

程度は強く相関することが判明している。さらに今回検査を施行した療養群では高度な運動機能障害を呈する症例が見られなかったが、MRIによる症度評価で症度2と評価された症例のほとんどに著明な握力低下が認められたことは、MRIによる症度判定は運動機能評価としての有用性を裏付けるものであった。

#### 4 各検査の相関等

### VII 検査手技別評価基準

#### 1 検査条件及び診断基準

今回実施した7検査のうち、末梢循環機能検査としてレーザードップラー血流計による皮膚灌流圧測定、レーザー血流画像化装置による皮膚血流測定、局所冷却による指動脈血圧測定(FSBP%)、末梢神経機能検査として振動感覚閾値検査、正中・尺骨神経の運動・感覚神経伝導検査がスクリーニングあるいは精密検査として実用化の目途があった。また、運動機能検査としてMRIによる筋の機能評価検査については、精密検査及び鑑別診断に応用可能であることが示された。

##### (1) レーザードップラー血流計による皮膚灌流圧測定

###### 1) 測定条件

測定機器；Vasamedics社製 Laser Dopp PV-2000

測定条件；検査室室温 25 度、仰臥位。

測定方法；10分以上安静後測定開始。

左右第3指の安静時皮膚灌流圧を測定。

右手関節以遠を0度の氷水に1分間暴露。

暴露終了5分後右第3指の皮膚灌流圧を測定。

左側も同様の手順で測定。

その後両側の上腕動脈血圧を測定。

留意事項；測定中は会話をしない。安静を守って頂く。

###### 2) 具体的な評価数値

測定により得られるデータとしては以下の片側3種である。すなわち、

1) 寒冷刺激前第3指皮膚灌流圧(SPP)(単位；mmHg)

2) 寒冷刺激後第3指皮膚灌流圧(SPP)(単位；mmHg)

3) 上肢血圧(BP)(単位；mmHg)

これらを用い指標を算出する。

具体的に有用である可能性がある指標として

- a) 寒冷刺激前 SPP / BP
  - b) 寒冷刺激前後 SPP 低下量(単位; mmHg) = 寒冷刺激前 SPP - 寒冷刺激後 SPP
  - c) 寒冷刺激後 SPP / BP
- を用いた。

### 3) 結果の判定法について

振動障害を診断する指標として

A : 器質的な血流障害がないこと

B : 寒冷負荷により血管攣縮が誘発されること  
が挙げられる。

A : 器質的な血流障害がないことに関する検討

器質的な血流障害の指標として寒冷刺激前皮膚灌流圧(SPP) / 上肢血圧(BP)を用いた。対照群における寒冷刺激前 SPP / BP の最小値が 0.714 であるためカットオフ値を 0.7 とし、0.7 以上のものを A を満たすとした。この場合本実証研究において 31 例 62 肢のうち、29 例 60 肢が A を満たすこととなる。

B : 寒冷負荷により血管攣縮が誘発されることに関する検討

- ・ 寒冷刺激前後 SPP 低下量(単位; mmHg)を指標とした場合の検討

対照群の平均値の 95%信頼区間を参考とし、カットオフ値を 10mmHg とした場合、25 例が適合し、感度 77.4%特異度 20.8%。20mmHg とした場合 15 例が適合し、感度 51.6%特異度 54.2%。末梢循環障害が軽度な振動障害群を別に評価することとすれば、10mmHg もしくは 20mmHg をカットオフ値として振動障害認定のための一方法とする可能性があると考えられる。

- ・ 寒冷刺激後 SPP / BP を指標とした場合の検討

この平均の 95%信頼区間をもとにカットオフ値を 0.9 に設定すると 21 例が振動障害に適合し、感度 67.7%特異度 45.8%。また、0.95 に設定すると 24 例が適合し、感度 77.4%特異度 33.3%。しかし、この指標の採用に当たっては寒冷刺激前より SPP/BP の低下が存在し、寒冷刺激により皮膚灌流圧の低下が極めて少ない例を振動障害群として認定する可能性があり注意が必要と考えられる。

