

ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
FES



VALEURS NORMATIVES EN ELECTRONEUROMYOGRAPHIE
DU LABORATOIRE DE NEUROPHYSIOLOGIE CLINIQUE
CHU HASSAN II DE FES

MEMOIRE PRESENTE PAR :
Docteur RHISSASSI MERIAM
née le 23 Novembre 1981 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE SPECIALITE EN MEDECINE
OPTION : NEUROLOGIE

Sous la direction de :
Professeur BELAHSEN MOHAMMED FAOUZI

Jun 2011

ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE



VALEURS NORMATIVES EN
ELECTRONEUROMYOGRAPHIE AU LABORATOIRE DE
NEUROPHYSIOLOGIE CLINIQUE DU CHU HASSAN II DE
FES

Mémoire d'Obtention du Diplôme de Spécialité

Option : Neurologie

Session : Juin 2011

SOMMAIRE

I.	Résumé	4
II.	Introduction.....	6
III.	Matériels et méthodes.....	8
	A. Type d'étude.....	8
	B. Critères d'inclusion	9
	C. Critères d'exclusion	9
	D. Modalités de l'exploration physiologique.....	10
	a. Appareillage	10
	b. Préliminaires à l'examen	12
	c. Conductions nerveuses motrices	13
	i. Généralités	13
	ii. Nerf médian	16
	iii. Nerf cubital	17
	iv. Nerf radial	18
	v. Nerf sciatique poplité externe	19
	vi. Nerf sciatique poplité interne	20
	d. Conductions nerveuses sensibles	21
	i. Généralités	21
	ii. Nerf médian	23
	iii. Nerf cubital	24
	iv. Nerf radial	25

v. Nerf musculo-cutané.....	26
vi. Nerf sural.....	27
e. Réponse tardive: Onde F	28
E. Analyse statistique	29
IV. Résultats	30
A. Description des caractéristiques sociodémographiques	30
B. Résultats des conceptions nerveuses	32
a. Nerf médian.....	32
b. Nerf cubital.....	32
c. Nerf radial	33
d. Nerf sciatique poplité externe	33
e. Nerfs sciatique poplité interne	33
V. Discussion	34
A. Variabilité des valeurs normatives.....	34
a. Facteurs physiologiques	35
b. Facteurs anatomiques.....	38
c. Facteurs techniques	38
B. Tableaux comparatifs des résultats avec la littérature.....	40
C. Interprétation des résultats d'un EMG	43
VI. Conclusion et perspectives.....	44
VII. Références bibliographiques	46

RESUME

Introduction:

L'électroneuromyogramme "ENMG" occupe une place importante dans le diagnostic des atteintes périphériques du système nerveux. C'est une extension de l'examen neurologique qui permet d'enregistrer et de mesurer les activités électriques des nerfs et muscles afin de: préciser la topographie lésionnelle, caractériser et quantifier le processus physiopathologique sous jacent et définir au mieux la sévérité et le pronostic fonctionnel de l'atteinte nerveuse.

Objectif:

L'objectif de ce travail est d'établir les normes des conductions nerveuses des différents nerfs explorés à l'EMG du laboratoire de neurophysiologie clinique du CHU Hassan II de Fès.

Matériel et méthode:

L'étude se fera sur un nombre suffisant de patients ne présentant pas de signes neurologiques et dont l'examen neurologique est normal. La méthodologie se doit d'être rigoureuse et doit répondre à certaines obligations techniques. Le protocole habituel comprend une stimulation des cinq nerfs communément étudiés: nerfs médian, cubital et radial aux membres supérieurs, nerfs sciatiques poplités

externe et interne aux membres inférieurs. L'exploration concerne les contingents moteurs et sensitifs sur leur versant proximal et distal.

Discussion:

Les valeurs des conductions nerveuses obtenues doivent être interprétées en fonction de l'âge du patient, de sa taille, de la température du membre et des valeurs établies dans le laboratoire pour le nerf étudié. La plupart des laboratoires utilisent deux déviations standards (DS) de la moyenne comme valeurs normales dans une distribution gaussienne. Cette règle ne s'applique pas au potentiel évoqué musculaire puisqu'on utilise généralement comme limite inférieure les chiffres les plus bas obtenus chez les sujets normaux.

Conclusion:

Le laboratoire d'électrophysiologie clinique doit disposer de ses propres valeurs normatives standardisées afin d'optimiser la qualité des résultats et des interprétations des examens.

INTRODUCTION

L'électroneuromyogramme "ENMG" représente de nos jours une extension de l'examen neurologique et occupe une place importante dans le diagnostic des atteintes périphériques du système nerveux. [1]

C'est un examen qui permet d'enregistrer et de mesurer les activités électriques des nerfs et muscles afin de:

Ø Préciser la topographie lésionnelle :

- atteinte tronculaire [2]
- atteinte radiculaire [3]
- atteinte musculaire [4]
- atteinte de la corne antérieure [5]
- atteinte de la jonction neuromusculaire : recherche de blocs pré ou post-synaptiques [6]

Ø Caractériser et quantifier le processus physiopathologique sous jacent :

- mécanisme démyélinisant
- mécanisme axonal

Ø Dépister une neuropathie débutante et/ou latente : au cours de traitements neurotoxiques (chimiothérapie, amiodarone,.....) par exemple. [7]

Ø Définir au mieux la sévérité et le pronostic fonctionnel de l'atteinte nerveuse : évolution d'un syndrome de Guillain barré

ou d'une paralysie à frigoris, réponse thérapeutique d'une neuropathie, suivi d'un canal carpien [8,9,10]

Au cours d'un examen ENMG, trois études peuvent être conduites :

- ü l'étude des vitesses de conduction motrice
- ü l'étude des vitesses de conduction sensitive
- ü l'électromyogramme « EMG » ou enregistrement musculaire (chapitre non abordé au cours de ce travail)

L'étude des conductions nerveuses motrices et sensitives est désormais une méthode fiable et sensible de l'exploration du système nerveux périphérique. Cependant, il est nécessaire de définir le normal pour reconnaître le pathologique. Une question que l'on s'est posé autant qu'apprenti en électromyographie au cours de notre cursus, en comparant les valeurs proposées par chaque laboratoire (Ex : valeurs de référence du centre de neurophysiologie de « l'Hôpital des spécialités » de Rabat largement différentes par rapport à celles de l'institut de myologie du Groupe Hospitalier « Pitié-Salpêtrière » de Paris). C'est-à-dire qu'une valeur normale pour un laboratoire peut être considérée comme pathologique dans un autre. Cette réflexion nous a incité à essayer de répondre à la question : "Quelles sont les valeurs normales des différents paramètres utilisés dans l'étude des conductions nerveuses?"

Ce travail essaiera d'apporter des éléments de réponse intéressant notre laboratoire de neurophysiologie.

MATERIEL ET METHODE

A. Type d'étude :

L'étude réalisée est transversale. Elle a été menée au laboratoire de neurophysiologie clinique du CHU Hassan II de Fès au cours de l'année 2011.

Le protocole comprend l'étude des cinq nerfs communément étudiés:

- ∅ aux membres supérieurs : nerfs médian, cubital et radial
- ∅ aux membres inférieurs : nerfs sciatiques poplités externe et interne.

L'exploration concerne les contingents moteurs et sensitifs sur leur versant proximal et distal, du côté droit et gauche.

Pour chaque contingent moteur, on étudie :

- ✓ LDM : Latence distale motrice
- ✓ AM : Amplitude motrice
- ✓ VCM : Vitesses de conduction nerveuses motrice
- ✓ OF: latence de l'onde F

Pour chaque contingent sensitif, on étudie :

- ✓ LDS : Latence distale sensitive
- ✓ AS : Amplitude sensitive
- ✓ VCS : Vitesse de conduction nerveuse sensitive

B. Critères d'inclusion :

L'étude a porté sur un échantillon de population fait de 27 sujets volontaires sains remplissant les critères suivants :

- ü Absence de symptomatologie neurologique
- ü Examen neurologique normal
- ü Consentement éclairé signé

C. Critères d'exclusion :

A été exclu de l'étude :

- ü Tout patient présentant une affection médicale pouvant se compliquer d'une atteinte neurologique périphérique (diabète, polyarthrite rhumatoïde, chimiothérapie,...) même en l'absence de tout signe neurologique clinique.
- ü Tout patient se prêtant à des difficultés techniques : obésité, extrémités froides (malgré plusieurs essais de réchauffement externe)

D. Modalités de l'exploration physiologique:

a. Appareillage :

L'appareil d'électromyographie utilisé est un appareil fixe (Figure 1). Il est constitué d'un amplificateur et de préamplificateurs qui transmettent le signal obtenu sur un oscilloscope. [1]

Un stimulateur génère des courants électriques afin de stimuler les nerfs moteurs et sensitifs, la réponse évoquée étant enregistrée sur l'écran de l'ordinateur. Ce stimulateur (Figure 2) est muni de plusieurs dispositifs qui permettent le contrôle de la durée, de l'intensité et du rythme (stimulation en choc unique ou sur un mode récurrent).

