輝度変化を認めず、脱神経を示唆するような所見はなかった。②加齢に伴うさまざまな関節症、筋肉の変性、萎縮はMRI

上の輝度変化に反映されなかった。③橈骨神経麻痺例では全例で長・短橈側手根伸筋および総指伸筋に T2 強調像およびその脂肪抑制像で高信号変化を、後骨間神経麻痺例では全例でその支配神経である総指伸筋に T2 強調像およびその脂肪抑制像で高信号変化を生じた。

MR I は神経麻痺例ではその支配領域のみに筋の信号変化を生じ、逆に神経麻痺のない場合、加齢のみではまったく信号変化を認めなかったことより、false positive および false negative のない優れた検査手段であることが判明した。今回の結果から MR I は加齢の影響をまったく受けず、末梢神経障害の検査方法として神経麻痺の要素のみを検討しうる有用な方法と評価できた。しかしながら MR I の輝度変化と末梢神経障害の程度との相関関係など、今後振動障害を含めた末梢神経障害の MR I 所見（特に T2 強調画像）のさらなる詳細な検討、分類が必要であると考えられた。

本法の問題点としては、MR I の輝度評価が読影者の主観に頼ることで、現時点での評価は定性的定量に留まることである。明らかな輝度変化が認められる場合は問題ないが、Grade 0 と 1 の間のような微妙な変化、受傷初期の軽微な変化に関しては診断に悩まされるケースも少なくない。これらの問題点に関しては、画像所見に客観性を持たせる方法（T2 値の測定といったデータの定量化）、受傷初期の変化を捉えることのできる撮像法の工夫といったことに関する検討を加えていく必要があると思われる。MR I の輝度変化と末梢神経障害の程度との相関関係など、今後振動障害を含めた末梢神経障害の MR I 所見（特に T2 強調画像）のさらなる詳細な検討、分類が必要であると考えられた。

また、麻痺発生からの期間は急性期では Grade II の高輝度を、慢性期では Grade III の高輝度を呈するものが多かった。つまり脱神経筋の高輝度の Grade 分類は麻痺発生からの期間と相関が見られた。さらに、複数回 MR I を撮像した症例の検討から、T2 強調画像での高輝度の Grade 分類が経時的に改善、もしくは Grade I、II で不変であれば、予後は良好であり、Grade III が長期間持続すれば予後は不良と推測された。

#### ⑤ 課題

本年度の検討課題のうち、評価基準の設定については、新たな検査体系を確立しその応用をはかる上で引き続き重要な課題であろう。とりわけ、振動障害における末梢循環障害、末梢神経、運動機能障害の重症度の評価、あるいは類似疾患との鑑別に際しての基準値の検討が課題として残されている。

室温等測定環境については、それぞれの検査法ごとの望ましい条件がすでに定まっているものが多く、今回の検討結果から望ましい条件が導かれている。また、加齢による影響についても、既に検討がなされているものが多く、今回の検討内容にも反映されている。

以上、本年度の研究目的に掲げられた各項目について検討された概要であるが、

今回の検討対象は、限られた症例での検討であり、さらに、多くの対象者および、より多くの類似疾患への応用等、新たな検査体系を構築するための検討を引きつづき行なう必要がある。

### Ⅲ (独) 労働者健康福祉機構振動障害研究センターの研究成果

平成 16 年 4 月 1 日、独立行政法人労働者健康福祉機構が設立されたが、被災労働者の早期職場復帰及び勤労者の健康確保という労働政策の推進に寄与するため、全国の労災病院に労災疾病研究センター（12 か所）、労災疾病研究室（20 か所）を設置し、職場・職業に深く関連する労災疾病等 12 分野について、高度・専門的医療、モデル医療技術の研究・開発、普及に取り組んでいる。

このような中、山陰労災病院に振動障害研究センターが設置され、那須吉郎氏が主任研究者となって振動障害のより迅速的確な診断法の研究・開発、普及に取り組むこととなり、研究については、平成 16 年度から 18 年度の 3 か年計画で実施されることとなった。

平成 17 年 12 月 14 日、「末梢循環障害の他覚的評価法としての FSBP%」を研究テーマとした中間報告書による研究成果が独立行政法人労働者健康福祉機構から厚生労働省に提供されたところであるが、その概要は以下のとおりである。

