

L'ENMG...

C'est le pied

■ L'anatomie et l'électroneuromyographie (ENMG) sont intimement liées. Dans cette mise au point consacrée à l'ENMG du pied, nous envisagerons systématiquement, pour chaque tronc nerveux, l'anatomie, avec ses éventuelles variantes, et ensuite les techniques ENMG qui permettent de les étudier. Les étiologies des neuropathies tronculaires du pied ne seront pas détaillées, mais simplement résumées dans le [tableau 1](#).

François Charles Wang*

NERF FIBULAIRE SUPERFICIEL [1-6] (Fig. 1)

ANATOMIE

Le nerf fibulaire superficiel (NFS) est issu du nerf fibulaire commun (NFC), en même temps que le nerf fibulaire profond (NFP), à la sortie du tunnel fibulaire. Il descend ensuite dans le compartiment latéral de la jambe, le long du péroné (innervation des **muscles long et court fibulaires**). Il perfore le fascia au tiers inférieur de la jambe où il devient sous-cutané et se divise en ses branches cutanées dorsales, médiale et intermédiaire. La branche médiale donne les 1^{er}, 4^e et 5^e **nerfs digitaux dorsaux** des orteils et la branche intermédiaire, les 6^e à 9^e **nerfs digitaux dorsaux** des orteils.

VARIANTES ANATOMIQUES

Une fois sur quatre, la **branche intermédiaire du NFS** fait défaut. Dans ce cas, le territoire d'innervation du nerf sural (NS) s'étend médialement sur le dos du pied.

Dans 15 à 28 % des cas, selon des études électrophysiologiques, l'innervation du muscle **court extenseur des orteils** (CEO) est assurée en partie, rarement en totalité, par un **nerf fibulaire accessoire** naissant de la partie proximale du NFS. Ce nerf accessoire descend sur la face latérale de la jambe, contourne en arrière la malléole latérale et innerve le CEO.

ENMG

Sur le plan électrophysiologique, le NFS et sa **branche cutanée dorsale médiale** sont aisément évaluables du dos du pied jusqu'à 10-15 cm au-dessus de la malléole externe. La **branche cutanée dorsale intermédiaire** étant inconstante (cf. supra), l'absence de potentiel évoqué n'est pas en soi pathologique (absence bilatérale dans 25 % des cas, et d'un seul côté dans 5 % des cas). Par ailleurs, dans ce cas, il est souvent possible d'évoquer un potentiel sensitif dans le même territoire en stimulant le NS derrière la malléole externe (conduction antidromique).

Sur le plan moteur, la présence d'un nerf fibulaire accessoire doit être évoquée lorsque la réponse évoquée, au niveau du CEO, après stimulation du NFP à la cheville présente une taille inférieure à celle évoquée après stimulation à la tête de la *fibula*. Dans ce cas, la stimulation en arrière de la malléole externe évoque une réponse motrice au niveau du CEO.

NERF FIBULAIRE PROFOND [1-9] (Fig. 1)

ANATOMIE

Le NFP s'individualise du NFC à la sortie du tunnel fibulaire. Il descend ensuite dans le compartiment antérieur de la jambe (innervation motrice des **muscles tibial antérieur, long extenseur des orteils, long extenseur de l'hallux et troisième fibulaire**). A la cheville, il passe sous le *retinaculum* des extenseurs. Il se divise alors en une **branche latérale terminale motrice** (pour le muscle court **extenseur des orteils**) et une **branche médiale**

