

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。

(7) 障害の把握のための基準

1972年のWegeliusの報告⁹⁾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¹⁰⁾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。

- A 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。
- B 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。
- C 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。
- D 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¹¹⁾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¹²⁾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。

- A 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。
- B 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

(ウ) 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。

(イ) 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。

(ア) 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、末梢神経障害の病変部位、障害の程度を判断する。

(イ) 導入にあたっての留意点

- ・ ある程度の侵襲をとめない、かつ患者の協力を要する検査である。
- ・ 専門の医師が実施する必要がある。
- ・ 検査機器はかなり普及している。
- ・ 末梢神経損傷直後には異常が検出しにくく、検査の実施時期について十分な注意が必要である。

(ウ) その他

既に述べたように針筋電図検査もあくまでも補助診断の 1 つであり、神経伝導検査等の他の電気生理学的検査のみならず、臨床症状や画像、生化学的検査所見などとあわせて、総合的にその検査所見について評価することが重要である。

② 神経伝導検査 (いわゆるインチング法 1)

運動神経伝導検査及び感覚神経伝導検査のスクリーニング検査としての有用性については上述の通りであるが、これらの検査についてはさらに詳細な検査手技並びに指標を用いることにより、精密検査としての有用性も期待できる。

例えば、いわゆるインチング法などを用いることにより、絞扼部位の同定などが可能となる。また神経伝導検査の応用として神経伝導速度分布検査 (distribution of Conduction velocity : DCV) があるが、これは通常の検査では最大の伝導速度を持つ神経線維のみが評価されるのに比し、伝導の遅いものも含め神経線維それぞれの伝導速度の評価が可能となる。これらの方法を用いることにより、より詳細な病態の把握が可能となる。

これらの方法は振動障害においては精密検査として実施することにより、神経伝導検査の精度を高めることができる。しかし、いわゆるインチング法は比較的簡単に実施できるが、DCV の実施に際して専門的知識はもちろん、専用のコンピューターソフトが必要であることなど解決すべき問題も多い。以下、DCV は省略し、インチング法について述べる。

(7) 障害の把握のための基準

インチング法は病変の局在診断をするための方法で、病変部と思われる部位をはさんで神経の走行に沿って、複数の部位で末梢神経を電気刺激することにより CMAP ないし SNAP を導出することにより実施される。伝導状態の異常から病変部を同定することが可能である。オリジナルな方法は 1cm 間隔で多数の刺激を行う方法であるが、病変部の中枢と末梢のみを刺激することによっても得られる情報が増えるので、絞扼性神経障害の診断には重要な検査法と言える。特に振動工具使用では、手関節や肘関節に負担がかかり手根管症候群や肘部管症候群などの絞扼性神経障害を生じる可能性があるため、インチング法は神経の損傷部位の推定に有用と考えられる。

(イ) 導入にあたっての留意点

- ・ 従来の機器でも実施可能であるが、専用の電極などを用いるとより簡便に施行できる。
- ・ 検査そのものは臨床検査技師で施行可能であるが、評価は専門の医師が行う必要がある。

③ 後期応答 (F 波、H 波) 1、2)

神経伝導検査では、CMAP、SNAP を用いて遠位潜時、神経伝導速度などを指標とすることは既に述べた通りであるが、同時に CMAP に引き続いて観察される F 波や H 波という後期応答も末梢神経障害を検索する上で重要な指標となる。これらの検査は技術的には簡単で、特殊な機器も必要としないが、末梢神経中枢部の神経根の障害などを評価するのに有用であり、振動障害については鑑別診断として有用な範囲に留まる検査と考えられる。

A F 波 (F wave)

F 波は、運動神経伝導検査の際の電気刺激により生じたインパルスが運動神経を逆行性に上行し前角細胞を興奮させることにより生じる。運動神経を下行する反応として CMAP に遅れて記録されるが、神経根など末梢神経中枢部の評価に有効である

(ア) 障害の把握のための基準

検査方法は運動神経伝導検査とほぼ同じであるが、電気刺激としては CMAP の最大値を得るより大きな最大上刺激が用いられ、同一部位で 10~20 回程度の記録を行う。通常、上肢では正中神経、尺骨神経が F 波の検査の対象となり、指標としては潜時がしばしば用いられる。潜時のほか伝導速度や F 比が指標とされることもある。

(イ) 導入にあたっての留意点

- ・ 年齢、室温など通常の神経伝導検査に必要な留意点については同様である。
- ・ 身長を考慮する必要がある。

(ロ) その他

上述のとおり、F 波は振動障害そのものの検査としてではなく、鑑別診断としての有用性が期待される検査と言える。

B H 波 (H reflex)

F 波に対し、H 波は末梢神経刺激により感覚神経を上行したインパルスが、後根より脊髄に達し運動神経にいたる反射弓により生じる波で、末梢神経中枢部の伝導性の評価のほか、臨床的には痙縮や固縮の評価のためにしばしば用いられる。

