

しうる可能性がある。さらには、水上からレーザー照射を行うことで冷水浸漬中も測定可能であるため、寒冷刺激に伴って著しく変化する手指の皮膚血流動態をリアルタイムにモニターできるといった利点もあり、本検査法は振動障害における末梢循環障害を診断するうえでの有益な情報を提供するものと考えられる。実際に、我々が昨年までの委託研究のなかで、チェンソーを取り扱う民有林の林業労働者や、道路環境の整備などの作業で刈払い機を低頻度使用する者を対象に行った検討からも、手指への振動曝露の程度やそれに伴う末梢循環障害の臨床所見を反映した特徴的な皮膚血流の反応が、冷水浸漬中やその後の回復過程で認められること、特に、2次元血流画像の解析からは、VWFの有症者が無症者とは明らかに異なる特異的な血流分布のパターンを呈し、寒冷誘発性に血流障害を起こす部位の同定が可能であることを示唆する結果を得ている。このようなこれまでの研究成果をもとに、本検査法の末梢循環機能検査としての有効性をさらに精査、検証することを目的として、振動障害の療養患者ならびに振動工具を取り扱う作業に従事していない健常対照者を対象とした実証検査を行った。

対象と方法

1. 対象者

対象者は、徳島健生病院、北海道岩見沢・美唄労災病院における振動障害の療養患者59名（療養群）とその対照者32名（対照群）であった。このうち、年齢、療養年数、振動曝露歴などの要件が予め設定した基準を満たさなかった者、また、投薬および他疾患による影響を考慮すべき者を除外し、療養群31名と対照群25名を分析の対象者として選定した。さらに、本検査法の検討においては、検査を実施しなかった対照群の1名と、測定不備のため撮像した画像イメージからの解析が困難であった療養群の2名を除外し、最終的に療養群29名（年齢：59.9±5.0歳、50～67歳）と対照群24名（年齢：59.3±5.1歳、50～68歳）を分析に用いた。また、対照群で環指末節部の欠損を認めた1名については当該指の解析から除外した。なお、検査は事前に対象者に対して目的な内容に関する文書と口頭による説明を行った後、文書による同意を得て行った。

2. 冷水浸漬試験（10℃10分法）

冷水浸漬試験は10℃10分法により施行した。冷水に浸漬する手指は症状の比較的強い側とし、症状が同程度、あるいは認められない場合は、原則として利き手側とした。冷水浸漬に際しては本検査専用の負荷装置を使用した。被験者の前腕および手指を装置の手指固定台に乗せ、なるべく安定した肢位を保つようにするとともに、冷水槽を昇降させることで手指を移動させずに固定した状態で連続的に測定できるようにした。なお、検査は室温を24.1±0.8℃に保った静寂な室内で十分に安静をとった後に実施した。

3. 手指皮膚血流

手指皮膚血流の測定にはLDPI (Perimed 社製 Periscan PIM-II) を用い、浸漬前 5 分、浸漬中 10 分、終了後の回復期 10 分の計 25 分間、2 分間隔で連続的に撮像した (常温下 3 枚、浸漬中 5 枚、回復期 5 枚の計 13 枚)。撮像部位は示指から環指に及ぶ手掌側全体を含む 45×45 ポイント (約 10cm×10cm) の範囲とし (図 1)、レーザー光はスキャナーヘッド部を測定部位から約 15cm の距離で平行になるように固定したうえで、Resolution Low モードで、撮像 1 回に約 1 分を要するスピード設定にてスキニングさせた。測定中は、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、その中心点にマークを付けることによって、レーザー光のズレを常に修正できるようにした。また、冷水浸漬中は、レーザー光の水面での屈折を少なくするため、測定部位を水面から約 5cm の位置に固定するように冷水槽の高さを調節した。さらに、検査室内の照明をできるだけ暗く保つとともに、レーザーヘッド部から測定部位にかけて黒い布で覆うことで、レーザー光への干渉をできるだけ避けるようにした。

