

の認定において有用であることが示された。しかし、高血圧症や狭心症などの併存疾患を有する例においては、測定結果の解釈に注意を要することが考えられた。

オ まとめと今後の課題

今回、振動障害群に対し、寒冷刺激を併用した皮膚灌流圧測定を行い、これまでの報告と矛盾しない結果が得られた。皮膚灌流圧測定は比較的簡便な点で特に有用であると考えられる。一定の閾値（カットオフ値）を用いた上で、他の検査方法と併せて評価することにより、振動ばく露による末梢循環障害の障害評価のために有用であると考えられる。振動障害の評価法として現在種々の検査法が考案、検証されており、本法をそれらと同時に用いることで、より正確な評価が可能になるものとする。

(文献)

- 1 重松邦広、小野塚温子. 脈管の機能的診断：進歩と現況 組織灌流圧（SPP）. 脈管学, 45: 294-8,2005.
- 2 Castronuovo JJ Jr, Pabst TS, Flanigan DP et al : Noninvasive determination of skin perfusion pressure using a laser Doppler. J Cardiovasc Surg (Torino) ,28 : 2 53-7,1987.
- 3 Kanetaka T, Komiyama T, Onozuka A, Miyata T, Shigematsu H. Laser Doppler skin perfusion pressure in the assessment of Raynaud's phenomenon. Eur J Vasc Endovasc Surg.27 : 414-6,2004.
- 4 Herrick AL, Clark S. Quantifying digital vascular disease in patients with primary Raynaud's phenomenon and systemic sclerosis. Ann. Rheum. Dis.57 : 70-8,1998.

(3) レーザー血流画像化装置による皮膚血流検査

レーザー血流画像化装置（Laser Doppler Perfusion Imager : LDPI）は、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皮膚血流測定装置であり、すでに様々な領域で利用されている¹⁻²⁾。この装置はレーザードップラー法の原理を応用したものであるが、レーザー光を照射して皮膚の任意の測定領域をスキャンすることにより、組織に非接触・非侵襲で広範囲の血流分布を捉えられるという特徴がある³⁻⁴⁾。したがって、従来の一点型のレーザー血流計での制約であった皮膚の局限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いという欠点を解決でき、どの指に障害があるのか、またその障害がどのような程度でどの範囲にまで及んでいるかを判別し得る可能性がある。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ることから、振動障害における末梢循環障害の診断に際して有益な情報を提供するものと考えられる。実際に、昨年度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、レイノー現象（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⁵⁻⁷⁾。

これら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、振動障害群並びに対照群を対象とした実証検査を行った。

ア 対象と方法

(ア) 対象者

分析対象者は、前記2の(1)と同一であるが、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振動障害群の2名を除外し、最終的に振動障害群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。

(イ) 方法

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。被検者の前腕及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24～25℃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。

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C1）、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ャンさせた。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

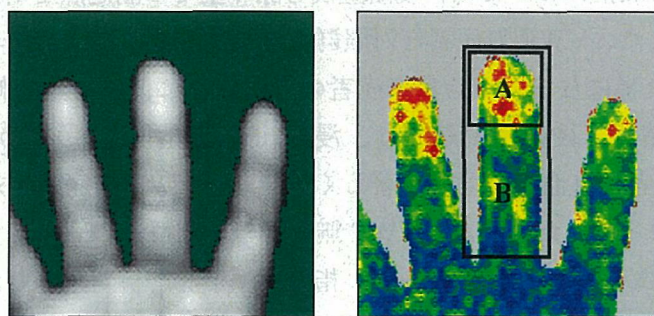


図 C 1 レーザー血流画像化装置による手指皮膚血流の画像イメージと平均血流量の解析部位測定部位の写真(左)と血流画像(右)、示指、中指、環指の末節部領域(A)と指全体領域(B)を解析

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5 cm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。

(ウ) 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、末節部領域 (A) と基節から末節部までを含む指全体領域 (B) 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 C1)。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、回復期の各測定段階について、A、B の解析範囲における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。

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

(エ) 統計解析

冷水浸漬試験中の手指皮膚血流について、振動障害群における VWF 有症者及び無症者と対照群での比較を行うとともに、SWS-R の症度並びに厚生労働省 VS 区分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。

イ 結果

(ア) 基礎統計

a 振動障害群と対照群の比較

振動障害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) 及び指全体領域 (B) の皮膚血流を比較して表 C1-(1)、表 C1-(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 有症者の順に高値を示した。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、浸漬直後を除く全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、冷水浸漬中及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並びに浸漬終