通常、H 波は下肢の後脛骨神経刺激によりヒラメ筋より導出されるが、上肢の神経刺激では下肢の神経に比べ H 波は導出しにくい。そのため、上肢の末梢神経障害を検索する振動障害に対する検査としては、鑑別診断として以外の価値は低いと思われる。

(ア) 障害の把握のための基準

H 波については、潜時や H 波と M 波 (CMAP) の最大振幅の比である H/M 比が、末梢神経中枢部の伝導性の評価や、痙縮・固縮の評価のためにしばしば用いられる。

(イ) 導入にあたっての留意点

- ・ 年齢、室温など通常の神経伝導検査に必要な留意点については同様である。

- ・ 誘発される部位が限定されることに注意する必要がある。
- ・ 刺激強度などによりF波と鑑別する必要がある。

(ウ) その他

H波もF波と同様に振動障害そのものの検査としてではなく、鑑別診断としての有用性が期待される検査である。

④ 誘発電位 1、2)

従来の神経系の電気生理学的検査は、上述の神経伝導検査や針筋電図検査など末梢神経に対するものと、脳波など中枢神経系に対するものが別々に発展してきた。

近年、末梢神経と中枢神経を結び付け、両者を同時に評価できる検査として各種の誘発電位が開発され、臨床応用されるようになってきている。末梢神経を刺激して大脳皮質から誘発電位を記録する方法が一般的であるが、最近では磁気刺激法などの導入により、大脳皮質運動野を刺激して末梢の筋肉より誘発電位を記録する運動誘発電位なども登場している。ここではこの運動誘発電位と末梢神経を電氣的に刺激して誘発電位を記録する体性感覚誘発電位について概説する。

A 運動誘発電位 (motor evoked potential : MEP)

運動誘発電位は、経頭蓋的に運動野を磁気や電気で刺激して下行性に末梢の筋肉より誘発電位を得る検査である。検査の安全性が問われた時期があったが、現在では臨床検査としての有用性が認められ、各種疾患の診断に応用されつつある。

(ア) 障害の把握のための基準

臨床応用のための指標としては、刺激部位による誘発電位の潜時の差である中枢伝導時間や、筋肉からの誘発電位の振幅、刺激閾値、被刺激領域の大きさ (マッピング) などが用いられる。

(イ) 導入にあたっての留意点

幾つかの疾患に臨床応用されているが、振動障害へは応用されていない。

(ウ) その他

振動障害においては、MEPが臨床応用されている多発性硬化症、脳血管障害、運動ニューロン疾患などの疾患との鑑別診断に有用であろう。

B 体性感覚誘発電位 (somatosensory evoked potential : SEP)

体性感覚誘発電位は、末梢神経を電氣的に刺激して大脳皮質から誘発電位を記録する検査法であるが、その伝導路に含まれる末梢神経、脊髄後索、内側毛帯、視床、大脳皮質感覚野の機能を評価できる、と考えられている。

(ア) 障害の把握のための基準

体性感覚誘発電位検査により得られる誘発電位は数マイクロボルトという微弱な電位であるため、多数回の末梢神経刺激による頭皮上電位を加算する必要があるが、最近では医用電子機器の進歩により、通常の筋電図の器械に組み込まれた

機器で検査が可能である。

得られる複数の誘発電位の潜時などから上述の伝導路の異常の評価が可能である。

誘発電位の振幅は正常でも非常に小さいため、振幅による障害の評価の判定は難しい。

(イ) 導入にあたっての留意点

- ・ 時間と手間がかかる検査である。
- ・ 臨床検査技師で実施可能であるが、技術に習熟する必要がある。
- ・ 得られた結果の評価には専門の医師の知識が不可欠である。

(ウ) その他

振動障害においてはスクリーニング検査、精密検査としてではなく、他の疾患との鑑別に有用な程度と考えられる。

(3) 運動機能障害に係る検査手技

① 徒手筋力検査 (MMT)

徒手筋力テストは、重力や徒手的抵抗に関係する運動の個々の筋や筋群の力（強さ）と機能の評価のための方法である。徒手筋力テストは多くの医療現場で用いられているが、静的（等尺性）検査であり、筋トーンに変質がある神経障害の評価においては限界がある。

最もよく用いられる方法は、検者がまず力を加え、被検者がこれに対抗して力を入れ関節角度を維持させる方法である。また逆に最初に被検者に力を入れさせて、検者がこれに抵抗してみる方法もある。前者の方が被検者の協力が得られやすい。検査にあたっては必ず左右を比較して評価することが重要である。

(ア) 障害の把握のための基準

通常5から0までの6段階の判定基準で、それぞれ+あるいは-を加えさらに細かい評価が行われている。4あるいは3以下を異常所見としている。

(イ) 導入にあたっての留意点

- ・ 検者の主観が入る。
- ・ 単に筋力といっても、瞬発力か持久力なのか、等尺性運動か等張性運動かなどの区分があいまいである。
- ・ ある関節の主働筋だけを検査することができない。
- ・ 被検者の最大努力が前提となる。