A と B を総合し、寒冷刺激前 SPP / BP > 0.7 を満たし、かつ 10mmHg 以上の寒冷刺激による SPP 低下を認める症例とすると、31 例中 22 例が振動障害に適合し、感度 77.4%特異度 20.8%となる。

## (2) レーザー血流画像化装置による皮膚血流測定

### 1) 検査のプロトコルと測定条件

レーザー血流画像化装置による手指皮膚血流測定は、冷水浸漬試験 10°C10 分法に

において、常温下 5 分、冷水浸漬 10 分、浸漬後の回復期 10 分の計 25 分間、手指掌面の皮膚表層における微小循環動態を同装置により連続測定し、末梢循環機能を評価する検査である。冷水浸漬試験には本検査専用の負荷装置を使用し、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測定を行う方法をとる。また、冷水に浸漬する手指は症状が比較的強い側とし、症状が同程度または認められない場合は、原則として利き手側（振動曝露が多い側）とする。

手指皮膚血流の測定には、レーザー血流画像化装置（Perimed 社製）を使用し、上述の冷水浸漬試験中 2 分間隔で撮像を行う（常温下 3 枚、浸漬中 5 枚、回復期 5 枚の計 13 枚となる）。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、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ニングする。なお、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する。また、冷水浸漬中は、レーザー光の水面での屈折を少なくし、同一の条件で測定するため、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する。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する。

検査は、室温を 24～25℃に安定させた静寂な室内で、安静座位にて少なくとも 30 分の室温馴化を行った後に実施する。衣服は快適さが維持できるものを上下 2 枚ずつ着用する。被験者が降圧薬などの血管作用性の薬剤を常用している場合には、検査の少なくとも 24 時間前までに服用を中止する。また、激しい運動を実施した場合や、喫煙、カフェインなどの刺激物を摂取した場合には、少なくとも 3 時間経過した後に検査は行う。それ以外には、末梢循環機能検査において遵守すべき一般的な留意事項を同じく適用する。

## 2) 検査結果の判定と評価基準

冷水浸漬試験の各測定段階で撮像された血流画像イメージは、専用の画像解析ソフトを用いて、示指、中指、環指それぞれの末節部領域、または指全体領域を解析部位として、その範囲の平均血流量を算出する。この平均血流量を指標に冷水浸漬試験中の手指皮膚血流の変化を概観すると、VWF の症状を有する振動障害患者では、VWF の症状のない患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ですでに低値を示し、冷水浸漬中は VWF 無症者や対照群の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。

したがって、個人の検査結果を評価するにあたっては、このような VWF 有症者に認められる特徴的な血流変化を反映した方法で行う必要がある。そこで、今回は冷水浸漬試験中の常温下、浸漬中、回復期の各測定段階における代表値として、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 点の平均値を示指、中指、環指の指ごとに算出した。また、浸漬終了後の皮膚血流の回復過程を適切に評価するために、回復比を求めた（回復比＝回復期の 5 点の平均値／浸漬中の 5 点の最低値）。そして、これらの代表値および回復比を検査結果の評価のための指標として用いることにした。そのうえで、示指、中指、環指について、各指標それぞれの基準値との比較を行い、個人の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」とした。そのうえで、検査結果は、総所見数（最小値 0～最大値 12）が 3 未満である場合に「異常なし」、3 以上である場合を「異常あり」と判定した。さらに、「異常あり」とされた者の症度を評価するにあたっては、総所見数が“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。

なお、この評価基準については、VWF 有症者と無症者における敏感度と特異度の検討からある程度その妥当性を示すことができたが、そのカットオフ値については、対照群の測定値のみから導かれたものであるため、これまでの研究成果も加えてさらに改訂を行う必要があると考えられる。さらに、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、今回の対象者の同じ年齢層ではそのままこれを応用することが可能であるが、その他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、ある程度年齢を考慮して検査結果を評価しなければならない。また、各指の領域ごとの平均血流量を指標とするのみならず、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。