#### 1 研究目的及び結果

振動障害は末梢循環機能障害、末梢神経機能障害、骨・関節系の運動機能障害の三障害から構成される。その中で振動障害の最も特徴的な症状は末梢循環機能障害のレイノー現象であるが、その持続時間は長くても 15 分以内であり、多くの場合は数分で消失することから、医師が直接視認できる例は皆無の状態であり、カラー写真でレイノー現象の確認が出来る症例は極少数例である。

末梢循環機能障害の診断として、本邦で行われているのは安静時皮膚温測定、10℃、10 分の片手冷水浸漬による冷水負荷皮膚温テスト、安静時および冷水負荷後の爪圧迫テストである。なかでも冷水負荷皮膚温テストが重要視されているが、レイノー現象との相関は極めて低いことが問題である [1, 2]。

1994 年に行われたストックホルムワークショップで、疫学調査上、振動工具使用者のレイノー現象の確認方法は、医師がカラー写真を含め直接視認する時、または FSBP% がゼロの場合にはレイ現象ありと判定し、これらの条件以外では訴えがあるが未確認とする取り決めがなされたことから [3]、FSBP% の高い信頼性 [4-12] を裏付けられるものと考えられる。さらに、フィンランドでは振動障害の業務上認定では、問診でレイノー現

象が確認でき、さらにFSBP%の値が60%以下であることが必要条件となっている。(参考までに付記すると感覚機能テストは客観性に欠けることから認定上は考慮されていない。) スウェーデンでもほぼ同様であった。

以上のことから、FSBP%の信頼性は高いと考えられる。労災病院グループ研究として6施設(実質5施設)で平成7年4月1日より平成10年3月31日の期間にFSBP%の診断精度に関する研究を行った。今回は行政側の要求に基づき、さらに多くの症例を集積することを目的とし、2年計画で6施設(美唄、岩見沢、山陰、愛媛、九州、熊本の各労災病院)によるFSBP%の診断精度に関して共同研究をプロジェクト研究として計画された。FSBP%に係わる研究開発計画作成に平成16年4月に着手し、同年11月に研究開発計画を労働者健康福祉機構業績評価委員会医学研究評価部会に受審し、さらに同年12月に研究開発計画を労働者健康福祉機構医学研究倫理審査委員会受審を経て研究開発開始の手順でスタートした。

当初の計画では冷水負荷皮膚温テストとの間で診断精度を比較することも大きなテーマのひとつであったが、振動曝露群の平均年齢から推察できるように被検者が高齢化しており、危険性を伴う冷水負荷皮膚温テストが施行できた例は極めて少なく比較は出来なかった。正常対照群で喫煙習慣がFSBP%に及ぼす影響<sup>[17]</sup>も、症例が少なく分析できなかった。

施設間で測定値のばらつきの検討では表4に示すように有意差が認められなかった。

対象群の各年代別に見たFSBP%の分布では、70歳代の症例数が少なかったが、20歳代から60歳代までは、Bovenziの結果<sup>[17]</sup>と同じで、年代による差はなかった。対照群、振動曝露群を全体としてみた時の比較では両群間にFSBP%の平均値には有意差が認められ、振動曝露群のなかで過去にレイノー現象のなかったグループのFSBP%の平均値と対象群のそれとの間には有意差はなかった。対照者と振動障害者群のサブグループとの間でのFSBP%の平均値の比較では、対照群のFSBP%の平均値に対して有意の差があったのは、以前レイノー現象あり群と現在レイノー現象あり群であり、振動障害者群のサブグループ間でのFSBP%の平均値の比較では、レイノーなし群と比較し、過去レイノーあり群との間では有意差はなく、レイノー現象が現在もあり群との間でのみ有意差を認めた。

検査室でのレイノー現象ありと世界的な合意事項である、FSBP%がゼロの症例は、室温が20℃台で65例中6例(9.2%)、室温が21℃台で35例中5例(14.3%)、室温が22℃台で64例中6例(9.4%)、室温が23℃台で38例中2例(5.3%)、室温が24℃台で47例中2例(4.3%)で、室温が24℃以上になるとFSBP%のゼロ例の出現頻度は少なくなると思われた。結論的に言えば、室温21±1℃、室温23±1℃ではそれぞれ、11名と8名がFSBP%のゼロを示した。また、全例がレイノー現象現在あり群であった。

振動曝露群で、2つの室温条件つまり、室温21℃群(20.0~21.9℃)と室温23℃群(22.0~24.0℃)で測定されたFSBP%の間には有意相関関係が認められ、縦軸に室温21℃群のFSBP%値、横軸に室温23℃群のFSBP%値をとり、散布図の中の相関式では、普通の回