Des copies d'écran peuvent être alors réalisées ou encore les signaux peuvent être stockés en mémoire dans l'ordinateur.



Figure 1 : appareil d'ENMG



Figure 2 : stimulateur

Les Electrodes de surface: (Figure3) détectent la plupart des activités électriques sous jacentes, ce qui permet de mesurer l'activité globale d'un nerf ou d'un muscle. Elles sont reliées à un amplificateur

(Figure 4) qui reproduit les réponses sur un oscilloscope où les mesures peuvent être effectuées.



Figure 3

Electrodes de surface
de recueil reliées à
l'amplificateur



Figure4

Les Electrodes de stimulation: les électrodes utilisées permettent une stimulation bipolaire. On distingue :

- Electrodes de surface bipolaire : 2 électrodes montées sur une même barrette de plastique avec un écartement inter-électrodes de 2.5 ou 3 cm (Figure 5)
- Electrodes en forme d'anneaux : non utilisées dans notre étude (Figure 6)



Figure 6



Figure 5

Les meilleurs points de stimulation correspondent aux points où les nerfs sont plus superficiellement placés ; ou plus facilement accessibles.

b. Préliminaires à l'examen :

La stimulation électrique de structures nerveuses peut être douloureuse ou tout du moins désagréable. Il est donc nécessaire de préparer le patient à l'examen et de le mettre en confiance : expliquer les modalités et rassurer quant à l'innocuité du courant électrique généré par le stimulateur.

Un certain nombre de précautions sont indispensables à observer avant d'entreprendre l'examen :

- ü Mise à terre du patient (Figure 7)
- ü Préparation de la peau : gratter la peau pour abaisser l'impédance cutanée et réduire l'atténuation du signal par la couche cornée superficielle
- ü Réchauffement des extrémités pour obtenir une température entre 31 et 34°C.

Une bonne technique, une bonne connaissance du matériel utilisé et un patient relâché sont le gage d'un examen efficace. Une technique approximative entraîne la répétition ou l'augmentation de l'intensité des stimulations, rend le patient anxieux et contracté. Elle ne peut que conduire à des interprétations erronées et impropres. [11]



Figure 7 :
Mise à terre du
patient



c. Conductions nerveuses motrices :

i. Généralités :

Le nerf est stimulé par le stimulateur électrique délivrant un courant à des points déterminés de son trajet. Ce choc électrique provoque la dépolarisation des fibres nerveuses, ce qui déclenche une propagation centripète et centrifuge de l'influx nerveux. [12]

Arrivé à la jonction neuromusculaire, cet influx nerveux entraîne une contraction musculaire enregistrable sur l'un des muscles du territoire moteur du nerf stimulé. La réponse motrice ou « potentiel évoqué musculaire » représente ainsi la somme des potentiels d'unités motrices « PUM » élémentaires engendrés par les différentes fibres motrices activées.

Chez le sujet sain, un choc de largeur inférieure à 0,5 ms et une fréquence de stimulation de 1 Hz sont suffisants pour obtenir une réponse correcte. Une intensité trop élevée peut entraîner une diffusion du champ stimulant au-delà de la cathode, conduisant ainsi à des erreurs de mesure des latences (trop courtes). [13,14,15]

La mesure des conductions motrices est la technique la plus anciennement utilisée et la plus facile. Elle ne nécessite pas de techniques de moyennage des résultats.

L'emplacement des électrodes est comme suit :

Stimulation:

*Cathode « pôle négatif » : dirigée vers le muscle

*Anode « pôle positif » : proximale par rapport à la cathode

Enregistrement:

*Electrode active (R-): placée sur le corps musculaire, au point moteur

*Electrode de référence (R+): placée à distance sur le tendon.

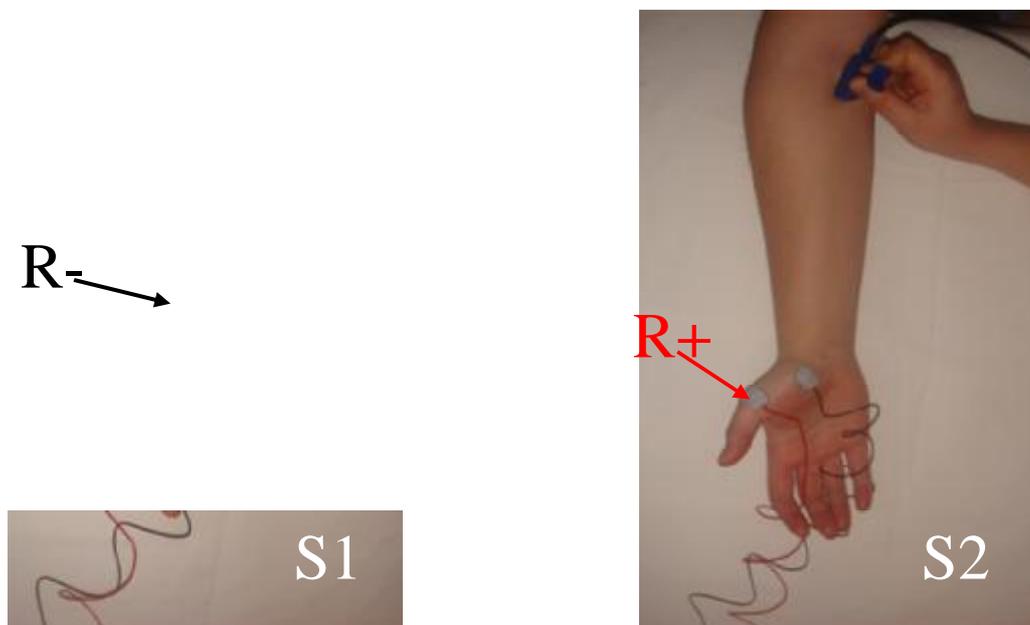


Figure 8: Emplacement des électrodes de stimulation et de recueil dans l'étude de la conduction motrice du nerf médian

S : Electrodes de stimulation de surface bipolaire montée sur une même barrette : S1 pour la stimulation distale et S2 pour la stimulation proximale

R : électrodes de recueil avec une électrode active (R-) placée sur le court abducteur du pouce et une électrode de référence (R+) placée sur le tendon de ce muscle

N.B : le sens des électrodes ne doit pas être inversé. Si l'anode est plus proche des électrodes d'enregistrement et la cathode à distance,

on enregistre une réponse de latence plus lente et d'amplitude plus faible.

Figure 9 :

Erreur de positionnement des électrodes de stimulation : cathode proximale par rapport à l'anode



Potentiel évoqué musculaire : forme biphasique : d'abord négative puis positive

Latence (ms) mesurée de l'artéfact de stimulation au début de l'inflexion négative

Amplitude de la réponse motrice (μV): mesurée ou de pic à pic ou de la ligne de base à pic négatif

Distance (mm): longueur du nerf mesurée directement sur la peau avec un centimètre de couturière, entre deux points de stimulation

Vitesse de conduction nerveuse (m/s): rapport entre la distance et la différence des latences proximales et distales.

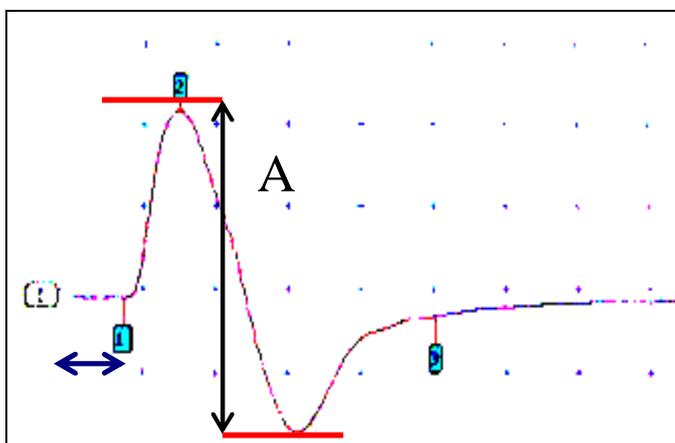


Figure 10 :

Potentiel évoqué moteur enregistré pour un nerf

↔ : Latence distale

↔ : Amplitude motrice

— : Pic

ii. Nerf médian :

Pour l'étude de la conduction motrice du nerf médian, on utilise la technique suivante [16] :

rementEnregist:

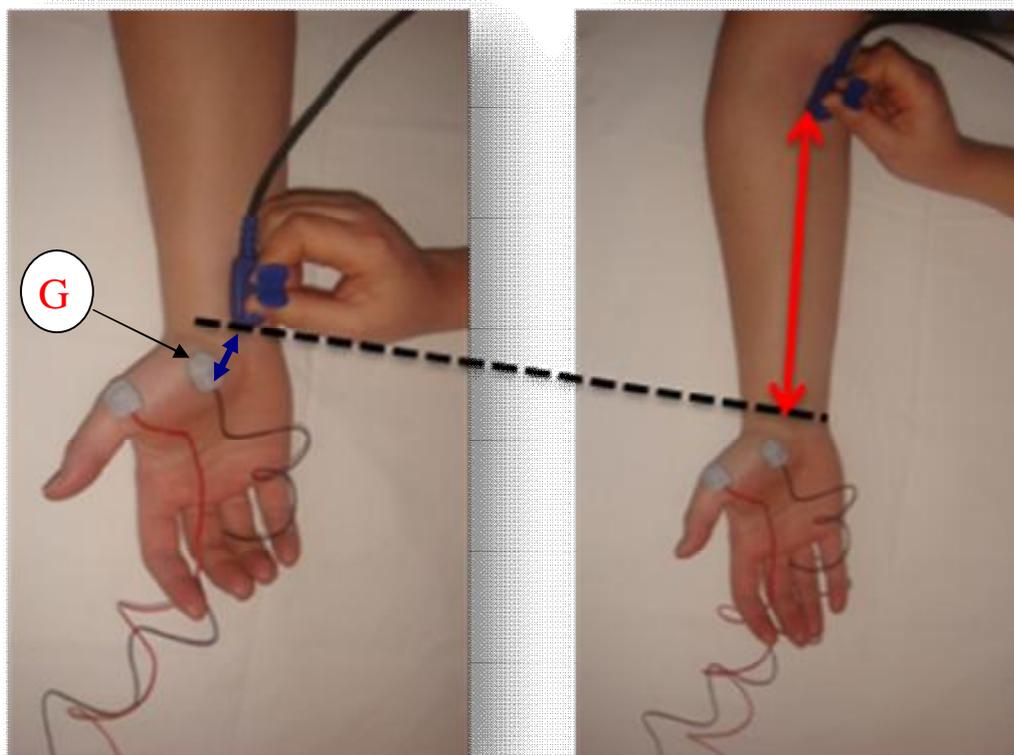
***Electrode active (-) «Point G»** : à mi distance entre le milieu du premier pli palmaire et l'articulation métacarpo phalangienne

***Electrode de référence (+)** : sur l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce

Stimulation:

***Site de stimulation distale** : au dessus du pli palmaire inférieur, à 5cm du point G

***Site de stimulation proximale** : au pli du coude en dedans du tendon bicipital



↔ : Distance recueil- stimulation « 5cm »
↔ : Distance entre points de stimulation

iii. Nerf cubital :

Pour l'étude de la conduction motrice du nerf cubital, on utilise la technique suivante [17] :

Enregistrement:

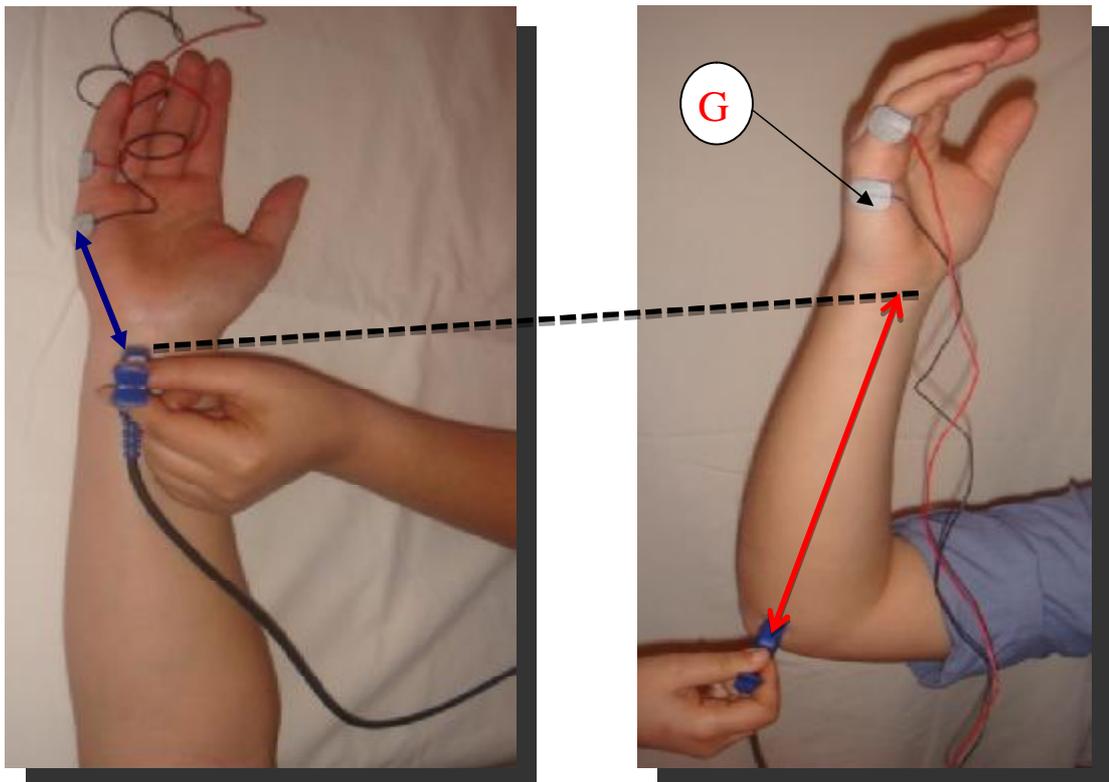
*Electrode active (-) « point G » : la partie charnue de l'éminence hypothénar

*Electrode de référence (+) : la face dorsale de la 1^{ère} phalange de l'auriculaire

Stimulation:

*Site de stimulation distale : au dessus du pli palmaire inférieur, à 5cm du point G

*Site de stimulation proximale : à 4 cm au dessus de l'épitrôchlée



↔ : Distance recueil- stimulation « 5cm »

↔ : Distance entre points de stimulation

iv. Nerf radial :

Pour l'étude de la conduction motrice du nerf radial, le bras est positionné en abduction, coude fléchi 45° à 60° : [18]

Enregistrement:

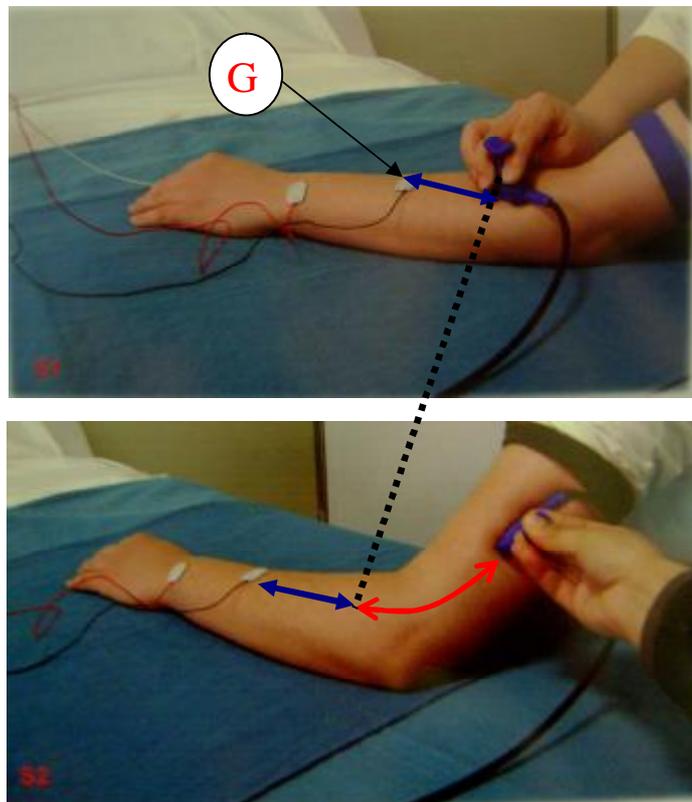
*Electrode active (-) « point G » : à 5 cm de la styloïde radiale sur le muscle long supinateur

*Electrode de référence (+) : sur la styloïde radiale

Stimulation:

*Site de stimulation distale : dans la gouttière radiale, à 5 cm du point G

*Site de stimulation proximale : 6 à 8 cm au dessus de l'épicondyle latéral



↔ : Distance recueil- stimulation « 5cm »
↔ : Distance entre points de stimulation

v. Nerf sciatique poplité externe :