(3) 局所冷却による指動脈血圧測定 (FSBP%)

(4) 振動感覚閾値検査

(5) 正中・尺骨神経の運動・感覚神経伝導検査

1) 測定条件

- ① 神経伝導検査前に示指先端で皮膚温を測定し、30℃以上であることを確認する。
- ② 皮膚温が 30℃未満のときは 30℃～40℃程度の温水（熱すぎないこと）で手を温め、再度測定する。
- ③ 皮膚温が 30℃を超えるまで繰り返す。

その他の手技については、一般的な神経伝導検査の手順に従う。

2) 具体的な評価数値

①年齢別の正常値の基準

	正中神経				尺骨神経			
	運動神経		感覚神経		運動神経		感覚神経	
	遠位潜時	MCV (前腕部)	遠位潜時	SCV (前腕部)	遠位潜時	MCV (AE-BE)	遠位潜時	SCV (AE-BE)
年齢	正常上限値	正常下限値	正常上限値	正常下限値	正常上限値	正常下限値	正常上限値	正常下限値
45-54	4.3	52	2.8	55	3.1	50	3	49
55-64	4.4	51	2.9	53	3.2	43	3.2	44
65-74	4.5	50	3	51	3.2	43	3.3	44
75-	4.6	50	3.2	49	3.3	43	3.5	44

②異常値の個数と症度

異常値の数	症度
0個	0
1-4個	1
5-8個	2
9-12個	3
13-16個	4

③代表的な患者の数値 (年齢 55 歳)

	正中神経				尺骨神経			
	運動神経		感覚神経		運動神経		感覚神経	
	遠位潜時	MCV (前腕部)	遠位潜時	SCV (前腕部)	遠位潜時	MCV (AE-BE)	遠位潜時	SCV (AE-BE)
左	4.3	50.2	3.0	51.9	3.7	58.1	2.8	63.3
右	4.4	48.3	3.4	51.6	3.7	43.5	2.8	43.1

3) 症度分類の手順

- ① 対象を年齢層に分類
- ② 年齢層別の正常値の基準 (上記) を用いて各パラメータの異常値を判定
- ③ 異常値の個数を数え、異常の数により 0-4 に分類 (上記)

上記の代表患者を判定すると、

- ① 年齢が 55 歳なので年齢別正常値の基準の 55-64 歳の行で判定する。

- ② 上記表の赤字が異常値となる。
- ③ 異常値が9個あるので異常値が9-12個の範囲に入り、症度3となる。

(6) MRIによる筋の機能評価検査

1) 測定条件

MRI器機とその操作を行う放射線技師が不可欠であるが、通常の診療用MRIで問題ない。また体幹用と異なる前腕・手部撮像用の小コイルが準備できることが望ましい。MRI撮像に関しては室温、安静時間等の測定条件に関し特に厳密に設けることは不要であるが、一般のMRI検査と同様、被検者の禁忌事項として閉所恐怖症、インプラントなどの金属の留置などが挙げられ、検査施行中の約15分間検査部位を静止させておくことが必要である。

2) 具体的な評価数値

MRI検査は現在のところ撮像画像による定性的定量評価に留まるため、数値として評価することは困難である。骨格筋の評価としては、筋の横断面積の他にT2強調画像における輝度変化が最も重要な所見で、骨格筋の支配神経に変化が生じると、T2強調画像で筋が高輝度変化を呈する。