4. 画像解析とデータ処理

撮像した画像イメージは、専用の画像解析ソフト LDPI Win. ver. 2.6 を用い、示指、中指、環指の各指について、末節部 (A) と、基節から末節部までを含む指全体 (B) の領域を解析部位として、その範囲における平均血流量 (V) を算出した (図 2)。また、個人の検査結果の評価に際して、冷水浸漬試験中の常温下、浸漬中、回復期の各段階について、A、B の解析範囲における手指皮膚血流の代表値を求めた。すなわち、常温下は 1・3・5 分の 3 点の中央値、浸漬中は 5・7・9 分の 3 点の平均値、回復期は 1・3・5・7・9 分の 5 点の平均値とした。さらに、浸漬終了後の皮膚血流の回復過程を評価するために、次式により回復比を算出した。

$$* \text{ 皮膚血流回復比} = (\text{回復期の 5 点の平均値}) / (\text{浸漬中の 5 点の最低値})$$

5. 統計解析

冷水浸漬試験中の手指皮膚血流について、療養群における VWF 有症者および無症状者と対照群での比較を行うとともに、ストックホルム・ワークショップスケール (RP) の症度、ならびに厚生労働省の自覚症状・身体所見 (VS) による症度との関係を検討した。各群の比較には一元配置分散分析を用い、多重比較は Bonferroni の方法で行った。統計学的有意水準は 5% とした。統計解析には SPSS12.0J for Windows を使用した。

結果

1. 療養群と対照群における手指皮膚血流の比較

療養群と対照群における冷水浸漬試験中の手指末節部領域 (A) および指全体領域 (B) の皮膚血流を比較して表 1-(1)・(2) に示した。まず、末節部領域における皮膚血流から

みると、冷水浸漬前の常温下の測定では、示指、中指、環指のいずれにおいても対照群、VWF 無症者、VWF 有症者の順に低値を示した。続いて、冷水浸漬中を比較すると、VWF 有症者では著しい皮膚血流の減少がみられ、中指と環指においては、浸漬直後を除くすべての測定点で対照群よりも有意に低かった。また、VWF 無症者と対照群を比較すると、浸漬の前半では対照群で低いものの、後半になると VWF 無症者の方が徐々に低値となる傾向がみられた。さらに、浸漬終了後の回復期では、浸漬前や浸漬中よりも差が顕著に認められ、VWF 有症者では血流の回復が著しく遅延し、VWF 無症者や対照群に比べて有意に低値となっていた。なお、VWF 無症者と対照群の間にはすべての測定点で有意な差は認められなかった。一方、指全体領域を解析対象とした場合も、冷水浸漬中およびその前後での皮膚血流の変化は、概ね末節部領域と同様であり、VWF 有症者では、他の 2 群に比べて明らかに低値を示す傾向にあった。

次に、冷水浸漬試験中の各測定段階における手指皮膚血流の代表値、ならびに浸漬終了後の皮膚血流の回復の程度を示す回復比を療養群と対照群で比較して表 2 に示した。末節部領域での結果をもとに各群の違いをみると、指によって若干の傾向の違いはあるものの、皮膚血流は常温下、冷水浸漬中、浸漬後の回復期のいずれにおいても対照群に比べて療養群で低値を示しており、特に、VWF 有症者では、中指と環指において VWF 無症者や対照群よりも有意に低くなっていた。また、回復比についても対照群との間に有意な差が認められた。

2. スtockホルム・ワークショップスケール及び厚生労働省分類による症度との関連
手指皮膚血流の代表値と回復比の 4 指標について、ストックホルム・ワークショップスケールによるレイノー現象の症度区分別に比較した結果を表 3 に示した。なお、ここでは、SWS-1 に該当する者が 1 名であったため、SWS-2 の区分にまとめて解析を行った。冷水浸漬前の常温下と浸漬中については、SWS-2・1 が SWS-0 に比べていずれも低値となっていたが、SWS-3 ではむしろ SWS-2 よりも高値となっており、一定の傾向はみられなかった。しかし、浸漬終了後の回復期における皮膚血流とその回復比については、SWS-0、SWS-2・1、SWS-3 と症度が進行するにつれて連続的に低値となる傾向が明確に認められた。続いて、厚生労働省の自覚症状・身体所見 (VS) からみた症度区分別に比較した結果を表 4 に示した。冷水浸漬試験の手指皮膚血流は、すべての測定段階において症度が S1 から S3 と進行するにつれて低値となっており、その傾向は示指、中指、環指のいずれにも同様に認められた。

3. 末梢循環障害の評価と症度判定

冷水浸漬試験中の手指皮膚血流の測定結果から、療養群における末梢循環障害の症度を判定するために、対照群における示指、中指、環指それぞれについての冷水浸漬前、浸漬中、浸漬後の回復期の皮膚血流の代表値とその回復比の 4 指標を用いて、「平均値

