末梢神経の外科—症候・診断および手術の際のポイント—

Surgery for Entrapment Neuropathy : Symptom to Diagnosis and Surgical Key Points

原 政人

Masahito, Hara, M. D.

Key words

entrapment neuropathy, symptom, diagnosis, surgical treatment

はじめに

絞扼性末梢神経障害とは、末梢神経の交通路において神経が締め付けられて生じる病態で、解剖学的特性や生活様式などが発症に大きく関与する。絞扼性末梢神経障害の中で最も多い手根管症候群は、米国では全外科手術中第 2 位の手術数であると報告されているが、今後さらに有病者が増える可能性が高い。外科手術により治療可能な絞扼性神経障害について、必要なポイントを中心に論じる。

手根管症候群 (CTS)

手根管症候群 (carpal tunnel syndrome ; CTS) は女性に多く発症し、42 歳をピークにいずれの年齢においても発症する。人口における罹患率は 2.7%といわれる。

1. 症候と診断のポイント

1) 症候：主訴は、母指から中指、環指橈側のしびれで、手掌側が中心であることが多い。手掌中央部から母指球にかけての部分は、掌側皮枝の支配領域であり、手根管症候群では感覚低下を生じない。しびれは深夜から早朝にかけて増悪するのが特徴で、しばしば上腕や肩にまで広がる。

2) 診断：Phalen 徴候や Tinel 様徴候, carpal compression test も有用である。運動障害は進行例でみられ、母指対立筋、短母指外転筋、短母指屈筋浅頭の筋力低下のために母指の対立と外転が障害され、母指球筋、とりわ

け短母指外転筋の萎縮がみられるようになる。電気生理学的検査¹⁾では、運動神経伝導速度 (motor conduction velocity ; MCV) 遠位潜時が 4.5 msec 以上、感覚神経伝導速度 (sensory conduction velocity ; SCV) 遠位潜時が 3.5 msec 以上のときに異常とされる¹⁾。画像診断では MRI (magnetic resonance imaging) が有用との報告もある²⁾。

2. 治療方法

保存的治療としては、装具療法 (wrist brace, wrist splint), 手根管内ステロイド注入, 内服治療 (消炎鎮痛剤, ステロイドなど) があり, 手術療法としては, open hand surgery [手掌内小皮膚切開³⁾・palmar crease を越える皮膚切開⁴⁾] と内視鏡による手根管減圧術 [two-portal 法⁵⁾・one-portal 法⁶⁾] などがある。

3. 手術の際のポイント (Fig. 1)

横手根靱帯は平均で、厚さ 1.5 mm, 長さ 21.7 mm といわれる⁷⁾。正中神経は、屈筋支帯の下では手根管の掌橈側を走行し、遠位端で、反回運動枝、3 本の固有指神経、2 本の総掌側指神経に分枝する。正中神経の運動線維の束は掌橈側に位置していることが多い。反回運動枝は、解剖学的破格が存在し、ごくまれに横手根靱帯を貫通していることがある。したがって必ず直視下に横手根靱帯の切開を進めるべきである。掌側皮枝は手首皮線より約 5 cm 近位で正中神経掌橈側から分岐し神経幹と約 2 cm 並走し、手首皮線の近位約 0.8 cm で前腕筋膜を貫通し、橈側枝と尺側枝に分かれる。横手根靱帯の切開は尺側を意識すれば掌側皮枝を損傷する危険性は低い。

名古屋大学大学院医学系研究科脳神経外科 / 〒466-8560 名古屋市昭和区鶴舞町 65 [連絡先：原 政人]

Address reprint requests to : Masahito Hara, M. D., Department of Neurosurgery, Nagoya University Graduate School of Medicine, 65 Tsurumai-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi 466-8560, Japan

Fig. 1 Anatomy around the carpal tunnel

- ① median nerve
- ② palmar branch of median nerve
- ③ ulnar nerve
- ④ palmar branch of ulnar nerve
- ⑤ common palmar digital branches of median nerve
- ⑥ transverse carpal ligament
- ⑦ palmar carpal ligament
- ⑧ palmar aponeurosis
- ⑨ palmaris longus tendon
- ⑩ palmaris brevis muscle
- ⑪ thenar muscle
- ⑫ hypothenar muscle

胸郭出口症候群 (TOS)

胸郭出口症候群 (thoracic outlet syndrome ; TOS) は病態より, neurogenic TOS, vascular TOS, nonspecific-type TOS の 3 タイプに分けられる⁸⁾が, この中で neurogenic TOS が最も多い. 20~50 歳に多く発症し, 1,000 人に 3~80 人の発生率で, 女性に男性の約 3 倍の頻度でみられるといわれる.

