

の場合は、同期加算記録 (averaging) を行う。評価の実際においては、運動神経伝導検査と同様に、遠位潜時 (distal latency) と感覚神経伝導速度 (sensory nerve conduction velocity:SCV) を指標として用いる。感覚神経伝導検査では、運動神経伝導検査と違って、刺激電極と記録電極の間に神経筋接合部、筋線維を含まないため、刺激電極と記録電極間の距離を潜時で除することにより、感覚神経伝導速度を求めることが可能であり、運動神経伝導速度のように 2 ケ所で刺激を行い計測する必要がない。

感覚神経伝導検査においても、遠位潜時の遅延は、刺激部位より遠位での絞扼性末梢神経障害の存在を示唆しており、感覚神経伝導速度の低下を認めたときは、末梢神経障害の存在が考えられる。

SNAP の波形も、M 波の波形と同様に、伝導ブロックの評価に使用されるが、健常者でも逆行性刺激を行った場合は、近位部で刺激して誘発された波形の電位は、遠位部で刺激して誘発された波形の電位より小さくなるので注意が必要である。主な神経の遠位潜時と感覚神経伝導速度の値を表 4 の (b) に示すが、感覚神経伝導速度は、運動神経伝導速度と同様に、この値の $\pm 2SD$ の範囲が正常値として採用される。

「図 14」

3 末梢神経障害に係る検査手技

(1) 神経伝導検査 (いわゆるインチング法)

インチング法とは、末梢神経に対する絞扼が疑われる病変部を挟んで、複数の部位で電気刺激を行い、CMAP ないし SNAP を記録し、その波形の形態、持続時間、振幅、また立ち上がりの潜時や頂点の潜時の連続的な変化を検討する方法である。絞扼性末梢神経障害に対しては、通常の基本検査としての運動神経伝導検査と感覚神経伝導検査に加え、インチング法を用いることにより、さらに詳細な情報を得ることができる。インチング法を用いることで、絞扼の部位を同定することが可能であり、病変の局在診断を行うにあたっては非常に有用な検査である。病変部と考えられる部位を挟んで神経の走行に沿って、等間隔の複数の部位で電気刺激を行い CMAP および SNAP を記録する方法と、固定した部位から電気刺激を行い、病変部を挟んで神経の走行に沿った等間隔の複数の部位で CMAP および SNAP を記録する方法が一般的である。1979 年に Kimura が正中神経の絞扼障害に対し、経皮的な逆行性電気刺激によるインチング法を利用した診断方法を紹介している 4)。1985 年には Seror は、経皮的な順行性電気刺激によるインチング法を利用した、詳細な正中神経障害の評価を行っている 5)6)。インチング法の原法 (図 15) では末梢神経の病変部を挟んで 1 cm 間隔で多数の部位で電気刺激を行うものであるが、実際にここまで厳密に行わなくとも、絞扼性末梢神経障害の病変部を挟んでの中枢部と末梢部の少なくとも 2 ケ所を電気刺激して情報が得られれば十分な場合が多い。

「図 15」

運動神経伝導検査及び感覚神経伝導検査の基本検査としての有用性については上述のとおりであるが、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。

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。

ア 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。

(2) 後期応答 (F 波、H 波) 3)

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。

① F 波 (Fwave)

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行き、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。

ウ 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。

② H波 (Hreflex)

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。

(3) 針筋電図検査 (needle electromyography : needle EMG) 2) 3)

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。末梢神経障害並びに筋疾患の診断に威力を発揮する。

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、振動障害における基本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

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。

(4) 誘発電位 7)

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。

① 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る。

② 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基本検査、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。

(5) 振動覚検査

リオン製 MG03 型または AU02 型を用いた振動覚検査の評価に当たっては、表 5 に判定の目安（常温下）を示した。

表 5 振動覚検査の判定の目安（常温下）

（単位：dB）

	測定部位	検査周波数	正常	+	++	+++	
1	示指、中指、 又は環指	125Hz リオン製 MG03 型	7.5 未満	7.5 以上	12.5 以上	17.5 以上	林炎防
2	示指、中指、 環指	125Hz リオン製 MG03 型	7.5 未満	7.5 以上	12.5 以上	17.5 以上	渡部
3	右手 左手	125Hz リオン製 AU02 型	15.0 未満	15.0 以上	17.5 以上	20.0 以上	井藤ら
4	右手 左手	250Hz リオン製 AU02 型	25.0 未満	25.0 以上	27.5 以上	30.0 以上	井藤ら