「-1.5 標準偏差」の値を求め、これを基準値（カットオフ値）として採用した（表 5）。そのうえで、検査値が基準値未満である場合を「所見あり」、それ以上である場合を「所見なし」とし、個人ごとにその総所見数を算出した（最小値 0～最大値 12：3 指×4 指標）。また、図 3 に療養群での VWF 有症者と無症者、ならびに対照群における総所見数の分布を示したが、対照群の総所見数は最大で“2”であったため、今回は、総所見数が“3”未満の場合を「異常なし：症度 0」と判定することにした。また、総所見数“3”以上では、最大値“12”までを均等に区分して、“3”～“6”未満を「症度 I」、「6”～“9”未満を「症度 II」、「9”以上を「症度 III」とした。表 6-(1)・(2)には各個人の総所見数とそれによる症度の判定結果の一覧を示した。

次に、検査結果から判定された末梢循環障害の症度と、ストックホルム・ワークショップスケールおよび厚生労働省分類における症度との関係について表 7 に示した。末節部領域を解析対象とした場合について、まず、ストックホルム・ワークショップスケールとの関係からみると、SWS-0 では 19 名中、「症度 0」が 17 名、「症度 I」と「症度 II」が各 1 名、SWS-1・2 では 7 名中、「症度 0」が 3 名、「症度 I」と「症度 II」が各 1 名、「症度 III」が 2 名となった。また、SWS-3 では 3 名中、「症度 I」が 2 名、「症度 II」が 1 名となった。一方、厚生労働省分類との関係を見ると、S1 では 8 名すべてが「症度 0」であり、S2 では 15 名中、「症度 0」が 10 名、「症度 I」が 4 名、「症度 II」が 1 名であった。また、S3 の 6 名は「症度 0」、「症度 II」、「症度 III」にそれぞれ 2 名ずつが区分された。なお、指全体領域を解析対象とした場合にも、検査結果から判定した末梢循環障害の症度とストックホルム・ワークショップスケールならびに厚生労働省分類による症度との関係は概ね同様であった。

4. 検査の敏感度と特異度

冷水浸漬試験における手指皮膚血流の検査結果から、VWF の有症者と無症者を区分したときの敏感度と特異度をまとめて表 8 に示した。まず、手指の末節部領域の皮膚血流を対象とした場合には、VWF 有症者 10 名中 7 名が「異常あり」と判定され、検査の敏感度は 70.0%となった。一方、VWF 無症者で「異常なし」と判定された者は 19 名中 17 名で、検査の特異度は 89.5%となった。また、指全体領域を対象とした場合には、VWF 有症者の 7 名が「異常あり」、VWF 無症者の 16 名が「異常なし」となり、敏感度と特異度はそれぞれ 70.0%、84.2%であった。

続いて、VWF の有無を示指、中指、環指の指ごとに評価したうえで、VWF 有症指と無症指を区分するときの敏感度と特異度を求めて表 9 に示した。なお、有症指と無症指の判別は、被検者の問診票への記載によった。まず、末節部領域について、示指、中指、環指の各々をまとめた全体での結果をみると、VWF 有症指 29 指中、「所見あり」と判定されたのは 19 指（敏感度 65.5%）であり、VWF 無症指 58 指中、「所見なし」とされたのは 48 指（82.8%）となった。次に、指全体領域での結果をみると、VWF 有症指

のうちの19指が「所見あり」(敏感度65.5%)、無症指のうちの46指が「所見なし」(特異度79.3%)と判定された。なお、各々の結果を指ごとに比較した場合、中指と環指における特異度、敏感度は同程度でともに高い傾向にあったが、示指では相対的に低くなっていた。

考 察

我々は、これまでに皮下の微小循環動態を2次元的な画像として可視化できるレーザー血流画像化装置に注目し、この装置を冷水浸漬試験における手指皮膚血流のモニタリングに応用した新たな検査法の開発を試みてきた。平成13～16年度の委託研究では、チェンソーや刈り払い機などの振動工具を取り扱う作業に従事する林業労働者に対して本検査を施行したが、手指に白指やしびれなどの症状を持つ者では、振動曝露の影響のない対照者に比べて、冷水浸漬前の常温下ですでに皮膚血流が少なく、また、浸漬中には対照者のような血流の増加傾向はほとんど認められなかった。さらに、浸漬終了後も対照者に比べると明らかに回復が遅延する傾向にあった。これらの委託研究における成果から、振動障害における末梢循環機能検査としての本検査法の可能性が示されたが、今回の実証検査では、さらに振動障害の療養患者とその対照者を対象として、ストックホルム・ワークショップスケール(RP)および厚生労働省による症度分類(VS)との関連、ならびにVWFを診断する際の敏感度と特異度などの検討も含めて、その有効性を精査・検証した。