1. 症候と診断のポイント

1) 症候: 最も多い症状は, 上肢の痛みとしびれで, 運動神経症状は約 10%の症例に存在し, 小指球や骨間筋の筋萎縮を認めることもある. Neurogenic TOS の約 90% が, C8, T1 神経根で形成される領域の圧迫が原因であることから, 尺骨神経領域のしびれ, 痛みで発症することが多い. 次いで C5-7 上位神経根領域の圧迫が原因となるため, 上肢橈骨神経領域, 頸部, 前胸部, 上位背部などのしびれや痛みを発症する. Vascular TOS では, Raynaud 徴候や手の冷感, 上肢のチアノーゼや腫脹, 手指のしびれを生じる.

2) 診断: Neurogenic TOS では, 上肢挙上テスト (Roos test) により症状の再現が得られ, Morley test により上肢へのしびれや痛みの放散が得られることが多い. Vascular TOS では Allen test, Adson test などが陽性になる. 最も多い下位神経幹 (inferior trunk) 圧迫タイプでは, 解剖学的に inferior trunk を形成する C8, T1 の sensory fiber はすべて尺骨神経内を走行すること, C8, T1 の motor fiber は正中神経と尺骨神経内を走行するが, infe-

rior trunk 内の位置により正中神経の motor fiber が損傷されやすいという特徴がある^{1,4)}. したがって, 電気生理学的には, 尺骨神経の sensory action potential の振幅減少, 正中神経の compound motor action potentials の振幅減少, 尺骨神経の motor action potential は正常かやや減少, 正中神経の sensory action potential は正常などの所見が得られることもあるが, 一般に診断は困難である. そのほか, 血管撮影, 腕神経叢造影, MRI などによる画像診断が有用なこともある.

2. 治療方法

保存的治療として, 理学療法 (ストレッチ療法), 姿勢強化 (鎖骨バンドなど), 内服治療 (鎮痛剤, 筋弛緩薬など) があり, 手術治療として, transaxillary approach, anterior supraclavicular approach, posterior subscapular approach がある. これらの経路にて, 前斜角筋部分切除, 前斜角筋・中斜角筋部分切除, 第 1 肋骨切除を組み合わせることにより, 腕神経叢や鎖骨下動静脈の減圧を行う.

3. 手術の際のポイント (Fig. 2)

胸郭出口での絞扼部位は斜角筋間三角 (interscalene triangle), 肋鎖三角 (costoclavicular triangle), 小胸筋肋骨間間隙 (pectoralis minor space) の 3 カ所あることに注意する.

斜角筋間三角は, 前方を前斜角筋, 後方を中斜角筋, 下方を第 1 肋骨で囲まれた空間で, 胸郭出口症候群はここでの絞扼障害であるとしているものが多い. 前斜角筋, 中斜角筋とも第 1 肋骨に停止するが, この停止部位には変異があり, このために神経束が圧迫されうる. また,

Fig. 2 Anatomy around the thoracic outlet

- ① brachial plexus
- ② phrenic nerve
- ③ clavicle
- ④ first rib
- ⑤ sternocleidomastoid muscle
- ⑥ trapezius muscle
- ⑦ anterior scalene muscle
- ⑧ middle scalene muscle
- ⑨ omohyoid muscle
- ⑩ subclavian artery

最小斜角筋 (scalenus minimus) は, C6, C7 から起始して鎖骨下動脈と腕神経叢の inferior trunk の間の深筋膜に停止するが, これが inferior trunk を絞扼する. 肋鎖三角は, 前方を鎖骨, 鎖骨下筋, 肋烏口靭帯 (costocoracoid ligament) で区切られ, 後内側を第 1 肋骨, 後外側を肩甲骨の上縁で囲まれた空間である. この部位は生理的に狭窄しており, 患肢の動きによってさらに狭窄する. 小胸筋肋骨間隙では, 患肢の動きによって血管神経束が, 伸ばされたり圧迫されたりする. 原因の多くは, 斜角筋群の発達や停止部の異常であるが, 鎖骨下筋の過形成, 最小斜角筋の存在, 頸肋と, その先端から第 1 肋骨あるいは深筋膜の間に存在する band も原因となる.

肘部管症候群 (CuTS)

肘部管症候群 (cubital tunnel syndrome; CuTS) は 10 万人に対し年間発生率は 20.9 人で⁹⁾, 40 歳代後半の男性に多い傾向がある.