On utilise la technique suivante pour le nerf sciatique poplité [19]

Enregistrement:

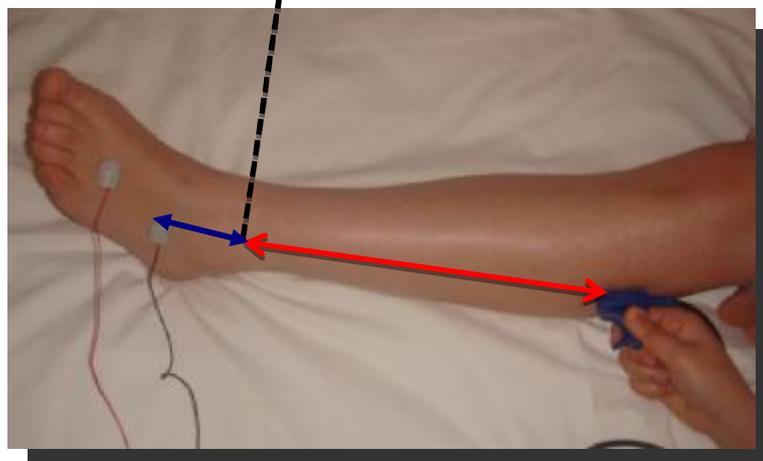
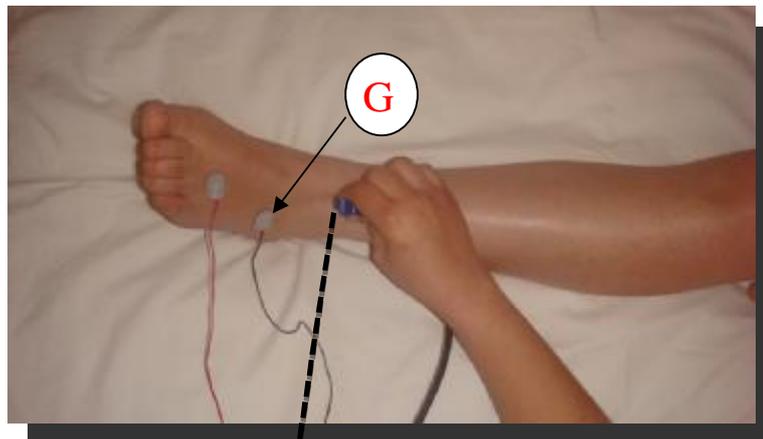
*Electrode active (-) «point G» : le muscle extenseur commun des orteils « pédieux »

*Electrode de référence (+) : sur la face dorsale du gros orteil

Stimulation:

*Site de stimulation distale : sur la face antérieure de la cheville, à 7 cm du point G

*Site de stimulation proximale : 3 à 4 cm au dessus du col du péroné



↔ : Distance recueil- stimulation « 7 cm »

↔ : Distance entre points de stimulation

vi. Nerf sciatique poplité interne :

Pour l'étude de la conduction motrice du nerf sciatique poplité externe, on utilise la technique suivante :

Enregistrement:

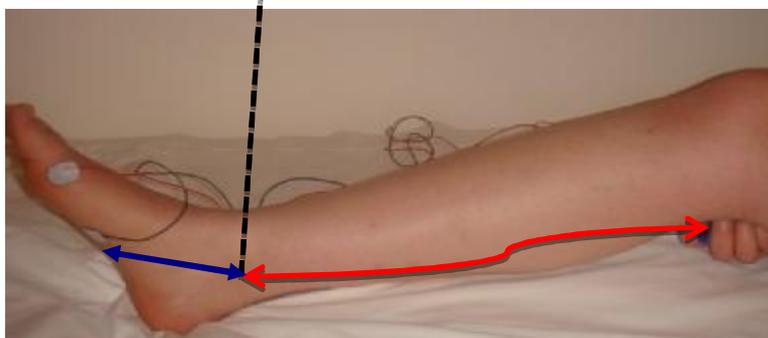
Electrode active (-) « point G » : le muscle court fléchisseur du gros orteil

Electrode de référence (+) : sur la métatarso-phalangienne du gros orteil

Stimulation:

Site de stimulation distale : en arrière de la malléole interne, à 7 cm du point G

Site de stimulation proximale : au creux poplité, à l'union 1/3 interne -2/3 externe



↔ : Distance recueil- stimulation « 7 cm »

↔ : Distance entre points de stimulation

d. Conductions nerveuses sensibles :

i. Généralités :

Rendue plus aisée depuis l'introduction des appareils modernes permettant le moyennage des potentiels évoqués, l'étude de la conduction sensitive est le complément indispensable de l'exploration du système neuromusculaire. Les méthodes utilisées habituellement ne permettent d'étudier que les fibres myélinisées de gros diamètre.

Le potentiel sensitif peut être obtenu par : [1,2]

- ✓ voie orthodromique : le nerf ou le territoire sensitif cutané est stimulé distalement et le potentiel évoqué recueilli en proximal.
- ✓ voie antidromique : nerf stimulé en proximal et potentiel recueilli en distal.

La latence est identique pour les deux techniques, mais l'amplitude du potentiel évoqué est plus grande avec la voie antidromique.

La réponse évoquée nerveuse est généralement obtenue par électrodes de surface. Les électrodes-aiguilles insérées près du nerf ont certes un avantage certain en cas de perturbations d'obtention du potentiel dues à la peau, à l'épaisseur du tissu sous-cutané ou à la faible amplitude pathologique de la réponse, mais leur utilisation reste restreinte dans la majorité des centres de neurophysiologie, y compris dans notre laboratoire.

N.B : la stimulation concomitante de filets moteurs perturbe la réponse nerveuse sensitive.

Potentiel évoqué musculaire : forme triphasique généralement avec notre appareil : positif, négatif puis positif

Latence distale mesurée au début du pic négatif

Amplitude de la réponse sensitive : mesurée de pic à pic

Distance : longueur du nerf mesurée directement sur la peau avec un centimètre de couturière, entre la cathode de stimulation et l'électrode active

Vitesse de conduction nerveuse (m/s): rapport entre la distance et la différence des latences proximales et distales.

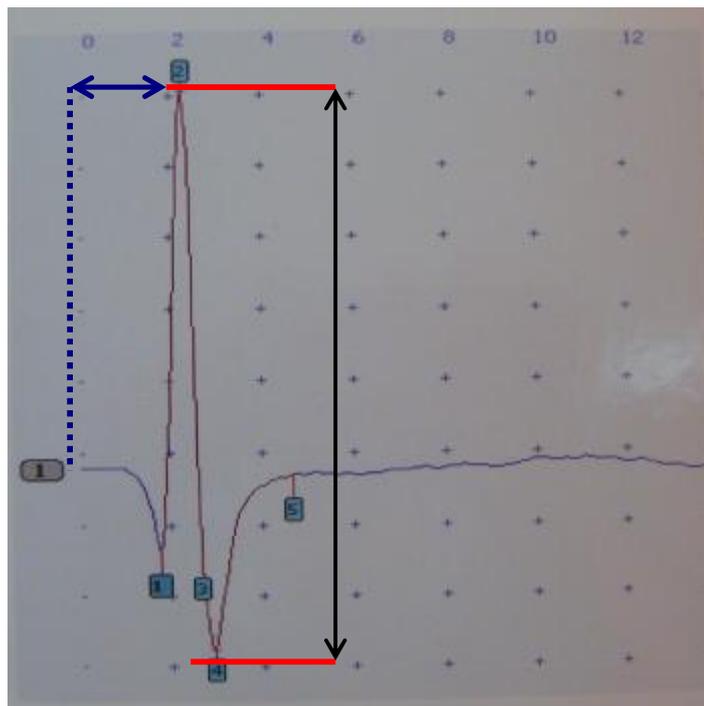


Figure 11 : Potentiel évoqué sensitif enregistré pour un nerf

- ↔** : Latence distale
- ↔** : Amplitude sensitive
- : Pic

ii. Nerf médian:

La conduction sensitive du nerf médian est orthodromique [20]

Enregistrement:

Electrode active (-) : au poignet, à 1 cm au dessus du pli palmaire

Electrode de référence (+) : à 2 cm de l'électrode active

Stimulation:

Cathode : paume de la main, au niveau du 2^{ème} espace inter métacarpien

Anode : distale par rapport à la cathode

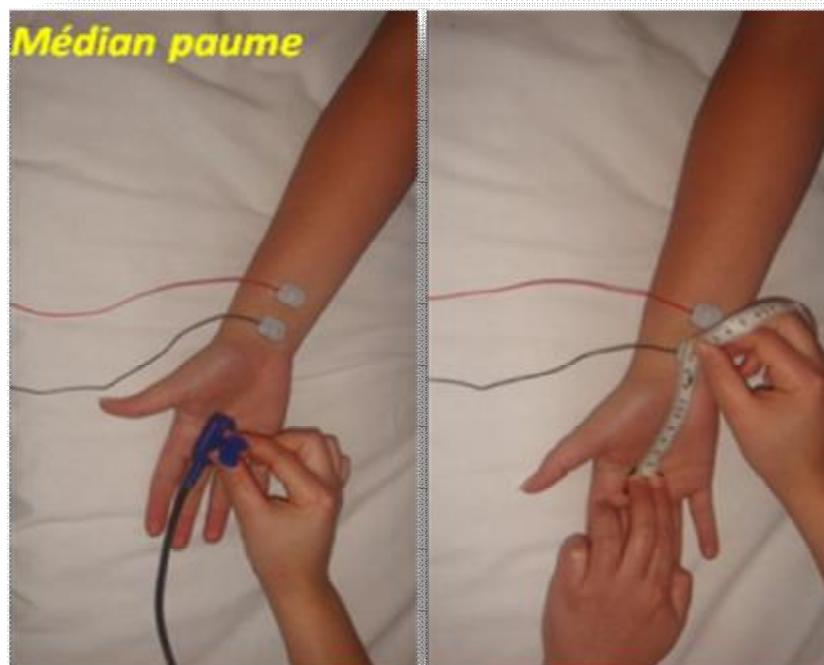


Schéma démonstratif de la technique de mesure de la conduction nerveuse sensitive orthodromique du nerf médian

iii. Nerf cubital :

La conduction sensitive du nerf cubital est orthodromique.

Enregistrement:

*Electrode active (-) : au poignet, au dessus du pli palmaire inférieur sur le trajet théorique du nerf cubital

*Electrode de référence (+) : à 2 cm de l'électrode active (plus proximale)

Stimulation:

*Cathode : au niveau du 5^{ème} doigt (petit auriculaire)

*Anode : distale par rapport à la cathode



Schéma démonstratif de la technique de mesure de la conduction nerveuse sensitive orthodromique du nerf cubital

iv. Nerf radial :

La conduction sensitive du nerf radial est antidromique

Enregistrement:

*Electrode active (-) : dans la tabatière anatomique de la main

*Electrode de référence (+) : à 2 cm de l'électrode active (plus distale)

lationStimu:

*Cathode : au niveau du 1/3 inférieur de l'avant bras

*Anode : proximale par rapport à la cathode

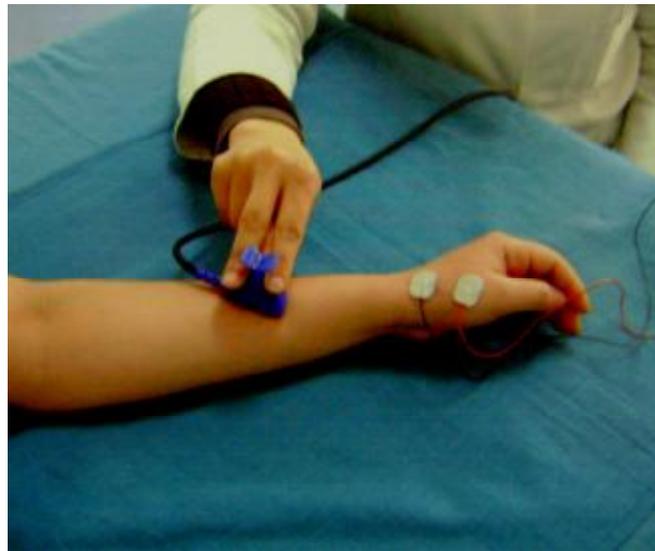


Schéma démonstratif de la technique de mesure de la conduction nerveuse sensitive antidromique du nerf radial

v. Nerf musculo-cutané :

La conduction nerveuse du nerf musculo-cutané est antidromique [21]

Enregistrement:

*Electrode active (-) : 3^{ème} espace intermétatarsien

*Electrode de référence (+) : à 2 cm de l'électrode active (plus distale)

Stimulation:

*Cathode : 10 à 12 cm au dessus de l'électrode de recueil active, sur le trajet du nerf musculo-cutané

*Anode : proximale par rapport à la cathode

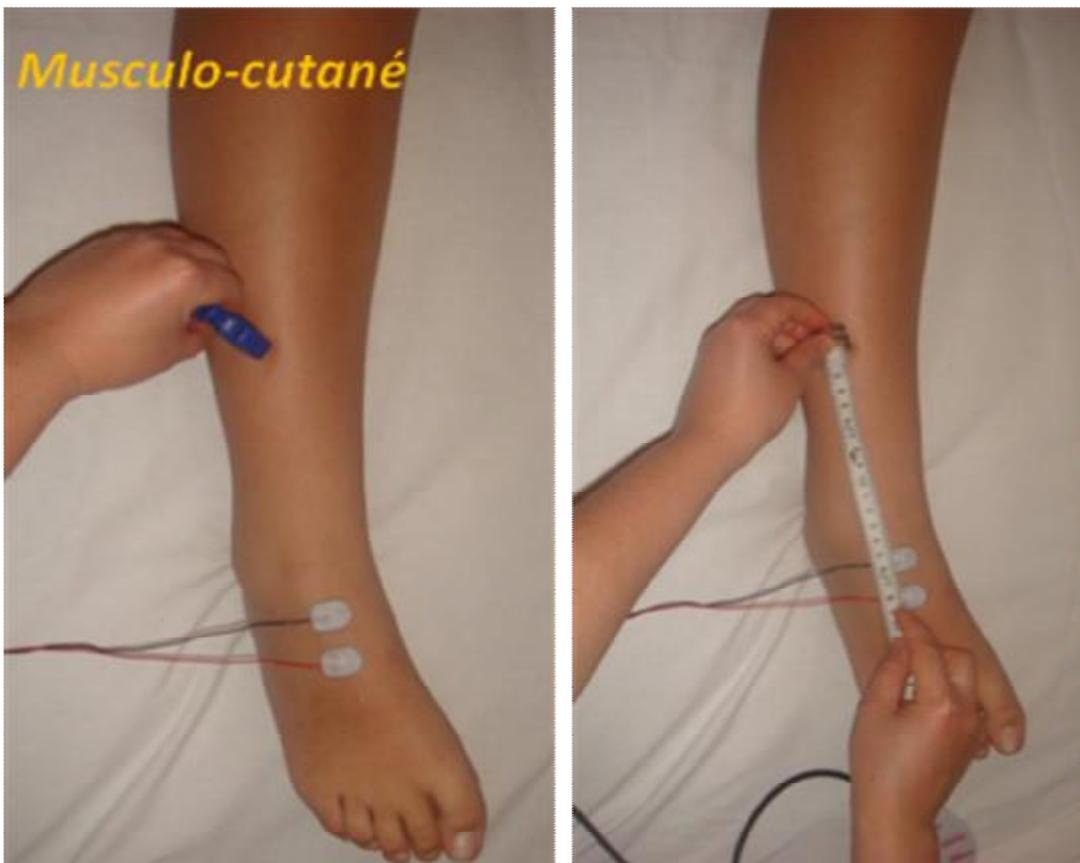


Schéma démonstratif de la technique de mesure de la conduction nerveuse sensitive antidromique du nerf musculo-cutané

vi. Nerf sural :

La conduction sensitive du nerf sural est antidromique [22]

Enregistrement:

*Electrode active (-) : en arriere de la malléole interne

*Electrode de référence (+) : à 2 cm de l'électrode active (plus distale)

Stimulation:

*Cathode : à 12 ou 14 cm de l'électrode active sur le trajet théorique du nerf sural