帰式  $Y=0.01+0.88X$  ( $R^2=0.572$ )、関数関係解析では、 $Y=4.33+0.82X$  ( $R^2=0.504$ ) だった。いずれも有意相関を認めた。室温管理の困難な施設も考えられ、室温  $23\pm 1^\circ\text{C}$  での測定された FSBP%の値を回帰式により室温  $21^\circ\text{C}$ 群の値に換算することが可能になると考えられた。

対照群で測定された FSBP%値からみた施設間の差についてみると、表 10 に示すように施設間の差は見られなかった。測定に関して山陰労災病院振動障害研究センターが中心となって検査者の研修を行ったことが有効であったと考えられるが、測定に習熟することにより、この差はまだまだ小さくなると考えられる

診断精度についてみると、室温が変わると、FSBP%の同一 cut-off 値では、敏感度、特異度が大きく変化する。ここでは、室温  $21^\circ\text{C}$ 群で検討する。業務上外を決定するための診断と考えると特異度を高く設定する必要がある。その観点からは FSBP%の cut-off 値は 60%—70%の間が妥当であろうと考えられる。

FSBP%の cut-off 値を 70%にすると、対照群における特異度は 92.7%、振動曝露群の特異度は 70.0%、敏感度は 72.5%となる。このような cut-off 値 70%を基準とすると、健康者の約 8%に異常値が見られることになる。振動曝露群の敏感度は 72.5%となり、約 3 割の症例が除外される可能性がある。cut-off 値を 65%にすると、対照群における特異度は 97.1%、振動曝露群の特異度は 70.0%、敏感度は 72.5%となる。cut-off 値 70%を基準とすると、健康者の約 3%に異常値が見られることになる。振動曝露群の敏感度は 68.1%となり、約 3 割の症例が除外される可能性がある。cut-off 値を 60%にすると、対照群における特異度は 98.6%、振動曝露群の特異度は 70.0%、敏感度は 60.4%となる。cut-off 値 60%を基準とすると、健康者の約 1.5%に異常値が見られることになり、補償面からすると誤診率が約 1.5%になることになる。半面、振動曝露群の敏感度は 60.4%となり、約 4 割の症例が異常と判定されない可能性がある。

レイノー現象の出現頻度は、気候条件、本人の着衣を含めた防寒への工夫により大きく変化する。今回、golden standard として採用したレイノー現象の出現にしても、論理的厳密さからみると完全なものとはいえない。厳正な判断を下すには健康者を誤って障害ありと判断する率を出来るだけ、押さえることが重要であり、自覚症状としてのレイノー現象が出現しながら、その基準に満たない例には、再検査を一定の期間後に繰り返し、同じような結果が得られる時には救済する方法論もある。また、基準値に満たない場合は軽症であるとも考えることも可能である。

Bovenzi は室温  $20\sim 23^\circ\text{C}$ で、冷却温度  $10^\circ\text{C}$ 、5 分間のクーリングでの FSBP%の測定を対照群 455 例、振動曝露群 847 例で測定し、FSBP%の cut-off 値 60%を提案している [17、18、19]。また、EU 諸国では今後 FSBP%の cut-off 値に対して基準値を決定する方向にあると聞いている。フィンランド、スウェーデン、イギリスでは cut-off 値 60%を採用しており、レイノー現象の臨床症状と一致しない時には、つまり、レイノー現象があるにも関わらず、FSBP%が異常値を示さない場合には、半年、1 年後、2 年後に再検査を行なって判断



するとしている。わが国でも公平な判断を行なうには、フィンランドのような基準を用いるのが適切と考える。症例を重ねて基準を見直すことも必要であろうし、また、わが国の基準がEUの基準から大きくかけ離れた基準であれば国際間の比較にも支障が生じるであろう。