1. 症候と診断のポイント

1) 症候: 小指全体と環指尺側の感覚障害で発症する. しびれは肘関節を強く曲げていると増強することが多い. ほとんどの例で Tinel 様徴候は陽性になるが, 症状のない症例でも 24% に偽陽性を示す. Elbow flexion test にて症状が 60 秒以内に再現することが最も重要である. 症状が進行すると, 母指内転筋, 骨間筋, 短小指外転筋などの運動障害, 筋萎縮などが起こる.

2) 診断: 電気生理学的検査において, MCV が肘関節をはさんで 49 m/sec 以下のとき, もしくは肘関節以

下の MCV より 11 m/sec の遅れがある場合に診断される¹⁰⁾. 単純 X 線写真では, medial trochlear lip osteophyte や顆上突起 (supracondylar process) を確認できる. MRI T2 STIR (short tau inversion recovery sequence) では, 尺骨神経の絞扼部位の輝度増強がみられる¹¹⁾. High-resolution ultrasonography で, 尺骨神経の形態変化を観察可能との報告もある¹²⁾.

2. 治療方法

保存的治療としては, 装具療法 (夜間の splint, 肘パッドの装着), 内服治療 (消炎鎮痛剤など), 肘部管内ブロック療法がある. 筋萎縮をきたしてしまうと予後が不良であり, 筋力低下を示す例では, simple opening (nerve decompression), medial epicondylectomy, anterior nerve transposition (subcutaneous, submuscular, intramuscular) などの手術療法を選択する.

3. 手術の際のポイント (Fig. 3)

尺骨神経が絞扼を受ける部位は 5 カ所あることを知っておく必要がある. 腕の中ほど 1/3 あたりで内側筋間中隔を貫いて上腕の後方 compartment に入るが, この内側筋間中隔が第 1 の絞扼部位である. 第 2 の絞扼部位は約 70% の症例で存在する内側上顆から約 8 cm 近位にある Struther's arcade である. 前腕内側皮神経の後方枝は内側上顆の近位 4~6 cm の間で後方に向かい, 尺骨神経とは内側上顆もしくはそのやや近位で交差する. 尺骨神経は, 肘部管で上尺側側副動脈と繋がり栄養されるとともに, 肘関節包に小さな分枝を出す. 尺側手根屈筋の前腕深筋膜と Osborne の弓状靭帯は尺骨管の屋根を形成しており, これを cubital tunnel retinaculum (CTR) といい,

Fig. 3 Anatomy around the cubital tunnel

- ① ulnar nerve
- ② medial cutaneous nerve of forearm
- ③ olecranon
- ④ medial epicondyle of humerus
- ⑤ Osborne band
- ⑥ Struther's arcade
- ⑦ medial intermuscular septum
- ⑧ medial capitis fascia of triceps brachii muscle
- ⑨ medial brachial ligament
- ⑩ deep fascia of flexor carpi ulnaris
- ⑪ flexor carpi ulnaris muscle
- ⑫ aponeurosis of biceps brachii muscle
- ⑬ superior ulnar collateral artery

これが第3の絞扼部位である（狭義の肘部管症候群）。Osborneの弓状靱帯は内側上顆から肘頭にかけて存在する4mm幅の線維性のbandである。尺側手根屈筋の前腕深筋膜は解剖学的に3または4本のbandからなっている。第4の絞扼部位は、尺側手根屈筋の尺側頭と上腕頭の間から前腕に侵入する部位である。次いで屈筋回内筋腱膜を貫通するが、これが第5の絞扼部位となる。これらの絞扼部位を念頭に置いて手術をしないと、尺骨神経の前方移動の際に新たな絞扼を作ってしまうことになりかねないので注意が必要である。

足根管症候群（TTS）

足根管症候群（tarsal tunnel syndrome；TTS）は、発生頻度、発生率などこれまでに詳細な報告はみられない。年間100万人に対し2人の発生率で、女性のほうが男性よりも多く、15～70歳で発生したとの報告があるが、頻度はもっと多いと考えられる。DMとアルコール性ニューロパチーの除外が重要である。

1. 症候と診断

1) 症候：足趾、足底部の疼痛としびれ感で、内側足底の感覚障害が多いが、境界があいまいである。焼けるような痛みが足底部に存在し、しばしば足根管部より近位側に広がることもある。

2) 診断：Tinel様徴候が最も信頼できる指標である。母趾外転筋と小趾外転筋の筋萎縮を注意深い観察で発見することが可能である¹³⁾。電気生理学的検査ではMCV、SCVともに後脛骨神経の潜時延長と振幅低下を示す。母趾外転筋（内側足底神経）の遠位潜時が6.2ms以上延長