* Département de Neurophysiologie clinique, CHU Liège, Belgique

Tableau 1 - Etiologies des neuropathies tronculaires du pied.				
Nerf	Traumatisme	Compression externe	Compression interne	Microtraumatismes
• Nerf sural • Nerf cutané dorsal latéral du pied	• Fracture V ^e métatarsien	• Cheville		
• Nerf fibulaire profond • Branche médiale terminale sensitive		• Cheville	• Retinaculum des extenseurs • Tendon du court extenseur de l'hallux	• Chocs répétés dos du pied
• Nerf fibulaire superficiel • Branche cutanée dorsale médiale		• Cheville • Cheville (pied creux + tarse bossu)		• Chocs répétés dos du pied
• Nerf tibial	• Canal tarsien		• Masse (canal tarsien)	• Canal tarsien (pied valgus, hyperpronation)
• Nerf plantaire médial • Nerf digital plantaire médial de l'hallux		• Avant-pied (chaussure serrée)	• Canal tarsien ou plus distal (canal de l'abducteur) • Fibrose post-traumatique	
• Nerf plantaire latéral • Nerf calcanéen inférieur			• Canal tarsien ou plus distal (canal de l'abducteur) • Plante du pied	• Au niveau du carré plantaire
• Nerf calcanéen médial			• Canal tarsien • Enclavement entre fascia et calcanéum	
• Nerfs digitaux communs plantaires			• Entre 2 têtes métatarsiennes	• Entre 2 têtes métatarsiennes
• Nerf saphène	• Iatrogène • Entorse		• Phlébite	

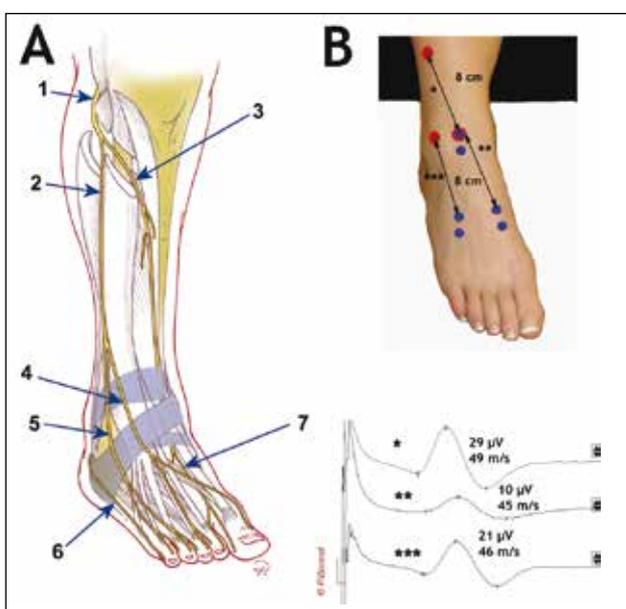


Figure 1

A - Branches du nerf fibulaire commun : 1. Nerf fibulaire commun. 2. Nerf fibulaire superficiel. 3. Nerf fibulaire profond. 4. Branche cutanée dorsale médiale du nerf fibulaire superficiel. 5. Branche cutanée dorsale intermédiaire du nerf fibulaire superficiel. 6. Nerf sural. 7. Branche médiale terminale sensitive du nerf fibulaire profond.

B - Etude de la conduction sensitive antidromique du nerf fibulaire superficiel : détection de surface (disques bleus) au milieu de la ligne bimalléolaire pour le nerf fibulaire superficiel (*), 8 cm en aval du milieu de la ligne bimalléolaire, et dans le prolongement du 1^{er} espace interdigital, pour la branche cutanée dorsale médiale (**), 8 cm en aval du milieu de la ligne bimalléolaire, et dans le prolongement du 4^e espace interdigital, pour la branche cutanée dorsale intermédiaire (***) et stimulation nerveuse percutanée à 8 cm de la détection (disques rouges).