その結果、今回もこれまでの検討で得られた知見と同様に、療養群では対照群に比べて、冷水浸漬試験中の皮膚血流が一貫して少ない傾向にあり、なかでも手指にVWFの症状を認める患者では明らかに低値を示し、特に、浸漬終了後の回復期における変化のパターンに他の群との著しい差違を認めた。また、冷水浸漬試験中の各測定段階での皮膚血流の代表値と、浸漬終了後の回復の程度を表す回復比を指標として検討すると、本検査の結果から判定された末梢循環障害の症度は、ストックホルム・ワークショップスケールや厚生労働省の症度分類に基づいて評価された臨床症状の程度と比較的強い相関を示した。よって、本検査法は振動曝露による末梢循環障害の客観的検査法として、十分妥当性があることが確認された。なお、今回の検討では、ストックホルム・ワークショップスケールよりも厚生労働省の症度との間により強い関連を認めたが、この点については、ストックホルム・ワークショップスケールによる症度分類が、本人の訴えによるレイノー現象の発症頻度と出現範囲を判定の根拠とするのに対して、厚生労働省の症度分類は、身体所見と自覚症状に基づいて、レイノー現象のみならず手指の冷えやしびれ等の程度を考慮して総合的に判断されるものであるといった違いが一因とも考えられる。

これまでの委託研究のなかでは、検査に係る被検者の測定肢位や水の物理的介在、検査室内の環境温度などの様々な条件が検査の精度に及ぼす影響、さらには最適な血流画

像の撮像方法などについての検討も行ってきたが、今回の実証検査においては、これらの基礎的検討に基づいて確立された方法で検査を実施した。まず、冷水浸漬試験は、室温を24~25℃に安定させた静寂な検査室にて、専用の負荷装置を用いて10℃10分法に準拠して行った。皮膚血流は、冷水浸漬試験中の浸漬前の常温下5分、冷水浸漬中10分、浸漬後の回復期10分の計25分間、示指、中指、環指に及ぶ手掌側全体を含む範囲にて2分間隔で測定した。また、撮像した画像イメージからは、末節部領域と指全体領域を解析部位としてその範囲の皮膚血流量を算出した。この方法は、これまで採用してきたある特定の単一指の末節部のみの皮膚血流を数十秒間隔で連続測定する方法に比べ、測定回数は少なくなるものの、解析部位を複数指に広げることによって血流障害がどの指のどの範囲にまで及んでいるかを確認でき、それらの情報を総合的に判断することで、個々の症例における末梢循環障害の症度をより適切に評価しうる方法といえる。

さらに、今回の検討では末節部と指全体の2つの領域の皮膚血流を分析したが、いずれを指標としたときもVWF有症者と無症者、あるいは対照群との差はほぼ同程度に認められ、また、ストックホルム・ワークショップスケールや厚生労働省分類によって判定された臨床所見による症度との関連も同様であった。したがって、末節部領域と指全体領域のどちらを採用しても、手指の血流障害についての情報を等しく提供するものと考えられる。一方で、この2領域の皮膚血流を、撮像された血流画像をもとに比較すると、対照群やVWF無症者においては、基節から末節部までの指全体のなかで、特に末節部の血流が多いという特徴が一貫してみられるのに対して、VWF有症者の場合には、このような血流勾配が比較的小さく、冷水浸漬中とその後の回復期では、とりわけその傾向が顕著に認められた。一般に、手指の末節部分は振動工具の把持による振動曝露や寒冷刺激等の影響を受けやすく、また、振動障害におけるレイノー現象の大部分は末節部から出現するとされていることから、VWF有症者ではこのような特徴的な血流分布のパターンを示すものと推察される。さらに、このようなVWF有症者における血流画像の所見をふまえると、今回のように、単に各指の領域ごとの平均血流量を指標とするだけでなく、血流分布のパターンについての付加的情報も加味することで、振動曝露に起因する末梢循環障害を的確に捉えられる可能性が期待できる。