などの問題点があるが、施行が容易であるため筋力の評価としては最も広く行われている。

(ウ) その他

スクリーニングとして基本的な検査であるが、他の器質的疾患との鑑別に有用

とも考えられる。

② 関節可動域測定

一般に関節可動域とは四肢及び体幹の各々の関節を、他動的に運動させた場合の可動範囲の測定をいう。通常、関節可動域測定は他動的に行うことを原則とするが、制限因子を明確にするために、他動的測定のみならず自動運動の測定も行って比較することが重要である。自動運動可動域測定では、筋収縮力（麻痺）や関節運動に関わる運動協調性を知ることができる。

(7) 障害の把握のための基準

ゼロ開始法を基本とした日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会が定めた表記法が一般的に用いられている。通常標準可動域の1/2以下、あるいは3/4以下を異常所見としている（労災・自賠責などの障害程度等級の基準）。しかし、日常生活活動における動作の多くは、正常関節可動域を超えない範囲の関節運動で遂行され、必要な各関節可動域は動作によって大きく異なる。

(4) 導入にあたっての留意点

関節可動域測定の信頼性については、

- ・ 異なった測定器具・方法による同一関節の測定値の一致度
- ・ 同一検者が同じ関節を複数回測定したときの一致度
- ・ 複数の検者による同一関節の測定値の一致度

などの検討が必要であるが、各検者自身の測定値の一致度は0.91-0.99、検者間の測定値の一致度は0.88-0.97と信頼性は高い。

(7) その他

関節可動域測定も徒手筋力検査と同様、運動障害のスクリーニングとして用いるが、外傷後や加齢による変形性関節症など他の器質的疾患との鑑別に有用と考えられる。

③ 深部反射検査

深部反射は運動機能障害の基本的な検査手技のひとつであり、腱反射とも呼ばれる。中枢あるいは末梢神経障害により、反射の亢進あるいは低下が認められる。

(7) 障害の把握のための基準

反射の程度の判定は医師により異なる場合も少なくなく、筋の種類、患者の状態、検査手技によっても影響を受けるため絶対的なものではない。

(4) 導入にあたっての留意点

正常者でも深部反射は欠如または亢進することがあるので、左右対称であるか否かが異常所見として重要である。また病的反射の有無が参考所見となる。

④ レントゲン検査

(7) 障害の把握のための基準

関節の変形性変化（関節裂隙の狭小化、骨棘形成）などを評価する。

(4) 導入にあたっての留意点

振動障害そのものの検査としてよりも、骨関節疾患との鑑別に有用である。

⑤ MRI及びCTスキャン

脊椎や骨関節の状態を詳細に観察するのに優れている。脊椎疾患においては特にMRI検査は脊髄の圧迫状態、神経根の圧迫状態の把握に有用であり鑑別診断に一助となる。筋力の測定に関する新しい知見として、筋力は筋の断面積と比例するため、MRIにより筋の断面積が測定されれば、筋力を推測することが可能である。

また最近の研究では脱神経された筋が、T2強調画像で高輝度を呈することが示され、輝度変化と神経の損傷状態とは大いに関連があることが判明し、筋の機能評価や脱神経節の予後判定についても今後の臨床応用が期待される。

CTスキャンを用いても筋の横断面積が判定可能で、ある程度の筋力が予想できる。

(4) 導入にあたっての留意点

現状では高価な検査で、また評価も定まっていないこともあり、振動障害の検査として用いることは一般的でないと考えられる。

5 検討会においてヒアリングした検査

(1) 全身空冷負荷検査

当検討会では、平成17年9月26日、人工気候室による全身空冷負荷検査について、勤労クリニック院長の近藤真一氏からヒアリングを行った。

これによれば、当該検査に係る手順と方法は以下のとおりである。

- ① 外気温（気温）を日陰で測定する。
- ② 被検者は、20℃の部屋で30分間座って待機する。
- ③ 手指皮膚温、爪圧迫、CPT（ニューロメーター）、振動覚、指尖容積脈波、サーモグラフィーの順で検査を行う。
- ④ 被検者は、上半身半袖シャツ1枚になり、5℃の部屋に入って10分間静坐する。
- ⑤ 空冷負荷終了直後20℃の部屋に出て手指皮膚温を測定し、さらに、爪圧迫、振動覚、指尖容積脈波の順で検査を行う。
- ⑥ 空冷負荷終了5分後に手指皮膚温を測定し、さらに、爪圧迫、振動覚の順で検査を行う。
- ⑦ 空冷負荷終了10分後に手指皮膚温を測定し、さらに、爪圧迫、振動覚、指尖容積脈波、さらに10分後にサーモグラフィーの順で検査を行う。

また、検査結果の評価については、判定基準一覧表に基づきーから+++により表記し、これらの複数のデータを総合して、末梢循環障害の検査成績（V・L0～L3）と末梢神経障害の検査成績（N・L0～L3）を決定する。

VII 新たな検査体系の在り方

VIII 検査手技別評価基準

1 検査条件及び診断基準

- (1) 末梢循環障害を把握するための検査

- (2) 末梢神経障害を把握するための検査

- (3) 運動機能障害を把握するための検査

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

IX まとめ