3) 症度ないし個人結果の判定方法

前腕および手掌部のMRI所見では、T2強調画像における骨格筋輝度変化の程度とそれらの変化がどの骨格筋にみられるかということを判定することになるが、まずそれぞれの骨格筋の輝度変化を正常：(-)、軽度亢進：(±)、中等度亢進：(+)、高度亢進：(++)の4段階で評価した。これをそれぞれ運動機能評価としての症度0、1、2、3と対応させることとした。さらにMRIで2カ所以上の骨格筋群に異常所見が見られた場合、例えば尺骨神経領域と正中神経領域の骨格筋群ともに輝度変化が認められた場合などは、輝度変化による症度を1段階上げる、即ちGrade分類で(±)の所見であれば症度1とするところ、2カ所の骨格筋群に(±)の所見が見られれば、症度を2と判定することとした。

(7) その他の検査

このほか、13年報告書に盛り込まれた各種検査手技についても、今回、具体的な評価基準を示すことは出来なかったが、振動障害の有無、程度を検査するうえで有効な手段であるといえる。

13年報告書で評価した各検査手技については、別添の参考資料でこれまでの研究成果を紹介しているので、これらを参考に振動障害の有無について評価すべきである。

なお、当検討会では、勤労クリニック院長の近藤真一氏から「人工気候室による全身空冷負荷検査」についてヒアリングを行った。また、労働者健康福祉機構振動障害研究センター長の那須吉郎氏から「振動障害研究センターにおける研究成果」につい

てヒアリングを行った。

## 2 検査精度を向上させるための各種検査手技の組合せ

### 3 鑑別すべき疾患

振動障害の特徴的な症状であるレイノー現象は、他の多くの疾患によっても発現することが知られている。また、その他の症状又は障害についても非特異的なものであつて、種々の基礎疾患、既存疾病等あるいは加齢の影響等により生じている場合もある。このため、振動障害の診断に当たっては、類似疾患の除外診断が重要である。

振動障害と類似の症状を呈することのある疾病の主なものとして、以下に掲げるものがある。

- (1) 既往の外傷に起因するもの（火傷及び凍傷を含む。）
- (2) 振動業務以外の原因に基づくレイノー症候群（レイノー病、血清蛋白異常及び血糖異常）
- (3) 胸郭出口症候群（前斜角筋症候群、過外転症候群、肋鎖症候群及び頸肋症候群）
- (4) 中毒等による末梢神経及び血管の障害（麦角、鉛、砒素、塩化ビニルモノマー等）
- (5) 脈なし病、閉塞性血栓性血管炎（バージャー病）、糖尿病等による血管の障害
- (6) 関節リウマチ、強皮症等の膠原病
- (7) 痛風
- (8) 結核性等の慢性関節炎
- (9) 頸椎の退行性変化に基づく神経炎及び血管の障害
- (10) その他特殊な筋神経系の疾病（筋萎縮性側索硬化症、脊髄性進行性筋萎縮症、進行性神経性筋萎縮症等）

## VIII 新たな検査体系の在り方

## IX まとめ

## 【参考資料1】

平成13年報告書では、末梢循環障害に係る検査手技として、サーモグラフィー、指尖容積脈波、血管造影、血管超音波、末梢神経障害に係る検査として、針筋電図、神経伝導検査(インチング法)、後期応答(F波、H波)、誘発電位、運動器に係る検査として、徒手筋力検査(MMT)、関節可動域測定、深部反射検査、レントゲン検査、MRI及びCTスキャンを掲げているが、各検査手技とその留意点等については、以下のとおりである。

### (1) 末梢循環障害に係る検査手技

#### ① サーモグラフィー

赤外線カメラを用いて体表面からの熱放射を測定することにより得られる体表面の温度分布を二次元的に画像表示する検査手法である。室温馴化の後に単にサーモグラムを撮影することを単純サーモグラフィーというが、実際にサーモグラフィーを施行する際には冷却負荷をかけることが多い。