VWF有症者では、前述したように、VWF無症者や振動工具を取扱っていない対照群と比べ、冷水浸漬前の常温下から皮膚血流が低値を示し、冷水浸漬中はVWF無症者や対照者でみられるような血流の増加をほとんど観察せず一貫して低いレベルを推移する。さらに、その傾向は浸漬終了後に至っても持続し、血流の回復が著しく遅延するという特徴がある。そこで、個人の検査結果の評価に用いる評価基準を策定するにあたっては、冷水浸漬試験における各測定段階の代表値および回復比を算出してこれらを指標とした。そして、対照群の測定値から求めたカットオフ値と比較して、各指の測定値がそれ未満である場合を「所見あり」、それ以上である場合を「所見なし」とし、総所見数が“3”未満を「異常なし：症度0」、総所見数“3”以上を「異常あり」とする方法を採

用した。その結果、末節部領域の皮膚血流を指標とすると、VWF 有症者の敏感度は 70.0%、VWF 無症者と対照群の特異度はそれぞれ 89.5%、100%となり、これまでに報告されている種々の末梢循環機能検査と比較しても遜色ない敏感度と特異度を得ることができた。したがって、今回設定した評価基準は、振動曝露による末梢循環機能の異常の有無を診断するうえで有用であることが示唆された。

しかしながら、カットオフ値については、実証検査における対照群の測定値のみから導かれたものであるため、これまでの委託研究で得られた成果も加味しながら、さらに改訂を行う必要があると考えられる。また、その際には、今回のように対照群の測定値の「平均値-1.5 標準偏差」の値をそのまま採用するのではなく、この値に近い区切りのよい明確な数値を代用すべきと思われる。さらに、これまでの委託研究における検討から、本検査法で測定される冷水浸漬試験中の手指皮膚血流については、他の末梢循環機能検査と同様に加齢の影響を受けることが示唆されているため、今回の対象者の年齢層である 50~60 歳代ではそのまま基準値を応用することが可能であるが、それ以外の幅広い年齢層の集団を対象に本検査を実施する場合には、ある程度年齢を加味して検査結果を評価する必要があると考えられた。

(4) 局所冷却による指動脈血圧測定 (F S B P %)

はじめに

振動障害療養者（以下、療養者）及び健常対照者（以下、対照者）を被験者とし、ISO/DIS 14835-2（現在：ISO 14835-2）に準じた冷却負荷手指血圧検査を HVLab 社製 Multi-channel Plethysmograph を用いて実施した。

① 対象

被検者および調査時期、調査医療機関は全体プロジェクトと同一である。当初の被検者予定数は療養者 名、対照者 名、全て男性であり、本検査を実施できた被検者は療養者 名、対照者 名であった。年齢、薬剤服用、振動曝露歴など調査計画時に設定した要件を満たさない被検者を除いた療養者 31 名、対照者 22 名を解析対象とした。なお、薬剤服用など一部の要件については条件を緩和し解析対象に含めた。

	人数 (人)	年齢 ($m \pm SD$)	検査医療機関		
			徳島	美唄	岩見沢
振動障害療養者	31	60.7 \pm 5.2	26	0	5
手指レイノー症状 (+)	12	60.9 \pm 5.6	7	0	5
手指レイノー症状 (-)	19	60.5 \pm 5.1	19	0	0
健常対照者	22	59.5 \pm 5.2	6	9	7

② 方法

ISO/DIS 14835-2 (現在: ISO 14835-2) に準じた冷却負荷手指血圧検査を実施した。検査室温は $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ に維持し、室内部位による温度差をなくすために緩徐な気流を得ることとした。被験者は上下 2 枚の着衣と靴下を着用することとし、室温下で椅座位にて 30 分間安静にした後、検査を行なった。

測定装置として、HVLab 社製 Multi-channel Plethysmograph を用いた。冷水還流カフにより第 2 指～第 5 指の温度を調整した上で同カフによる圧迫によって血管を閉塞し、plethysmography 法によって手指の収縮期血圧 (FSBP) を測定、第 1 指は温度調節を行わない対照指として測定した。還流水温は 30°C 、 15°C 、 10°C としてその順で各 5 分間の負荷検査を行なった。当初は両手の検査を行なったが、検査時間を短縮するためその後は原則として利手、有症者の場合は症状の強い側のみを検査した。