注 1 2 については、50 歳以上では +2.5db の補正を行う。

注 2 本表では、原資料に「正常」の項目を追加している。

	正常	境界	異常	
50 歳未満	7.5 以下	7.5~17.5	17.5 以上	高松・的場ら
(50 歳以上)	10.0 以下	10.0~20.0	20.0 以上	

(文献)

- 1 木村彰男：電気診断学. 千野直一編：現代リハビリテーション医学（改訂第 2 版），金原出版，pp. 77-92, 2004.
- 2 千野直一：臨床筋電図・電気診断学入門 第 3 版，医学書院，1997.
- 3 Kimura J: Electrodiagnosis in Disease of nerve and muscle, 3rd Ed. Oxford Press, New York, 2001.
- 4 Kimura J: The carpal tunnel syndrome. Localization of conduction abnormalities within the distal segment of median nerve. Brain 102: 619-635, 1979.
- 5 Serrero P: Simplified orthodromic inching test in mild carpal tunnel syndrome. Muscle and Nerve 24: 1595-1600, 2001.
- 6 Serrero P: Orthodromic inching test in mild carpal tunnel syndrome. Muscle and Nerve 21: 1206-1208, 1998.
- 7 岡島康友：電気診断学. 千野直一編：現代リハビリテーション医学（改訂第 2 版），金原

出版, pp. 92-99, 1999.

4 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（表 6）。

表 6 徒手筋力検査の判定基準

5	正常
4	中等度の抵抗に抗する
3	重力に抗して全可動域動く
2	重力を除けば全可動域動く
1	筋収縮はあるが関節の動きはない
0	関節の動きも筋収縮もない

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

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。

ア 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。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。

参考として、日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会の関節可動域表示並びに測定法を表7に示した。

イ 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。

ウ その他

関節可動域測定も徒手筋力検査と同様、運動障害の基本検査として用いるが、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。

表7 関節可動域表示並びに測定法
(上肢)

部位名	運動方向	参考可動域角度	基本軸	移動軸	測定肢位および注意点
肘	屈曲	145	上腕骨	橈骨	前腕は回外位とする。
	伸展	5			
前腕	回内	90	上腕骨	手指を伸展した手掌面	肩の回旋が入らないように肘を90°に屈曲する。
	回外	90			
手	屈曲 (掌屈)	90	橈骨	第2中手骨	前腕は中間位とする。
	伸展 (背屈)	70			
	橈屈	25	前腕の中央線	第3中手骨	前腕を回内位で行う。
	尺屈	55			

(手指)

部位名	運動方向	参考可動域角度	基本軸	移動軸	測定肢位および注意点
母指	橈側外転	60	示指 (橈骨の延長上)	母指	運動は手掌面とする。以下の手指の運動は、原則として手指の背側に角度計をあてる。
	掌側外転	90			運動は手掌面に直角な面とする。
	屈曲 (MP)	60	第1中手骨	第1基節骨	
	伸展 (MP)	10			
	屈曲 (IP)	80	第1基節骨	第1末節骨	
	伸展 (IP)	10			
指	屈曲 (MCP)	90	第2~5中手骨	第2~5基節骨	
	伸展 (MCP)	45			
	屈曲 (PIP)	100	第2~5基節骨	第2~5中節骨	
	伸展 (PIP)	0			
	屈曲 (DIP)	80	第2~5中節骨	第2~5末節骨	DIPは10°の過伸展をとりうる。
	伸展 (DIP)	0			
	外転		第3中手骨延長線	第2, 4, 5指軸	中指の運動は橈側外転、尺側外転とする。
	内転				

(注) MCP・中手指節関節、PIP・近位指節間関節、IP・指節間関節、DIP・遠位指節間関節

(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。

ア 障害の把握のための基準

通常用いられている基準は、表8のとおりである。

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。

表8 深部反射の評価基準

1	全く反応のないもの（消失）	(-)
2	軽度の反応があるが、低下と判定されるもの	(±)
3	正常	(+)
4	やや亢進	(++)
5	亢進	(+++)
6	著明な亢進	(++++)

イ 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

ア 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。

イ 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筋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。