#### (ア) 障害の把握のための基準

単純サーモグラフィーでは、手背皮膚温の低下の有無、あるいはサーモグラムパターンから循環障害の有無あるいは程度を評価することができる。また負荷サーモグラフィーでは負荷前後の変化、また負荷後の回復過程を指標に循環障害の有無を評価することができる。Nasuら<sup>1)</sup>は振動工具使用者77名を対象にサーモグラフィー、冷水浸水試験、冷風ばく露試験、局所冷却による指動脈収縮期血圧変化率(FSBP%)による評価を行い、各検査法の有用性を検討した。室温24℃、湿度50%の状態では30分間の室温馴化の後、両手背のサーモグラムを記録しそのパターンをtype1)正常、type2)手背平均温度の左右差が1℃以上であるもの、type3)手指末梢に向かうに従って皮膚温が低下するもの、type4)各手指間で皮膚温度差を生じるもの、type5)手指平均温度が30℃以下であるもの、の5型を基本形としそれらの組み合わせで分類した。対象を症状の有無で分類し、また、サーモグラムパターンのうちtype1のみを正常とした場合、敏感度は85.3%、特異度は46.5%であった。

von Bierbrauerら<sup>2)</sup>は冷水浸水負荷サーモグラフィーにより振動障害者における循環障害を評価した。室温22℃での20分間の室温馴化の後、12℃、3分間の冷水負荷を両手掌に行い、負荷前、負荷直後、以後経時的に全手指のサーモグラムを検討した。負荷前のサーモグラムでは健常者と振動障害者との間に差は認められなかったが、負荷後一定時間が経過した後、負荷前の皮膚温に回復しない手指が1指でも存在した場合を振動障害が存在すると仮定した場合の各時間における敏感度、特異度を検討すると、15分後ではそれぞれ91.7%、66.7%、30分後では58.3%、100%であった。

#### (イ) 導入にあたっての留意点



- ・ 常温下皮膚温検査と同様、厳密な測定条件の設定が必要である。
- ・ 客観性が高く、非侵襲的で特殊技能は不要だが、器械は安価とはいえない。
- ・ 他の器質的末梢循環障害との鑑別は困難である。

(ウ) その他

Kakosy ら 3) は振動障害患者、強皮症によるレイノー現象、一次性レイノー病患者に対して上下肢及び顔面に対して単純サーモグラフィーを施行したところ、振動障害患者においては上肢サーモグラムにのみ異常所見（り患指の温度低下など）が認められるのに対し、強皮症あるいは一次性レイノー病患者においては顔面及び下肢にも異常所見が認められ、これが他のレイノー病（症候群）から振動障害患者を鑑別する際の指標になると報告している。

② 指尖容積脈波

光学的手法により指尖における血液変動（単位体積当たりのヘモグロビン量の変化）を脈波として描出する。光電脈波センサーは、小型で測定部位に密着させるだけでよく、簡単に計測、記録できる。

(ア) 障害の把握のための基準

パラメータは波形の形態分類、波高と頂点時間の計測であるが、波高の校正方法が無いために、絶対値は測定できない。正常と異常の判定は頂点時間の計測と波形分析で行う。正常な波形では立ち上がり急峻で心収縮期上昇脚は直線的となる。明瞭な頂点Pに続いて切痕(N)、重複波(D)が明瞭に認められる。大動脈炎症候群、閉塞性動脈硬化症、バージャー病などで四肢動脈に器質的閉塞がある場合には、アーチ波が出現する。一方、レイノー症候群のような vasospasm による末梢動脈の機能的閉塞では、peaked pulse と呼ばれる波形が得られる。一宮ら 4) は、振動工具使用者では、①中間波がかなりの頻度で発現し、波形の異常は健常者とレイノー病、強皮症、閉塞性動脈硬化症及び閉塞性血栓血管炎など末梢循環疾患の中間に位置する、②常温下でも少数の異常波が認められ、寒冷負荷により増加する、③高齢者ほどまたレイノー現象陽性者ほど異常度は高く、寒冷負荷による変動幅も増大する、④寒冷負荷による波形変動のパターンはやや閉塞性動脈硬化症に類似していると報告している。また、桜井ら 5) は、振動障害にみられる夏期の抹消循環機能を冷水負荷後の指尖容積脈波により評価し、冷水負荷脈波は夏期においても比較的安定し、精度が高く、客観化できると報告している。