*Anode : proximale par rapport à la cathode



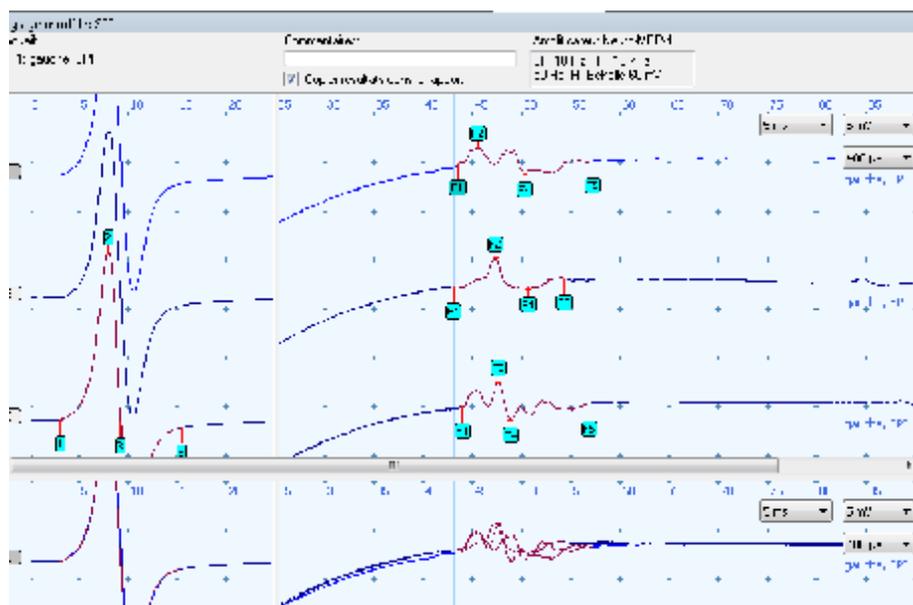
Schéma démonstratif de la technique de mesure de la conduction nerveuse sensitive antidromique du nerf sural

e. Réponse tardive: Onde F

L'onde F est un potentiel d'action dû à la décharge antidromique des neurones moteurs activés par un stimulus supramaximal appliqué à n'importe quel point sur le trajet d'un nerf moteur. [23]

Elle permet l'exploration de l'ensemble du trajet du nerf moteur de son origine à l'extrémité, notamment les parties proximales qui ne sont pas explorées par les méthodes conventionnelles.

L'onde F est facilement obtenue par la stimulation distale des nerfs médian, cubital, sciatique poplité interne et externe. Si elle est difficile à obtenir, une légère contraction musculaire potentialise souvent la réponse.



Onde F enregistrée chez un volontaire suite à la stimulation du nerf SPI gauche

E. Analyse statistique :

L'analyse des données a été réalisée par le logiciel « EPI-INFO » version 3.4. Les variables quantitatives ont été étudiées en moyenne et écart-type. Les variables qualitatives ont été données en termes de pourcentages.

L'analyse uni varié a été faite pour étudier les différents paramètres des conductions nerveuses. Le test de « KHI deux » a été utilisé pour la comparaison de deux pourcentages et le « Student » pour la comparaison de deux moyennes.

En cas de distribution non gaussienne, les données recueillies seront normalisées par une transformation mathématique :

- ✓ « Log » si le « skew est positif : distribution de la courbe vers la droite
- ✓ « élévation au carré » ou « au cube » si le skew est négatif : distribution de la courbe vers la gauche

Le risque d'erreur toléré est habituellement de 1 à 10%

RESULTATS

A. Description des caractéristiques sociodémographiques :

L'étude a porté sur un échantillon de 24 sujets sains:

- Ø Sexe : 9 Hommes et 15 Femmes
- Ø Age : entre 20 et 60 ans
- Ø Taille variable: entre 1,50m et 1,85m
- Ø Poids variable: entre 45Kg et 86Kg
- Ø Profession diverses :
 - ✓ infirmiers (4)
 - ✓ aides-soignants (4)
 - ✓ médecins (6)
 - ✓ commerciaux (2)
 - ✓ enseignants (4)
 - ✓ femmes au foyer (4)

Ont été exclu de l'étude 3 sujets:

- Ø Deux cas présentant un syndrome de canal carpien asymptomatique découvert fortuitement à l'EMG (un sujet jeune de 35 ans et une femme âgée de 50 ans)
- Ø Un cas présentant un allongement important d'une onde F (SPE) non contrôlée et non explorée radiologiquement

Tranche d'âge	Hommes	Femmes	Total
[20-40]	5	8	13
[41-60]	4	7	11

Tableau 1 : Répartition de l'échantillon en fonction de l'âge et du sexe

Tous les nerfs ont été examinés chez 15 volontaires. L'examen a été partiel chez les 9 autres :

- ∅ Refus de continuer l'examen : douleur, disponibilité
- ∅ Difficultés techniques
- ∅ Le nerf radial : le plus difficile à techniquer et le plus douloureux d'après les patients

Nerf	Contingent moteur	Contingent sensitif
N. Médian	48	48
N. Cubital	48	44
N. Radial	10	14
N. Sciatique poplité externe	30	25
N. Sciatique poplité interne	30	32

Tableau 2 : Nombre de nerfs examinés

B. Résultats des conductions nerveuses :

Les valeurs normales des différents paramètres concernant les conductions nerveuses motrices et sensitives des différents nerfs étudiés sont représentées sur les tableaux dessous. Elles sont formulées par une moyenne et 1 déviation standard (écart-type).

a. Nerf médian :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
Moyenne (écart-type)	2,70 (0,31)	13,05 (3,81)	57,8 (3,9)	25,67 (1,79)	2,09 (0,14)	54,51 (17)	46,9 (3,5)
Mini	2,20	8,40	48,7	21,60	1,85	28,00	40,0
Maxi	3,30	25,50	66,7	29,00	2,45	94,20	56,9

b. Nerf cubital :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
Moyenne (écart-type)	2,27 (0,42)	11,95 (1,97)	60,9 (5,9)	25,87 (3,96)	2,50 (3,16)	24,26 (11,65)	46,9 (3,9)
Mini	1,65	7,84	48,6	21,7	1,60	10,20	40,4
Maxi	3,85	15,70	73,1	30,40	2,60	66,60	60,6

c. Nerf radial :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
Moyenne (écart-type)	1.77 (0.53)	8.49 (2.77)	63.6 (6.8)	21.9 (1,26)	2.35 (0,23)	41,71 (10,80)	44,8 (3,76)
Mini	1,33	4,59	52,8	19,6	2,00	26,1	40
Maxi	2,85	13,6	71,7	23,6	2,75	64,5	52,3

d. Nerf sciatique poplité externe :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
Moyenne (écart-type)	3,2 (0,44)	8,25 (2,17)	50,1 (4,0)	44,62 (3,96)	2,87 (0,66)	14,82 (2,90)	41,6 (1,3)
Mini	2,00	5,57	40,6	38,8	2,00	9,90	40
Maxi	3,90	14,5	56,6	52,8	4,55	19,40	45

e. Nerf sciatique poplité interne :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
Moyenne (écart-type)	3,24 (0,40)	13,92 (3,93)	48,3 (5,0)	47,29 (4,59)	3,09 (0,43)	15,06 (2,97)	42,3 (2,0)
Mini	2,65	8,19	40,6	37,5	2,3	10,7	40
Maxi	4,00	24,1	64,3	55,8	4,2	22,7	48

DISCUSSION

Les valeurs des vitesses de conduction obtenues doivent être interprétées en fonction de l'âge du patient, de la température du membre et des valeurs établies dans le laboratoire pour le nerf étudié. La plupart des laboratoires utilisent deux déviations standards (DS) de la moyenne comme valeurs normales ; 97,7 % de la population est ainsi compris entre 2 DS de la moyenne à condition que les valeurs normales aient une distribution gaussienne, ce qui n'est pas le cas pour l'amplitude du potentiel évoqué musculaire : on utilise généralement comme limite inférieure les chiffres les plus bas obtenus chez les sujets normaux. [1]

A. Variabilité des valeurs normatives

Pourquoi la latence distale motrice du nerf médian n'est-elle pas égale à 3,5 ms pour tous les sujets sains ?

La variabilité des valeurs normatives, ou la dispersion des valeurs normales autour de la moyenne, est liée à des facteurs anatomiques, physiologiques et techniques.

a. Facteurs physiologiques :

L'âge :

La vitesse de conduction nerveuse augmente rapidement pendant les premières années de la vie, d'environ la moitié des valeurs obtenues à l'âge adulte chez l'enfant normalement à terme, pour atteindre les chiffres de l'âge adulte entre 3 et 5 ans [24,25]. Chez l'enfant prématuré, la conduction est plus basse : 17 à 25 m/s par exemple pour le nerf cubital. La conduction nerveuse décroît ensuite avec l'âge, surtout à partir de 60 ans. . Dans notre étude, il n'y avait pas de différence entre les vitesses de conceptions nerveuses entre les sujets des 3^{ème}-4^{ème} décades et les sujets des 5^{ème}-6^{ème} décades. La population âgée de plus de 60 ans n'a pas été concernée par cette étude au risque d'inclure des données pathologiques infra-cliniques, ce qui pourrait augmenter le nombre de faux négatifs (bonne spécificité et moins bonne sensibilité)

Le vieillissement est également responsable d'une diminution du nombre d'axones moteurs et sensitifs et donc d'une réduction de la taille des potentiels d'action (amplitudes sensibles plus que motrices).