③ 成績

療養者と対照者において解析対象者の中で、両手の検査が行なわれたもの 12 名、1 名、右手のみ 11 名、24 名、左手のみ 10 名、1 名であった。ただし、このうち拇指あるいは他の指での測定が不可能で %FSBP の算出が全て不可能であった例を除くと、両手の評価が可能であったものは 10 名、0 名、右手のみ 10 名、22 名、左手のみ 7 名、0 名であった。また、厚生労働省 NL 分類では療養者のうち 1 名の評価がされていない。

③-1 基礎統計

Table 1~4 に冷却負荷温度 15°C 、 10°C における %FSBP の平均±標準偏差および検定結果を示した。対照群は右手のみが検査されており、療養者は右手のみ症状・症度別の値を算出し検定を行なった。参考に療養者の左手の値を示したが検定は行っていない。Table 1 のように、手指レイノー症状有症者は対照者に比べて %FSBP が低い値を示した。測定・評価できた全指で見ると、 15°C 、 10°C 冷却負荷時とも統計的に有意な差が示されている。Table 2 のストックホルムワークショップスケール (Raynaud's phenomenon) による分類では、 10°C 冷却負荷時において症度 1-2 の示指および環指、症度 3 および症度 1-2 の全指で有意な差がみられた。ただし、これらの症度において測定・評価できた指数は各指で 3 または 4 指と少なかった。Table 3 の厚生労働省 VS 分類では症度 3 において、測定・評価できた全指で 10°C 冷却負荷時に統計的に有意な差が示されている。Table 4 の厚生労働省 VL 分類でも症度 3 において、測定・評価できた全指で 10°C 冷却負荷時に統計的に有意な差が示された。

③-2 分析結果

Table 5~16 に 15℃、10℃それぞれの冷却負荷における各指の鋭敏度と特異度、同様に各手単位で基準値を下回る%FSBP を有するか否かで判定した鋭敏度と特異度、さらに 15℃、10℃のいずれかの冷却負荷で基準値を下回る%FSBP を有するか否かで判定した各手単位の鋭敏度と特異度を示した。ここでの基準値としては、対照者の 15℃、10℃それぞれの冷却負荷における右手%FSBP の平均-2SD (56.8%、56.2%)、平均-1.65SD (63.0%、61.8%)、平均-1SD (74.6%、72.2%) を算出し使用した。

Table 5~7 では手指レイノー症状の有無別に比較している。15℃、10℃のいずれかの冷却負荷で基準値を下回る%FSBP を有する者は、平均-2SD の基準値では、対照者において 22 手中 2 手 (特異度 90.9%)、手指レイノー症状有症者では 12 手中 7 手 (鋭敏度 58.3%)、同症状を有しない療養者では 29 手中 6 手 (鋭敏度 20.7%)、平均-1.65SD の基準値では、対照者において 22 手中 6 手 (特異度 72.7%)、手指レイノー症状有症者では 12 手中 8 手 (鋭敏度 66.7%)、同症状を有しない療養者では 29 手中 7 手 (鋭敏度 20.7%)、平均-1SD の基準値では、対照者において 22 手中 12 手 (特異度 45.5%)、手指レイノー症状有症者では 12 手中 10 手 (鋭敏度 83.3%)、同症状を有しない療養者では 29 手中 14 手 (鋭敏度 48.2%) であった。

Table 8~10 はストックホルムワークショップスケール (Raynaud' s phenomenon) 分類による比較である。15℃、10℃のいずれかの冷却負荷で基準値を下回る%FSBP を有する者は、平均-2SD の基準値では、症度 3 で 5 手中 2 手 (鋭敏度 40.0%)、症度 1-2 で 7 手中 5 手 (鋭敏度 71.4%)、同様に、平均-1.65SD の基準値では、症度 3 で 5 手中 3 手 (鋭敏度 60.0%)、症度 1-2 で 7 手中 5 手 (鋭敏度 71.4%)、平均-1SD の基準値では、症度 3 で 5 手中 3 手 (鋭敏度 60.0%)、症度 1-2 で 7 手中 7 手 (鋭敏度 100%) であった。