している場合、小趾外転筋（外側足底神経）の遠位潜時が7.0ms以上延長している場合などが診断の根拠となる¹⁴⁾。

2. 治療方法

保存的治療としては、装具療法（夜間のsplint、クッション性のある靴の使用）や、内服治療（消炎鎮痛剤や利尿薬など）、足根管内ステロイド注入などがある。保存的療法の効果に乏しいもの、外傷に起因したもの、腫瘍性病変（ガングリオンなど）や静脈瘤などで神経が圧迫されたものなどが手術適応になる。手術治療としては、open surgeryによるsimple decompression（足根管解離術）や、神経と血管（動脈・静脈）の分離などがある。

3. 手術の際のポイント（Fig. 4）

脛骨神経は、アキレス腱と内果の間に存在し、内果の後方を通って屈筋支帯に入る。この屈筋支帯の中では、前方から後脛骨筋、長趾屈筋腱、後脛骨動脈、脛骨神経、長母趾屈筋腱の順に配列している。脛骨神経は、屈筋支帯下方で内側足底神経、外側足底神経、内側踵骨枝に分岐するが、内側踵骨枝は脛骨神経から分岐する場合と、外側足底神経から分岐する場合がある。内側踵骨枝は屈筋支帯を貫通していることもあり、周囲の脂肪組織などで見えにくいことも多い。これを損傷すると踵の強い痛みを訴える。脛骨神経は、後脛骨動脈の分岐より手前で分岐するが、約35%の症例で、後脛骨動脈はその分岐の手前で蛇行しており、脛骨神経を圧迫する要因となる。脛骨神経分岐前での神経の扁平化が約58%でみられるという。

Fig. 4 Anatomy around the tarsal tunnel

- ①①' tibialis nerve
- ② medial planter nerve
- ③ lateral planter nerve
- ④ medial calcaneal branch
- ⑤ medial malleolus
- ⑥ calcaneal tuber culum
- ⑦ flexor retinaculum
- ⑧ abductor hallucis muscle
- ⑨ tibialis posterior muscle
- ⑩ flexor digitorum longus tendon
- ⑪ flexor hallucis longus tendon
- ⑫ posterior tibial artery

梨状筋症候群

坐骨神経痛を有する症例の約 6%が梨状筋症候群であるとの報告があり、女性が男性の約 6 倍と高率に発症する。

1. 症候と診断のポイント

強い坐骨神経痛が主訴である。臀部の痛みと感覚異常を主体とし、大腿後面にまで放散する。疼痛のため座位保持が困難で、歩行は疼痛から逃避するために股関節を外旋位とする傾向がある。肢位によるさまざまな誘発テストがあり、Freiberg's test (股関節を他動的に屈曲・内旋することにより疼痛が誘発される)、Pace's test (股関節を抵抗下に外転・外旋させると疼痛が誘発される)、FAIR test (股関節を屈曲・内転・内旋位とすることによ

Fig. 5 Anatomy around the piriformis muscle

- ① sciatic nerve
- ② posterior femoral cutaneous nerve
- ③ superior gluteal nerve
- ④ inferior gluteal nerve
- ⑤ posterior superior iliac spine
- ⑥ greater trochanter
- ⑦ gluteus maximus muscle
- ⑧ gluteus medius muscle
- ⑨ gluteus minimus muscle
- ⑩ piriformis muscle
- ⑪ superior gemellus muscle
- ⑫ obturator internus muscle
- ⑬ inferior gemellus muscle
- ⑭ sacrotuberous ligament

り、臀部痛と下肢痛を誘発するもの)がある。また、触診にて梨状筋の spasm を触れたり、仙骨の外縁や坐骨切痕部に圧痛を示すことがある。画像診断では、MRI、CT、超音波にて梨状筋の肥厚などがみられる。MRI、neurography で坐骨神経の性状が観察可能という報告もある¹⁵⁾。腰椎椎間板ヘルニアとの相違は、ヘルニアでは Hoffman reflex や H-reflex が有意に延長する点と、支配筋すべてに筋電図所見が得られる点であるとしている¹⁶⁾。

2. 治療方法

保存的治療として、ストレッチを中心とした理学療法、梨状筋ブロック、内服治療 (消炎鎮痛剤、筋弛緩薬など) があるが、手術療法は最終手段とされる (Fig. 5)。手術方法としては、梨状筋切断術があり、梨状筋自体の切断を行うものと、大転子付着部の腱の切離を行うものがある。

