

振動障害診断のための新たな検査体系の確立とその応用に関する検討  
(平成16年度委託研究報告書) (抄)

目 次

I はじめに

II 新たな循環機能検査法 (I) の確立とその応用に関する研究  
レーザー血流画像化装置による末梢循環機能評価 (宮下 和久)

III 新たな循環機能検査法 (II) の確立とその応用に関する研究  
レーザードプラー血流計による皮膚灌流圧測定 (重松 宏)

IV 新たな神経機能検査法の確立とその応用に関する研究  
末梢神経障害に対する電気生理学的検査 (木村 彰男)

V 新たな運動機能検査法の確立とその応用に関する研究  
振動障害に対するMRIを用いた運動機能評価の試み (高山 真一郎)

VI まとめと課題 (宮下 和久)

## VI. まとめと課題

平成 14 年度は、振動障害に係る末梢循環障害、末梢神経障害、運動器障害のそれぞれの領域ごとに、客観性の高い検査法についての事例収集および知見の集積を行った。その結果、末梢循環機能検査法として、皮膚灌流圧測定、血流画像化装置による皮膚血流測定が、末梢神経機能検査法として、神経伝導速度検査が、運動機能検査法では、MRI による筋の機能評価が新しい検査法として期待される可能性が示された。また、平成 15 年度は、上記の各種検査を振動障害患者を含む同一の被験者に対して同一条件下で実施し、それぞれの検査の各障害に対する有効性、ならびに相互の検査方法の間での関連性、通達に示されている既存の検査方法との関連性等について検討した。

### 1. 新たな循環機能検査法(I)の確立とその応用に関する研究

#### レーザー血流画像化装置による手指皮膚血流測定

これまでの検討から、レーザー血流画像化装置を用いた冷水浸漬中の手指皮膚血流モニタリングによる末梢循環機能検査法は、寒冷刺激に対する血管反応を直接的に評価できること、また、レイノー現象を呈する手指の広範囲にわたる血流分布を観察できることなどから、振動曝露に起因する末梢循環障害の評価に有用な検査法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、振動工具取扱い者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ても、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ても、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. 新たな循環機能検査法(II)の確立とその応用に関する研究

### レーザード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ドプラ血流計を用いた肢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. 新たな神経機能検査法の確立とその応用に関する研究 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チング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発展させ、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チング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たのは19肢(43%)、正中神経のみに異常を認めたのは3肢(7%)、尺骨神経のみに異常を認めたのは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。

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たのは0肢(0%)、正中神経のみに異常を認めたのは6肢(40%)、尺骨神経のみに異常を認めたのは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. 新たな運動機能検査法の確立とその応用に関する研究

##### 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的前提条件となり、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する 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、頸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。

MRI 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 MRI 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 MRI 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 MRI 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、MRI 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。MRI 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 MRI 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 MRI 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、運動器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。