La température :

La vitesse de conduction nerveuse varie en fonction de la température . Elle diminue d'environ 5 % par degré de moins. L'abaissement de la température accroît l'amplitude des potentiels évoqués musculaires et nerveux. Certains auteurs utilisent des facteurs de conversion pour

ajuster la vitesse de conduction à la température cutanée. Il faut néanmoins être prudent dans l'utilisation de tels facteurs, car la vitesse de conduction ne semble pas varier de façon linéaire avec la température cutanée. [26,27]

Chez nos volontaires, la température variait entre 31 et 34 degrés. Le réchauffement des extrémités a été systématique en raison des conditions climatiques.

La taille :

La taille du sujet semble intervenir de façon déterminante dans les modifications de la conduction nerveuse. Il existe en effet une forte corrélation inverse entre la taille du sujet et la vitesse de conduction nerveuse [28]

Le sexe :

L'effet sexe semble se limiter à l'amplitude des potentiels sensitifs enregistrés aux membres supérieurs de manière antidromique, les amplitudes mesurées chez la femme étant significativement plus grandes que les amplitudes relevées chez l'homme [29]

Dans notre échantillon, cette notion se confirme pour les nerfs aux membres supérieurs que la conduction soit orthodromique (nerf médian et cubital pour lequel l'écart-type est plus important chez les femmes par rapport aux hommes) ou antidromique (nerf radial).

	Total		Hommes		Femmes	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Nerf médian	54.51	17.00	51.48	11.95	56.32	19.38
Nerf cubital	24.26	11.65	24.78	8.99	23.96	13.07
Nerf radial	41.71	10.80	39.28	9.45	44.14	12.23
Nerf musculo-cutané	14.82	2.90	13.71	2.99	15.69	2.61
Nerf sural	15.06	2.97	14.49	2.98	15.47	2.97

Tableau des valeurs normales des amplitudes sensitives
(moyenne et écart-type) en fonction du sexe

Le poids :

L'obésité s'accompagne d'une moindre amplitude des potentiels évoqués. La raison invoquée est, comme pour les œdèmes, l'augmentation de la distance séparant le générateur de l'électrode de détection [30]

L'étude de ce critère dans notre échantillon est limitée car le choix initial s'est fait chez des sujets dont l'index de masse corporelle n'est pas élevé par rapport à la moyenne.

L'ensemble des facteurs physiologiques est à la limite maîtrisable. Le patient constituant sa propre référence (asymétrie droite-gauche) [31].

b. Facteurs anatomiques :

Les facteurs anatomiques sont responsables d'une variabilité intra- et interindividuelle.

En effet, le nombre d'axones et leur diamètre ainsi que le taux d'innervation musculaire et le diamètre des fibres musculaires fluctuent :

- ✓ d'une part chez un même sujet, d'un tronc nerveux ou d'un muscle à l'autre
- ✓ d'autre part, entre les différents sujets appartenant à la population saine de référence.

La variabilité anatomique est inévitable et non réductible. [32]

c. Facteurs techniques :

Elles sont multiples, même innombrables mais maîtrisables : position des électrodes, mesure des distances, préparation de la peau, sites et paramètres de stimulation, mesure des latences, surfaces,..... [33].

La technique adoptée pour ce travail est simple, fiable et reproductible, son application est minutieuse, ce qui permet de minimiser cette source de variabilité.

Il n'existe à ce jour quasiment aucun consensus sur les méthodes à privilégier, les normes à utiliser et les stratégies à mettre en œuvre. Cette absence d'unité conduit chaque laboratoire à proposer ses propres règles et à établir ses propres valeurs.

Notre laboratoire s'est efforcé de suivre les dix commandements de l'examen électroneuromyographique : fruit d'aboutissement des réflexions engagées par le comité d'experts au cours des quizièmes 15^{èmes} journées francophones d'électroneuromyographie (Grenoble, 2006). Elles visent à unifier la pratique pour une meilleure reproductibilité. [34]

Tableau II. Les "10 commandements" de l'électro-neuromyographe.

- De l'âge, du sexe, de la profession, de l'activité et de la latéralité manuelle t'enquerras
- Hauteur et envergure mesureras
- Tous de même pèseras
- Œdème et troubles trophiques relateras
- Membres froids réchaufferas et températures noteras
- Type ou aires d'électrodes au rapport mentionneras
- Tout changement de bande passante signaleras
- Aux distances distales fixes t'efforceras
- Les variantes anatomiques relèveras
- Les ENMG normaux dans Excel® conserveras

Tableau récapitulatif de la marche à suivre, sous forme de décalogue

B. Tableaux comparatifs des résultats avec les données de la littérature :

Nous avons essayé de rassembler les valeurs normatives publiées par différents auteurs dans la littérature. Le choix s'est fait selon les techniques utilisées (point de stimulation, de recueil, conduction sensitive orthodromique ou antidromique).

Les résultats de ces comparaisons sont résumés par nerf sur ces tableaux

Nerf médian :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
<u>Belahsen</u> <u>2011</u>	2,70 (0,31)	13,05 (3,81)	57,8 (3,9)	25,67 (1,79)	2,09 (0,14)	54,51 (17)	46,9 (3,5)
Kimura 1979	3,5 (0,34)	7 (3)	58 (4,9)	26,6 (2,2)	2,84 (0,34)	-	59 (6)
Jackson 1989	3,18 (0,27)	12 (3,2)	-	-	2,47 (0,12)	-	-
Seror 2004	3,2 (0,34)	12,5 (2,3)	58 (4)	25,3 (2,2)	-	36 (13)	56 (3,8)

Nerf cubital :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
<u>Belahsen</u> 2011	2,27 (0,42)	11,95 (1,97)	60.9 (5.9)	25,87 (3,96)	2,50 (3,16)	24,26 (11,65)	46.9 (3,9)
kimura 1979	2,6 (0,39)	5,7 (2,0)	59 (5,1)	27,6 (2,2)	2,45 (0,29)	35 (14)	55 (5,3)
Oh 1993	2,0 (0,24)	11,5 (2,5)	61 (5,2)	25,7 (2,3)	-	22 (14)	61 (5)
Seror 2004	2,5 (0,34)	11,2	60 (3,8)	-	-	17 (5)	58 (4)

Nerf radial :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
<u>Belahsen</u> 2011	1.77 (0.53)	8.49 (2.77)	63.6 (6.8)	21.9 (1,26)	2.35 (0,23)	41,71 (10,80)	44,8 (3,76)
Trojaborg 1969	2,6 (0,3)	15 (4)	72 (6,3)	-	-	-	-
Shirali 1972	-	-	-	-	-	54 (25)	62 (4,2)
Seror 2005	-	-	-	-	-	30 (11,6)	58 (5)

Nerf sciatique poplité externe :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
<u>Belahsen</u> <u>2011</u>	3,2 (0,44)	8,25 (2,17)	50,1 (4,0)	44,62 (3,96)	2,87 (0,66)	14,82 (2,90)	41,6 (1,3)
uraKim 1979	3,8 (0,9)	5,1 (2,3)	48,3 (3,9)	-	-	-	-
Oh 1993	3,7 (0,5)	10	49,5 (3,9)	-	-	-	-
Seror 2004	3,8 (0,6)	7 (2,5)	48,3 (3,9)	-	-	-	-
Jabre 1981	-	-	-	-	-	20 (6)	64 (3,7)
Izzo 1981	-	-	-	-	-	18 (8)	51 (5,4)

Nerfs sciatique poplité interne :

	LDM (ms)	AM (mv)	VCM (m/s)	OF (ms)	LDS (ms)	AS (μ v)	VCS (m/s)
<u>Belahsen</u> <u>2011</u>	3,24 (0,40)	13,92 (3,93)	48,3 (5,0)	47,29 (4,59)	3,09 (0,43)	15,06 (2,97)	42,3 (2,0)
Kimura 1979	4,1 (1,1)	5,8 (1,9)	48,5 (3,6)	-	-	-	-
Oh 1993	3,9 (0,6)	16 (4)	50 (4,6)	-	-	-	-
Chu Andrew 1980	5,1 (0,6)	11,2 (4,2)	48 (3,6)	-	-	20 (8)	49 (4)
Seror 2004	4,4 (0,64)	13,9 (3,6)	49 (4,2)	-	-	24 (7)	49 (4,5)

C. Interprétation des résultats d'un EMG :

Les valeurs normales ne sont pas parfaitement distinctes. Dans la zone de chevauchement, il y a de faux positifs. Plus la limite de normalité est peu sévère, plus il y a de faux positifs (bonne sensibilité, et mauvaise spécificité). Pour chaque paramètre mesuré, il y a environ 2,5 à 5% de chance d'avoir un faux positif.