今回の報告は中間報告なので今シーズンの測定継続が許されており、症例が増えることにより、より診断精度の高い結果が得られる可能性が高いと考える。

## 2 まとめ

- (1) 対照群 87 例、振動曝露群 112 例の FSBP% を 6 施設で測定した。
- (2) 振動曝露群をレイノー現象が過去もなし群 11 例、過去あったが現在は出現しない群 31 例、現在も出現する群 70 例のサブグループに分類した。
- (3) 測定室温は施設により 2 種類、または 3 種類の室温で測定した。
- (4) 測定時間間隔は最低 30 分以上の間隔をあげた。
- (5) 対照群（非振動曝露群）では施設間の FSBP% の測定値に有意差はなかった。
- (6) 対照群と振動曝露群を全体として比較すると、室温 21℃ 群、室温 24℃ 群のいずれにおいても有意差があり、後者の値が小さかった。
- (7) 対照群と以前レイノー現象あり群との間、対照群と現在レイノー現象あり群との間には FSBP% の平均値に有意差を認めたが、対照群とレイノー現象ない群の間では FSBP% の値に有意差はなかった。
- (8) 振動患者群のサブグループ間では現在レイノー現象あり群と過去にレイノー現象があった群およびレイノー現象なし群との間には有意差があり、いずれも現在レイノー現象のある群の値が小さかった。しかしながら過去にレイノー現象があった群とレイノー現象なし群との間には有意差はなかった。
- (9) 検査室でのレイノー現象ありと認める、世界的な合意事項である FSBP% がゼロの症例は、室温が 20℃ 台で 65 例中 6 例 (9.2%)、室温が 21℃ 台で 35 例中 5 例 (14.3%)、室温が 22℃ 台で 64 例中 6 例 (9.4%)、室温が 23℃ 台で 38 例中 2 例 (5.3%)、室温が 24℃ 台で 47 例中 2 例 (4.3%) あった。
- (10) 室温 21℃ 群と 23℃ 群で測定された FSBP% の間には有意相関が認められた。
- (11) 診断精度は FSBP% の cut-off 値は 70~60% の値にあると考えられたが、補償の面からの厳正性、UE 諸国の動きから cut-off 値 60% を提案した。

## IV 振動障害の検査手技に係る国際標準化の動向

### 1 国際標準化の現状

国際標準化機構 (ISO/TC108/SC4、機械衝撃と衝撃の人体への影響) において、検査手技の国際標準化作業の取り組みが行われ、知覚機能検査法については 2001 年に国際標準が示され、2003 年には評価法も示されており、また、末梢循環機能評価法については現在、

標準化作業が進められている。

## 2 末梢循環系検査の国際標準化作業

### (1) 冷水浸漬手指皮膚温検査

I S Oでの検討では、両手を冷水に浸漬し、手指皮膚温の変動を測定して末梢循環機能を評価する方法が採用されており、その変動の測定は、手指に装着した sensor 若しくは赤外線による非接触式の point thermometry 又は一定の面積の皮膚温を測定する非接触式の thermography により行うこととされている。

冷水浸漬検査に用いる冷水温度については、12°Cを標準とし、浸漬時間については5分とすることが提案されているが、なお議論の余地があるとされている。

冷水浸漬中は薄い手袋を装着し、浸漬後の水分付着による蒸散熱の影響の除去、浸漬時の冷水刺激による苦痛の軽減を図ることが提案されており、また、少なくとも浸漬前2分から浸漬中(非接触式測定の場合は除く)、浸漬終了後15分まで全10指の皮膚温測定を1分以下の間隔で測定し評価することが提案されている。

なお、評価指標については、手指皮膚温実値、浸漬前値に対する回復率、一定皮膚温値までの回復時間等が文献的に検討されているが、I S Oの検討では、まだ特定されていない。

### (2) 冷却負荷手指血圧検査

冷却負荷手指血圧検査は、Segmental cooling による指動脈血圧の変化の測定(FSBP%)により末梢循環機能を評価する方法であるが、その方法としては主に二つあり、一つは、冷水環流カフを検査指の中節に装着し冷却して血圧を測定し、かつ、空気カフを基準となる同側非冷却指(対照指)の中節に装着し血圧を測定する方法である。

もう一つは、同側の4本の検査指(通常、人差指から小指)と対照指1本を検査する方法で、拇指と小指では基節、他の3指は手指中節にカフを装着する。通常、拇指は対照指であり空気カフを用いて血圧を測定し、他の4指には冷水環流カフを用いて冷却し血圧を測定する。

手指血圧の検出には、手指末節に装着した plethysmography sensor (strain-gauge、photocell、doppler-shift 等)を用い、手指に装着したカフの圧力を暫減し、血流再開時のカフ圧から求める。

I S Oでは、冷却負荷に用いる環流水の温度として30°C、15°C、10°Cが挙げられ、冷却時間は5分とされているところである。また、室温については、21±1°Cの条件が採用されそうな現状にある。

検査は両手で行うことが原則とされている。しかし、片手のみしか検査できない場合は症状の強い手を選択して検査することとされている。

また、測定は母指を非冷却の対照指、他4指を冷却指として同時に行うこと(上記後