3. 手術の際のポイント (Fig. 5)

皮膚切開の目印は、外表で触れる後上腸骨棘と大転子である。坐骨神経は大坐骨孔の内上方から出ることから、後上腸骨棘の2~3 cm下の点から大転子に向けた約5~6 cmの皮膚切開で、坐骨神経の観察が可能になる。大殿筋を筋線維間で分けていくと脂肪組織が見えてくるが、これが手術の際のポイントである。梨状筋下を出た坐骨神経は脂肪組織に覆われ、大殿筋直下で内閉鎖筋、双子筋、大腿方形筋、大内転筋の背側を通り、坐骨結節下で大腿二頭筋長頭の前でこれと交差し末梢に至る。坐骨神経はL4, L5神経とS1, S2, S3神経からなり、総腓骨神経と脛骨神経からなる人体で最も太い神経である。骨盤内では結合組織性被膜に包まれ、総腓骨神経が上に、脛骨神経が下に位置している。大腿では総腓骨神経が外側に、脛骨神経が内側に位置するようになる。これら両神経が完全に分かれて走行することがあり、この場合梨状筋の前方を通るのは脛骨神経のみで、総腓骨神経は梨状筋を貫通したり後方を走行するという。ごくまれに、分離していない坐骨神経が梨状筋を貫通していることもある。坐骨神経を外側からアプローチすれば、分岐神経、動静脈に直接アプローチしてしまうことはないので安全である。坐骨神経に沿って梨状筋を切開する場合には上殿動静脈に注意する。

文 献

- 1) Kwon BC, Jung KI, Baek GH : Comparison of sonography and electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg* 33 : 65-71, 2008
- 2) Jarvik JG, Comstock BA, Heagerty PJ, et al : Magnetic resonance imaging compared with electrodiagnostic studies in patients with suspected carpal tunnel syndrome : predicting symptoms, function, and surgical benefit at 1 year. *J Neurosurg* 108 : 541-550, 2008
- 3) Bromley GS : Minimal-incision open carpal decompression. *J Hand Surgery* 19 : 119-120, 1994
- 4) Cannon BW, Love JG : Tardy median palsy : median neuritis : Median thenar neuritis amenable to surgery. *Surgery* 20 : 210-216, 1946
- 5) Chow JCY : Endoscopic release of the carpal ligament : A new technique for carpal tunnel syndrome. *Arthroscopy* 5 : 19-24, 1989
- 6) Agee JM, McCarroll HR, Tortosa RD, et al : Endoscopic release of the carpal tunnel : A randomized prospective multicenter study. *J Hand Surg* 17 : 987-995, 1992
- 7) Cobb TK, Dalley BK, Posteraro RH, et al : Anatomy of the flexor retinaculum. *J Hand Surg* 18 : 91-99, 1993
- 8) Huang JH, Zager EI : Thoracic Outlet Syndrome. *Neurosurgery* 55 : 897-903, 2004
- 9) Bartels RH, Verbeek AL : Risk factors for ulnar nerve compression at the elbow : a case control study. *Acta Neurochir* 149 : 669-674, 2007
- 10) Hilburn JW : General principles and use of electrodiagnostic studies in carpal and cubital tunnel syndromes. *Hand Clin* 12 : 205-221, 1996
- 11) Britz GW, Haynor DR, Kuntz C : Ulnar nerve entrapment at the elbow : correlation of magnetic resonance imaging, clinical, electrodiagnostic, and intraoperative findings. *Neurosurgery* 38 : 458-465, 1996
- 12) Chiou HJ, Chou YH, Cheng SP : Cubital tunnel syndrome : diagnosis by high-resolution ultrasonography. *J Ultrasound Med* 17 : 643-648, 1998
- 13) Turan I, Rivero-Melián C, Guntner P, et al : Tarsal tunnel syndrome. Outcome of surgery in longstanding cases. *Clin Orthop Relat Res* 343 : 151-156, 1997
- 14) Oh SJ : Neuropathies of the foot. *Clinical Neurophysiology* 118 : 954-980, 2007
- 15) Filler AG, Kliot M, Hayes CE, et al : Application of magnetic resonance neurography in the evaluation of patients with peripheral nerve pathology. *J Neurosurg* 85 : 299-309, 1996
- 16) Fishman LM, Dombi GW, Michaelsen C, et al : Piriformis syndrome : diagnosis, treatment, and outcome-a 10-year study. *Arch Phys Med Rehabil* 83 : 295-301, 2002