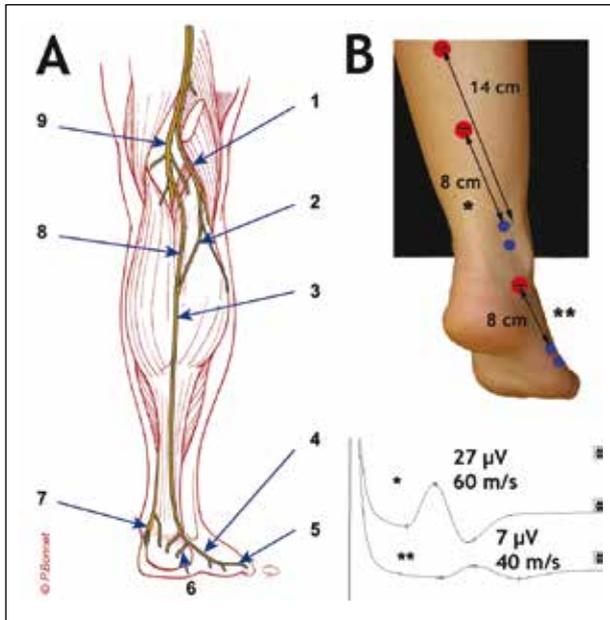


Figure 2

A - Origine et branches du nerf sural : 1. Nerf fibulaire commun. 2. Branche communicante du sural. 3. Nerf sural. 4. Nerf cutané dorsal latéral du pied. 5. Nerf digital dorsal latéral du 5^e orteil. 6. Rameaux calcanéens latéraux. 7. Nerfs plantaires. 8. Nerf cutané sural médial. 9. Nerf tibial.

B - Etude de la conduction sensitive antidromique du nerf sural et du nerf cutané dorsal latéral du pied : détection de surface (disques bleus) en arrière de la malléole externe pour le nerf sural (*) et à hauteur de la base du 5^e métatarsien pour le nerf cutané dorsal latéral du pied (**) et stimulation nerveuse percutanée à 14 ou 8 cm de la détection (disques rouges).

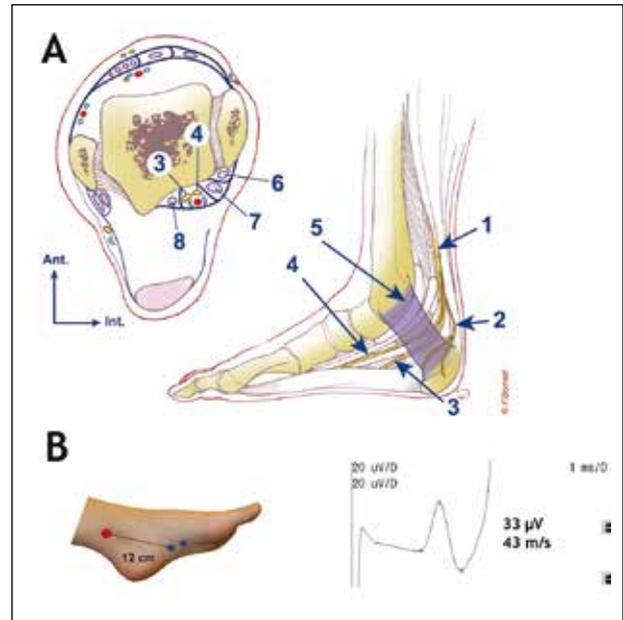


Figure 3

A - Canal tarsien (profil et coupe transversale antéro-postérieure) : 1. Nerf tibial. 2. Nerf calcanéen médial. 3. Nerf plantaire latéral. 4. Nerf plantaire médial. 5. *Retinaculum* des fléchisseurs. 6. Tendon du tibial postérieur. 7. Tendon du long fléchisseur des orteils. 8. Tendon du long fléchisseur de l'*hallux*.

B - Etude de la conduction mixte des nerfs plantaires (médial > latéral) : stimulation nerveuse percutanée (disque rouge) à la naissance de la malléole interne, au-dessus du canal tarsien, et détection de surface (disques bleus) à la partie médiale de la plante du pied, à 12 cm (ou 9,5 cm) de la cathode stimulatrice.

terminale sensitive qui se dirige vers le premier espace interdigital pour donner les **nerfs digitaux dorsaux, latéral de l'*hallux* et médial du 2^e orteil (2^e et 3^e nerfs digitaux dorsaux).**

VARIANTES ANATOMIQUES

Le muscle CEO est le muscle du pied pour lequel les variations anatomiques sont le mieux décrites. Parmi celles-ci, l'absence complète de muscle est rare. L'absence d'un ou plusieurs des 4 chefs habituels du muscle est plus fréquente.