Rappelons enfin que l'interprétation des résultats de l'EMG se fait en corrélation avec l'ensemble de l'examen neurologique. Elle se doit d'être précautionneuse. Les normes ne sont pas intangibles comme le considère la majorité des références anglo-saxonnes. E. Fournier insiste sur le fait que tout écart de normes n'est pas forcément pathologique en soi. L'expérience montre que cela peut se voir dans une population normale; une probabilité qui augmente avec le nombre de patients examinés. Ainsi, toute valeur sortant des valeurs habituelles doit rester singulière et ne représenter qu'un "signe" qui demande à être interprété et surveillé. Les normes aident donc à "prendre le risque" d'affirmer l'existence d'une anomalie, les statistiques pouvant aider à choisir un seuil de la normale pour certains paramètres. Il faut faire preuve de bon sens clinique qui ne s'acquiert que par une bonne pratique et une confrontation médicale interdisciplinaire continue. [35]

CONCLUSION

A l'état actuel des connaissances concernant les valeurs normatives, il n'existe pas de référence bibliographique qui propose une approche raisonnée des normes, les établit sur la base d'études et de résultats validés, compare ces normes à celles de différents laboratoires et justifie les différences observées, définit les valeurs normatives et précise comment les collecter, les analyser et les utiliser.

Le laboratoire de neurophysiologie clinique du CHU Hassan II de Fès dispose désormais de ses propres valeurs normatives en matière de conceptions nerveuses motrices et sensibles des nerfs communément étudiés en pratique clinique.

La méthodologie a été certes respectée, mais ce travail ne représente qu'une initiation à d'autres études complémentaires plus larges portant sur des échantillons plus importants (60 à 100 personnes), précisément pour les paramètres dépendant de la taille, de l'âge. L'examen doit également être conduit chez la population saine âgée de plus de 60 ans, encore faut-il discuter la méthodologie dans cette catégorie précise. Quant aux sujets asymptomatiques, leur inclusion doit être réfléchie.

L'analyse statistique doit s'enrichir d'avantage pour obtenir le maximum d'information scientifique à partir du registre de données

recueillies. Nous devons encourager la mise au point d'index associant différents paramètres ainsi que l'utilisation d'outils statistiques permettant l'analyse simultanée de plusieurs variables.

Et pour la question :

« Une valeur " n " proche de la normale, est-elle pathologique ? »

Ce travail ne pourra répondre qu'après une analyse statistique précise d'un échantillon de population important, en l'occurrence le Z-score.

Ce calcul offre l'avantage d'être un langage unique facilement compréhensible par tous. Il mesure l'écart (en nombre de DS) entre la valeur mesurée chez un patient et la valeur moyenne normale attendue. Il permet donc de normaliser les données et de les affranchir de leurs unités propres. Il permettra ainsi d'obtenir les « valeurs normales standardisées ».

BIBLIOGRAPHIE

- 1- P. Bouche. Électromyographie clinique. EMC (Elsevier Masson), Neurologie, 17-030-A-10, 2008
- 2- E. Fournier. Exploration simplifiée des atteintes plexiques par réduction aux atteintes nerveuses et radiculaires connues. Revue Neurologique 2009 ; 165 (12) :1127-1133
- 3- Fisher M.A. Electrophysiology of radiculopathies: Clinical Neurophysiology 2002;113:317-335
- 4- A. Labarre-Vila. Electromyographie de surface et fonction musculaire. Revue Neurologique 2006;162(4): 459-465
- 5- J.R. Daube. Electrodiagnostic studies in amyotrophic lateral sclerosis and other motor neuron disorders. Muscle Nerve 2000,23:1488-502
- 6- C. Vial. Intérêt de l'électroneuromyographie dans le diagnostic et le suivi des myasthénies. Revue Neurologique 2009; 165 (2):144-148
- 7- L.H Weimer. Medication-induced peripheral neuropathy. Current Neurology and Neuroscience Reports 2003;3:86-92
- 8- H.L Lew, E.S Date, S.S Pan, P. Wu, P.F Ware, W.S Kingery. Sensitivity, specificity, and variability of nerve conduction velocity measurements in carpal tunnel syndrome. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2005; 86:12-16
- 9- C. Dornonville de la Cour, H. Andersen, E. Stalberg, A. Fuglsang-Frederiksen, J. Jakobsen. Electrophysiological signs of permanent axonal loss in a follow-up study of patients with Guillain-Barré syndrome Muscle Nerve 2005;31:70-77

- 10- K. Viala, L. Renié, T. Maisonobe, A. Béhin, J. Neil, J.M Léger. Follow-up study and response to treatment in 23 patients with Lewis-Sumner syndrome. Brain 2004;127:2010-2017
- 11- Paul Seror : Conductions nerveuses : techniques, pièges et solutions. Edition Elsevier 2005, 213 pages
- 12- E. Fournier: Examen électromyographique et étude de la conduction nerveuse- sémiologie électrophysiologique. Editions techniques et documentation Lavoisier 1998, 587 pages
- 13- P. Seror. L'examen électromyographique du membre supérieur : sa technique, son intérêt et ses limites. Traité de chirurgie de la main (Masson) 1991 :19-47
- 14- A.J Mc Comas. Motor unit estimation: methods, results, and present status Muscle Nerve 1991 ; 14 : 585-597
- 15- Sj. Oh Clinical electromyography. Nerve conduction studies. Deuxième édition: Williams & Wilkins 1993
- 16- Site du club Francophone d'Electroneuromyographie: illustrations, mises au point et cas cliniques didactiques
- 17- AAEM, AAPMR, AAN. Practice parameter for electrodiagnostic studies in ulnar neuropathy at the elbow: summary statement. Archives of Physical Medicine and rehabilitation 1999;80:357-359
- 18- M. Gassel, E. Diamentopoulos. Patter of conduction times in the radial nerve: a clinical and electrophysiologic study. Neurology 1996 ; 14 :222-231
- 19- P. Seror. Électroneuromyographie clinique des membres inférieurs : exploration en podologie. EMC (Elsevier Masson SAS), Podologie, 27-040-A-30, 2008

- 20- Lauritzen M., Liguori R., Trojaborg W. Orthodromic sensory conduction along the ring finger in normal subjects and in patients with a carpal tunnel syndrome *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1991; 81:18-23
- 21- J. Kimura. *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice*. Philadelphia 1989
- 22- Sensory nerve conduction in lower extremities. *Archives of physical Medicine and Rehabilitation* 1970;51:253-258
- 23- M.A Fisher. H reflexes and F waves. Fundamentals, normal and abnormal patterns. *Neurologic Clinics of North America* 2002;20 : 339-360
- 24- A.M. Brunon, G. Chauplannaz, C. Berard, B. Bady. Vitesses de conduction sensitive normales des nerfs median et cubital chez l'enfant de la naissance a quinze ans. *Electroencéphalographie et Neurophysiologie Clinique* 1984 ;14 (1) :69-73
- 25- J. Khater-Boidin, D. Marlot, B. Duron. Vitesses de conduction des fibres motrices, sensibles cutanées et proprioceptives IA chez le nouveau-né normal a terme. *Neurophysiologie Clinique* 1988 ; 18 (1) : 59-72
- 26- Denys E.H. The influence of temperature in clinical neurophysiology *Muscle Nerve* 1991 ; 14 (9): 795-811
- 27- M. Leandri, S. Leandri, G. Lunardi. Effect of temperature on sensory and motor conduction of the rat tail nerves. *Neurophysiologie Clinique* 2008; 38(5): 297-304
- 28- Rivner M.H., Swift T.R., Crout B.O., Rhodes K.P. Toward more rational nerve conduction interpretations: the effect of height *Muscle Nerve* 1990 ; 13 : 232-239

- 29- Bolton CF, Carter KM. Human sensory nerve compound action potential amplitude: variation with sex and finger circumference. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 1980; 43: 925-8.
- 30- R. Buschbacher. Body mass index effect on common nerve conduction study measurement. *Muscle Nerve* 1998;21:1398-404
- 31- Waxman S.G. Determinants of conduction velocity in myelinated nerve fibers *Muscle Nerve* 1980 ; 3 : 141-150
- 32- Dorfman LJ, Robinson LR. Normative data in electrodiagnostic medicine. *Muscle Nerve* 1997; 20:4-14.
- 33- 1. Canguilhem. *Le normal et le pathologique*, Paris : Presses Universitaires de France, 1966.
- 34- A. Labarre-Vila, E. Fournier, J.F. Jabre, P. Soichot, M.R. Magistris, F.C. Wang. *Le normal et le pathologique: mise au point. Compte-rendu de la table ronde des XV es Journées francophones d'électro-neuromyographie: 15-17 mars 2006, Grenoble*
- 35- WW Campbell, LR Robinson. Deriving reference values in electrodiagnostic medicine. *Muscle Nerve* 1993;16: 424-8