(イ) 導入にあたっての留意点

- ・ 室温、湿度などの厳密な測定条件の設定が必要である。
- ・ 心機能の影響を受けるため、心接図に頸動脈波を加えるなどにより、心機能を評価し、指尖脈波から心機能要因による変化を取り去って波形を観察する必要がある。

- ・ 他の器質的末梢循環障害との鑑別は困難である。
- ・ 器械は比較的安価で、客観性も高い。
- ・ 非侵襲的で検者に特殊技能も不要である。

(ウ) その他

当初は光源に白熱ランプを用いたため、外光の影響を受けやすかったが、近年では、光源や光センサーに近赤外線を用いることで、外光の影響を受けずに生体情報のみを取り出すことが可能となった。波形の解析、理解にやや難解な部分があるため、波形解析の一助として波形の変曲点の認識を容易にするという発想から指尖容積脈波の2次微分波である加速度脈波が発展してきている。現時点ではあまり普及していないが、冷水負荷を併用することで、より感度の高い検査法となりうる。

③ 血管造影

動脈内に造影剤を注入し、エックス線撮影により直接血管の走行状態を描出する。

(ア) 障害の把握のための基準

1972年のWegeliusの報告<sup>9)</sup>では、33例の振動工具使用者において20例の健康者に比較して血管の閉塞、先細り、側副血行路の形成などの器質的変化が有意に多く認められた。本邦では、1979年の三島らによるレイノー症候群の大規模調査<sup>10)</sup>があり、それによるとレイノー症候群1335例中136例(10.2%)が振動障害であった。振動障害の動脈造影の所見では、次のようなものが挙げられる。

- 閉塞は主幹動脈遠位側より抹消でほぼ指動脈に局限した先細り型であった。
- 側副血行路はbridging(橋渡し状)が主であるが、指動脈で12%の例にcork screw(コルクスクリュー状)が認められた。
- kinking(屈曲)は本疾患に特徴的で掌動脈弓から指動脈にかけほぼ全例に認められた。
- 蛇腹状陰影やearly venous filling.(早期静脈充盈)を掌動脈弓を中心に多く認められた。

1978年の及川ら<sup>11)</sup>の報告では、振動障害患者19例全例に造影剤の到達時間の遅延、また32肢中9肢(28%)に器質的変化を認めている。薄井ら<sup>12)</sup>はレイノー現象を伴う振動障害あるいはその疑いのある患者に対して、全例全身麻酔、血管拡張薬としてイミダリンを使用して上腕動脈穿刺により動脈造影を施行し、330例509手(うち振動障害認定患者293例454手、非認定患者37例55手)の所見を次のようにまとめている。

- 正常と異なり、手関節部における尺骨動脈径が橈骨動脈より細いものが71.1%であった。
- 指動脈の先細りは、振動障害認定患者群では示。中指の橈側、小・環指の尺

側に多く、非認定患者群では示指橈側、小指尺側のみに有意に多くみられた。

- c 指動脈の閉塞は遠位指節間関節 (DIP) や近位指節間関節 (PIP) の周囲に多くみられたが、振動障害認定患者においては示指橈側に高頻度に見られた。
- d 指動脈の屈曲蛇行は非認定患者に多く見られた。
- e 手掌部で小指球ハンマ症候群 (hypothenar hammer syndrome) を示したものは6.7%であった。

(イ) 導入にあたっての留意点

- ・ 振動障害の検査方法として、器質的変化を直接視覚的に診断できる唯一の方法である。
- ・ 被検者に対する侵襲、危険性が他の諸検査より大きく、スクリーニング検査としては不適當である。
- ・ 特殊技能が必要だが、詳細な画像を得ることが可能である。
- ・ 重症度の診断、鑑別診断などに有用と考えられる。
- ・ 造影剤による合併症、穿刺に由来する合併症などに注意を要する。
- ・ 造影剤アレルギーの既往のある者、易出血性、抗凝固療法を受けている者は禁忌である。
- ・ 血管壁が脆弱となる疾患をもつ者、心不全、肝不全、腎不全に対しても注意が必要である