ENMG

Une amyotrophie neurogène

isolée du CEO (avec respect des autres muscles dépendant du NFC et a fortiori du nerf tibial) associée à un allongement unilatéral de la latence distale motrice du NFP, lors de la stimulation à la cheville, doit faire évoquer le diagnostic d'atteinte tronculaire isolée et distale du NFP. Si l'examen clinique permet de documenter un déficit sensitif localisé au premier espace interdigital, le diagnostic devient fort probable.

L'évaluation électrophysiologique de la **branche médiale terminale sensitive** reste difficile. Une fois sur 5, aucune réponse sensitive n'est évoquée. Cette proportion

est encore plus élevée au-delà de 65 ans.

Parfois, en raison du chevauchement des nerfs et de leur territoire d'innervation, le potentiel sensitif enregistré provient de la **branche cutanée dorsale médiale du NFS** et non de la branche sensitive du NFP.

NERF SURAL [1-6] (Fig. 2)

ANATOMIE

Le NS provient de la réunion, généralement au milieu de la jambe, de la **branche communicante du sural** (issue du NFC) et du

nerf cutané sural médial (issu du nerf tibial). A la cheville, le nerf contourne la malléole latérale et donne des **rameaux calcanéens latéraux** et le **nerf cutané dorsal latéral du pied** qui se termine en **nerf digital dorsal latéral du 5^e orteil** (10^e nerf digital dorsal).

VARIANTES ANATOMIQUES

Dans 20 % des cas, la **branche communicante** descend jusqu'au talon sans fusionner avec le **nerf cutané sural médial**, qui constitue alors à lui seul le NS. De façon très exceptionnelle, c'est la branche communicante qui fait office de NS. Dans les autres cas, la réunion des deux branches constitutives du NS se fait habituellement au milieu de la jambe. Cependant, cette réunion peut se faire plus proximale, dès le creux poplité, ou distalement, jusqu'à la cheville, et n'est symétrique que dans 60 % des cas.

Des anastomoses sont décrites entre le NS et la branche intermédiaire du NFS, entre le NS et la branche médiale du NFS, en l'absence de la branche intermédiaire.

ENMG

La conduction antidromique du NS et de sa branche terminale, le **nerf cutané dorsal latéral du pied**, ne pose habituellement pas de problème. Chez certains sujets aux mollets et chevilles particulièrement volumineux, le **nerf cutané dorsal latéral du pied** sera parfois une alternative intéressante à l'impossibilité d'étudier le NS. Dans certains cas, l'atteinte du NS se situe distalement par rapport au site d'enregistrement du potentiel sensitif (ex. : fracture du V^e métatarsien). Ici aussi, l'étude du **nerf cutané dorsal latéral du pied** peut s'avérer utile.

Dans de rares situations, la stimu-

lation nerveuse au mollet se heurte à l'existence de deux branches du NS, une médiane (habituelle) et une latérale (rare). Cette anomalie, traduisant probablement l'absence de fusion entre la **branche communicante du sural** et du **nerf cutané sural médial**, peut n'exister que d'un seul côté. Dans ce cas, la méconnaissance de la branche latérale conduira à conclure en une asymétrie d'amplitude du potentiel du NS.

NERF TIBIAL À LA CHEVILLE [1-6, 10, 11]

(Fig. 3)

ANATOMIE

A l'approche de la cheville, le nerf tibial (NT) devient superficiel, s'étendant sur le versant médial du tendon d'Achille. Ensuite, le NT passe sous le *retinaculum* des fléchisseurs, dans le canal tarsien. Celui-ci est délimité en dehors par le muscle carré plantaire et la face interne du *talus* et du *calcaneus*. En dedans, le canal tarsien est délimité par le *retinaculum* des fléchisseurs qui engaine le muscle abducteur de l'*hallux*. Le feuillet profond du *retinaculum* envoie des cloisons qui s'étendent jusqu'à l'os et constituent des gaines ostéo-fibreuses pour la paquet vasculo-nerveux et les tendons des muscles tibial postérieur, long fléchisseur des orteils, et long fléchisseur de l'*hallux*. Le NT se divise dans le canal tarsien en ses deux branches terminales, les **nerfs plantaires médial et latéral** (NPM et NPL).