Table 11~13 は厚生労働省 VS 分類による比較である。15℃、10℃のいずれかの冷却負荷で基準値を下回る%FSBP を有する者は、平均-2SD の基準値では、症度 3 で 9 手中 3 手 (鋭敏度 33.3%)、症度 2 で 23 手中 7 手 (鋭敏度 30.4%)、症度 1 で 9 手中 3 手 (鋭敏度 33.3%)、平均-1.65SD の基準値では、症度 3 で 9 手中 3 手 (鋭敏度 33.3%)、症度 2 で 23 手中 8 手 (鋭敏度 34.8%)、症度 1 で 9 手中 3 手 (鋭敏度 33.3%)、平均-1SD の基準値では、症度 3 で 9 手中 6 手 (鋭敏度 66.7%)、症度 2 で 23 手中 13 手 (鋭敏度 56.5%)、症度 1 で 9 手中 5 手 (鋭敏度 55.6%) であった。

Table 14~16 は厚生労働省 VL 分類による比較である。15℃、10℃のいずれかの冷却負荷で基準値を下回る%FSBP を有する者は、平均-2SD の基準値では、症度 3 で 24 手中 9 手 (鋭敏度 37.5%)、症度 2 で 11 手中 3 手 (鋭敏度 27.3%)、症度 0-1 で 5 手中 1 手 (鋭敏度 20.0%)、平均-1.65SD の基準値では、症度 3 で 24 手中 10 手 (鋭敏度 41.7%)、症度 2 で 11 手中 3 手 (鋭敏度 27.3%)、症度 0-1 で 5 手中 1 手 (鋭敏度 20.0%)、平均-1SD の基準値では、症度 3 で 24 手中 15 手 (鋭敏度 62.5%)、症度 2 で 11 手中 7 手 (鋭敏度 63.6%)、症度 0-1 で 5 手中 2 手 (鋭敏度 40.0%) であった。

③-3 症度分類

③-4 評価基準

④ 考察

④-1 問題点

④-2 課題

⑤ まとめ

(5) 振動感覚閾値検査

はじめに

振動障害療養者（以下、療養者）及び健常対照者（以下、対照者）を被験者とし、ISO13091-1 に準拠した指尖振動感覚検査を HVLab 社製の Tactile Vibrometer（以下、HVLab）を用いて実施した。また、わが国で広く使用される RION 社製振動感覚計 AUO 2B?（以下、RION）を用いて比較測定した。

① 対象

被検者および調査時期、調査医療機関は全体プロジェクトと同一である。当初の被検者予定数は療養者 59 名、対照者 32?名、全て男性であり、本検査を実施できた被検者は療養者 55 名、対照者 27 名であった。年齢、薬剤服用、振動曝露歴など調査計画時に設定した要件を満たさなかった被験者を除いた療養者 28 名、対照者 25 名を解析対象とした。なお、薬剤服用など一部の要件については要件を緩和し解析対象に含めた。

	人数 (人)	年齢 ($m \pm SD$)	検査医療機関		
			徳島	美唄	岩見沢
振動障害療養者	28	60.9 \pm 5.1	26	0	5
手指レイノー症状 (+)	12	60.9 \pm 5.6	7	0	5
手指レイノー症状 (-)	16	60.8 \pm 4.9	16	0	0
健常対照者	25	59.5 \pm 5.1	9	9	7

② 方法

HVLab 社製 Tactile Vibrometer を用いた。測定周波数は 31.5Hz と 125Hz、両手あるいは片手の全指尖を測定した。検査室は 50 dB(A)以下の騒音レベルとし、室温を $25 \pm 2^\circ\text{C}$ (設定温度) に保った。被験者は上下 2 枚の着衣、靴下を着用し、設定室温下において検査前少なくとも 20 分間安静にした。振動感覚閾値測定前に、対象指尖の皮膚温を測定し 30°C 未満である場合には、設定温度 ($23 \sim 27^\circ\text{C}$) の範囲内で検査室温を上げた。振動感覚閾値測定開始前に、機器の取り扱いを習熟させるように被験者に練習を行なわせた。本検査法では、振動子から検査指への圧力は自動的に一定に保たれ、振動子の周辺対照板 (サラウンド) への圧迫力は被験者が一定に保ち、振動の増減はパソコンにより自動的に増減される。閾値の測定は被験者のボタン操作により、上昇法と下降法の値を自動測定し平均値が算出される。

別に労働省 (現厚生労働省) の通達に準じた RION 社製振動感覚計 AUO2B?を用いて、左右あるいは片手中指の閾値検査を行なった。このさい、閾値の表示は HVLab と同一になるように ref を 10^{-6}m/s^2 に補正した。