(ロ) その他

デジタル減算血管造影法 (DSA) の普及により被検者への負担や侵襲は低下すると考えられる。

④ 血管超音波

超音波を用いて血管の断層像から壁の性状、血管径を、パルスドップラー法により血管内腔の血流速度、血流量など血流動態を非侵襲的にリアルタイムに描出する。主に手首より中枢の比較的太い血管を対象とする。

(ア) 障害の把握のための基準

血流速度の絶対値の変化と血流波形とから評価する。

a 正常上肢動脈の血流波形

正常のドップラー波形は上肢や下肢の末梢血管では三相波となる。上下肢の末梢血管では末梢の血管抵抗が高いため、収縮期の流速の速い前向きの血流の後、収縮後期の短い逆向きの血流が続く。拡張期の再び前向きの血流については様々である。

b 上肢動脈狭窄時の血流波形

20%以下の狭窄では乱流のためスペクトラムの拡大を認めるのみであるが、20%を超えると収縮期最高流速の上昇が認められる。50%以上の狭窄ではさら

に逆流成分の消失を認め、収縮期最高流速の100%以上の増加を認める。閉塞病変では血管内に血流波形を認めず、その中枢側では収縮期流速の低下とともに拡張期の逆向きの血流が失われる。また、閉塞の末梢側では单相波となる。手指についての評価基準は容環脈波に準ずる。

(1) 導入にあたっての留意点

- ・ 再現性、客観性は高いが、検者の知識、検査技術、熟練度に依存する。
- ・ 血管作動性薬物の服用、喫煙等の影響を受ける。
- ・ 常温下での測定が望ましい。
- ・ 7.5MHz以上の高周波プローブの普及が遅れており、器械も高価である。
- ・ 重症度の診断、鑑別診断などに有用と考えられる。

(2) 末梢神経障害に係る検査手技

① 針筋電図検査 (needle electromyography : needle EMG) 1、2)

針筋電図検査は、筋肉に針電極を刺入して筋細胞膜に生じる電位変化を記録する検査である。この検査では、前角細胞、軸索、神経終坂とその支配筋線維からなる運動単位の異常の有無を検索することができる。即ち、末梢神経障害並びに筋疾患の診断に大いに威力を発揮する訳で、脊髄や大脳など中枢神経系の障害に関しては、直接の診断的価値はなく鑑別診断として役立つのみである。

検査の実施にあたっては、針を刺すという侵襲が伴い、また高度な知識と技術が必要なため、振動障害におけるスクリーニング検査としては実施が難しいが、障害の部位や程度の検索が可能であるため、精密検査としては不可欠な検査と考えられる。

なお、振動障害においては、後述する安静時の自発電位の出現、運動神経活動電位の神経原性変化、干渉波の低下などの異常が報告されている。

(7) 障害の把握のための基準

針筋電図では筋肉の安静時と随意収縮時のそれぞれにおける筋細胞膜の電位変化を検査する。安静時には、病的な自発電位の有無や刺入時活動の増減を観察し、随意収縮時検査には単一の運動単位活動電位 (motor unit, action potential : MUP) とその干渉型 (interference pattern) についての評価を行う。

安静時の自発電位である線維自発電位 (fibrillation potential) 及び陽性鋭波 (positive sharp wave : P-Wave) が検出された場合には、末梢神経が軸索変性を起こしていることが確認できる。随意収縮時の MUP は、振幅、持続時間、波形により評価されるが、一般に末梢神経障害では神経原性波形 (neuropathic unit) が、筋疾患ではミオパチー波形 (myopathic unit) が観察される。また末梢神経障害では最大収縮時の干渉波の低下が認められる。

これらの検査を複数の筋肉に施行し、その異常の分布、程度から、末梢神経障