VARIANTES ANATOMIQUES

Un muscle surnuméraire est parfois responsable d'une compression nerveuse tronculaire. En particulier, un muscle long fléchisseur accessoire, tibio-calcaneen médial ou fibulo-calcaneen médial, ou

leur tendon respectif, peut entrer en conflit avec le NT.

ENMG

Concernant le syndrome du canal tarsien (SCT), il existe, depuis 2002, des recommandations établies par l'*American Association of Neuromuscular & Electrodiagnostic Medicine* (AANEM) que l'on peut résumer ainsi :

1. montrer un allongement de la **latence distale motrice** du NT avec recueil des réponses sur les muscles abducteurs de l'*hallux* et du V ;
2. montrer un allongement de la latence au pic ou un ralentissement de la conduction nerveuse à travers le canal tarsien par l'étude des **conductions des nerfs mixtes** (nerfs plantaires médial et latéral) ;
3. montrer un ralentissement de la conduction nerveuse à travers le canal tarsien et/ou une amplitude réduite ou une absence de réponse par l'étude des **conductions sensitives** des nerfs plantaires médial et latéral ;
4. l'intérêt de l'utilisation de l'électromyographie à l'aiguille électrode reste incertain. Malgré ces recommandations, le diagnostic ENMG positif de SCT est difficile. L'ENMG reste néanmoins très utile dans le diagnostic différentiel.

NERF PLANTAIRE MÉDIAL [1-6] (Fig. 4)

ANATOMIE

Le nerf plantaire médial (NPM) atteint la plante du pied en passant sous l'attache osseuse du muscle abducteur de l'*hallux* (canal de l'abducteur en arrière du tubercule de l'os naviculaire ou scaphoïde tarsien), puis à travers un espace ostéo-fibreux formé par l'attache, aux os du tarse, du muscle court

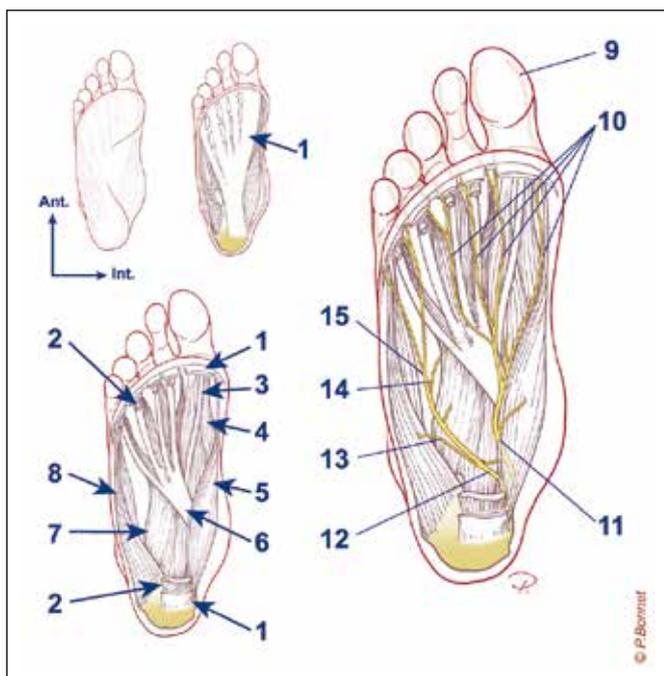


Figure 4 - Plante du pied et nerfs plantaires :

1. Aponévrose plantaire.
2. Muscle court fléchisseur des orteils.
3. Tendon du long fléchisseur de l'hallux.
4. Muscle court fléchisseur de l'hallux.
5. Muscle abducteur de l'hallux.
6. Tendon du long fléchisseur des orteils.
7. Muscle carré plantaire.
8. Muscle abducteur du 5^e orteil.
9. Nerf digital propre plantaire médial de l'hallux (1^{er} nerf digital propre plantaire).
10. Nerfs digitaux communs plantaires.
11. Nerf plantaire médial.
12. Nerf plantaire latéral.
13. Nerf calcanéen inférieur (nerf de Baxter ou nerf de l'abducteur du V).
14. Branche profonde motrice.
15. Branche superficielle sensitive.

fléchisseur de l'hallux. Il assure l'innervation motrice des muscles **abducteur de l'hallux, court fléchisseur des orteils et court fléchisseur de l'hallux**. Le NPM se termine en donnant les trois premiers **nerfs digitaux communs plantaires** (NDCP) (innervation du **1^{er} lombrical**) qui se poursuivent, en passant entre les têtes métatarsiennes, en **nerfs digitaux propres plantaires** (2^e à 7^e). La branche terminale la plus médiale du NPM est le **nerf digital propre plantaire médial de l'hallux** (1^{er} nerf digital propre plantaire).