③ 結果

解析対象者において、HVLab による測定は療養者と対照者それぞれ、両手で行なわれたもの 8 名、1 名、右手のみ 10 名、24 名、左手のみ 10 名、1 名であった。RION による測定は、両手 8 名、1 名、右手のみ 7 名、15 名、左手のみ 8 名、1 名、未測定 0 名、8 名であった。対照者のうちの 1 名において、HVLab による右手小指の 125Hz 検査の閾値が 0m/s^2 と測定され明らかな誤りと判断されたので、当該測定値のみ解析から除外した。また、療養者のうち 1 名は厚生労働省 NL 分類での評価がされていなかった。

③-1 基礎統計

表 1 に手指レイノー症状有無別療養者および対照者の振動感覚閾値を平均と標準偏差を用いて示した。ここでは、HVLab による各指の測定値、右あるいは左における 5 指の測定値を併せたもの、RION による中指の測定値を用いている。また、対照者は左手における測定が 2 名と少数であったため、右手の測定値のみを示し比較対照とした。表 1 に示すように、左右とも手指レイノー症状のない療養者、次いで手指レイノー症状を持つ療養者の順で閾値が高く対照者との間でそれぞれ統計的に有意な差 ($p < 0.01$) がみられた。

同様に、表 2 にストックホルムワークショップスケール (sensorineural scale)、表 3 に厚生労働省分類 (NS、NL) により分類された療養者と対照者の振動感覚閾値を平均と標準偏差を用いて示した。ストックホルムワークショップスケール、厚生労働省分類ともに、症度の強い療養者、症度の弱い療養者の順で閾値が高く、対照

者（右手測定値）との間でそれぞれ統計的に有意な差（ $p < 0.01$ ）がみられた。

③-2 分析結果

表4～表7に、対照者の右手指の閾値における平均+1.65SDを目安に区切りのよい基準値を設定し（HVLab31.5Hzは117dB、同125Hzは130dB、RIONは125dB）、各閾値の鋭敏度と特異度を算出して示した。

表4に示すようにHVLab31.5Hzにおける鋭敏度は、手指レイノー症状有症者の全65指中44指が基準値以上を示して67.7%、同症状を有さない療養者では全115指中92指で80.0%であった。対照者における特異度は全130指中5指で96.2%であった。同様に、HVLab125Hzにおける鋭敏度は、手指レイノー症状有症者の全65指中47指が基準値以上を示して72.3%、同症状を有さない療養者では全115指中87指で75.7%、対照者における特異度は全129指中5指で96.1%であった。RIONにおける鋭敏度は、手指レイノー症状有症者の左右8指6指が基準値以上を示して75.0%、同症状を有さない療養者では左右23指中20指で87.0%、対照者における特異度は左右18指中0指で100%であった。

同様に、表5に示すようにHVLab31.5Hzにおける鋭敏度は、ストックホルムワークショップスケールで症度3の療養者における全60指中57指が基準値以上を示して95.0%、症度2で全100指中71指で71.0%、症度0-1で全20指中8指で40.0%であった。HVLab125Hzにおける鋭敏度は、症度3の療養者における全60指中59指が基準値以上を示して98.3%、症度2は全100指中68指で68.0%、症度0-1は全20指中7指で35.0%であった。RIONにおける鋭敏度はそれぞれ、左右11指中11指で100%、17指中14指で82.4%、3指中1指で33.34%であった。

厚生労働省NS分類では、表6に示すように、HVLab31.5Hzにおける鋭敏度は、症度3は全85指中75指が88.2%、症度2は全75指中44指で58.7%、症度1で全20指中17指で85.0%であった。HVLab125Hzにおける鋭敏度は、症度3は全85指中73指で85.9%、症度2は全75指中49指で65.3%、症度1で全20指中12指で60.0%であった。RIONにおける鋭敏度はそれぞれ、左右17指中15指で88.2%、10指中8指で80.0%、4指中3指で75.0%であった。同じくNL分類では、表7に示すように、HVLab31.5Hzにおける鋭敏度は、症度3は全80指中60指で75.0%、症度2は全85指中66指で77.6%、症度1で全10指中5指で50.0%であった。HVLab125Hzにおける鋭敏度は、症度3は全80指中61指が76.3%、症度2は全85指中62指で72.9%、症度1で全10指中6指で60.0%であった。RIONにおける鋭敏度はそれぞれ、左右12指中12指で100%、16指中13指で81.3%、2指中1指で50.0%であった。

③-3 症度分類

表8にスコアを用いた評価成績を示した。HVLabおよびRIONによる測定値を対照