ENMG

L'évaluation ENMG du NPM comprend l'étude de la conduction motrice (stimulation en arrière de la malléole interne, détection au niveau du muscle abducteur de l'hallux) et de la conduction sensitive (stimulation du 1^{er} rayon par bagues) ou mixte.

De nombreuses techniques sont décrites (conduction antidromique ou orthodromique). Toutes

ces techniques se heurtent à la difficulté d'enregistrer des réponses, en particulier sensibles, chez des patients âgés (> 60 ans) présentant éventuellement des œdèmes des membres inférieurs ou un terrain de neuropathie périphérique. Pour optimiser l'amplitude des réponses sensibles, certains laboratoires privilégient les enregistrements par électrodes aiguilles monopolaires implantées à proximité du NT à la cheville. Cette méthodologie est également préférable lors de l'étude spécifique du **nerf digital propre plantaire médial de l'hallux**.

La démonstration électrophysiologique d'une compression d'un NDCP n'est pas aisée. La conduction sensitive orthodromique est habituellement étudiée par la stimulation des nerfs digitaux propres plantaires d'un espace interdigital, le recueil des potentiels évoqués en arrière de la malléole interne étant assuré par des électrodes aiguilles monopolaires. Les potentiels sensitifs ainsi évoqués sont de très faible amplitude

(quelques µV) et peuvent être absents en l'absence de neuropathie, en particulier chez le sujet âgé.

NERF PLANTAIRE LATÉRAL [1-6] (Fig. 4)

ANATOMIE

Le nerf plantaire latéral (NPL) atteint également la plante du pied en passant sous l'attache osseuse du muscle abducteur de l'hallux. La première branche collatérale du NPL, qui naît parfois directement du NT, est le **nerf calcanéen inférieur** ou **nerf de Baxter** ou encore **nerf de l'abducteur du V** (innervation également du périoste de la tubérosité interne du calcanéum, du **court fléchisseur des orteils** et parfois du **carré plantaire**). Le NPL passe ensuite entre les muscles court fléchisseur des orteils et carré plantaire (dont il assure l'innervation). Il se divise en une **branche superficielle sensitive** donnant le 4^e NDCP et les 8^e à 10^e **nerfs propres plantaires** et une **branche profonde motrice** (innervation des

muscles : **interosseux plantaires et dorsaux**, trois derniers **lombricaux**, **adducteur de l'hallux** et **court fléchisseur du V**).

ENMG

Sur le plan ENMG, l'atteinte du nerf calcanéen inférieur se traduit par une anomalie du potentiel moteur (latence motrice distale augmentée et/ou amplitude réduite) évoqué au niveau du muscle adducteur du V (détection par électrode aiguille).

En cas d'atteinte du NPL, c'est l'anomalie (réduction d'amplitude principalement) de la conduction sensitive ou mixte du NPL qui domine le tableau électrophysiologique. L'étude de la conduction mixte par stimulation plantaire est plus difficile pour le NPL que pour le NPM. En effet, il est souvent nécessaire d'augmenter l'intensité de stimulation de telle sorte que l'activation isolée du NPL n'est plus assurée. Dans ce cas, la conduction sensitive (stimulation du 5^e rayon par bagues) devrait être préférée à la conduction mixte.

NERF CALCANÉEN MÉDIAL [1-6, 12]

VARIANTES ANATOMIQUES ET

ENMG

Les variations du nerf calcanéen

médial (NCM) sont tellement nombreuses et diverses, qu'il est pratiquement impossible de définir une anatomie normale. En effet, le NCM est formé d'une à quatre branches qui naissent au-dessus et/ou dans le canal tarsien, à partir du NT et/ou du NPM et/ou du NPL.

En raison de la fréquence et de la diversité des variations anatomiques concernant le NCM (variantes non toujours symétriques) et du voisinage proche du NT, l'exploration neurophysiologique semble illusoire. En effet, lorsqu'un potentiel sensitif est enregistré à la face interne du talon, il provient plus souvent du NT que du NCM. Seule l'imagerie est alors susceptible de confirmer l'atteinte isolée du NCM.

NERF SAPHÈNE [1-6]

ANATOMIE

Le nerf saphène, branche terminale sensitive du nerf fémoral, dont il se dégage quelques centimètres en dessous du ligament inguinal, est issu des racines L3 et L4. Il entre dans le canal de Hunter au tiers inférieur et interne de la cuisse. Au genou, il donne la branche infrapatellaire et continue sa course le long de la face interne de la jambe, de la cheville et

du pied dont il assure l'innervation sensitive.

VARIANTES ANATOMIQUES

Des anastomoses sont décrites entre la branche médiale du NFS et le nerf saphène.

ENMG

Plusieurs techniques neurographiques sont décrites pour le nerf saphène, à la cuisse, à la partie haute de la jambe ou plus distalement.

Nous privilégions l'étude de la conduction antidromique dans la portion la plus distale du nerf. Le recueil se fait sur la face antéro-supérieure de la malléole interne et la stimulation 8-10 cm en amont. L'amplitude du potentiel évoqué est faible, 4 μ V en moyenne. ■

Remerciement

Nous remercions vivement le Professeur Pierre Bonnet de nous avoir fait l'amitié d'illustrer, aussi élégamment, cette mise au point.

Correspondance

Dr François Charles Wang

CHU Sart Tilman B35

B-4000 Liège

Belgique

Tél. : +32 4 366 77 88

Fax : +32 4 366 72 30

E-mail : fc.wang@chu.ulg.ac.be

BIBLIOGRAPHIE

1. Bouche P. Les Neuropathies périphériques (volume 3) : Les mononeuropathies. Rueil-Malmaison : Doin (Ed), 2008.
2. Stewart JD. Focal peripheral neuropathies. New York : Raven Press (Ed), 1993.
3. Wang FC, Courtois AC, Laurent L et al. L'ENMG... autour du pied. In : Vial C (éd). ENMG 2010. Marseille : Solal, 2010 : 371-88.
4. Bergman RA. Anatomy atlases, <http://www.anatomyatlases.org/>
5. Seror P. Conductions nerveuses : techniques, pièges et solutions. Paris : Elsevier (Ed), 2005.
6. Oh SJ. Clinical Electromyography: nerve conduction studies (Third Edition). Philadelphie : Lippincott Williams & Wilkins (Ed), 2003.
7. Lambert EH. The accessory deep peroneal nerve. A common variation in innervation of extensor digitorum brevis. Neurology 1969 ; 19 : 1169-76.
8. Lo YL, Leoh TH, Dan YF et al. An electrophysiological study of the deep peroneal sensory nerve. Eur Neurol 2003 ; 50 : 244-7.
9. Borne J, Brunet-Guedj E, Imbert JC et al. Muscles et tendons accessibles. In : Rodineau J et Saillant G (éd). Anomalies anatomiques et pathologie sportive. Paris : Masson, 2004 : 203-19.
10. American Association of Electrodiagnostic Medicine. American Academy of Neurology. American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. Practice parameter for electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome: summary statement. Muscle Nerve 2002 ; 25 : 918-22.
11. Bouche P. Utilité des techniques électrophysiologiques dans l'évaluation d'un syndrome du tunnel tarsien suspecté : une revue fondée sur les documents publiés. Correspondance en Nerf & Muscle 2006 ; 3-4 : 17-22.
12. Dellon AL, Kim J, Spaulding CM. Variations in the origin of the medial calcaneal nerve. J Am Podiatr Med Assoc 2002 ; 92 : 97-101.