



HAL
open science

Proposition de suivi clinique, fonctionnel et électrophysiologique après réparation des nerfs médian et ou ulnaire à l'avant-bras ou au poignet

Manon Delaunay

► To cite this version:

Manon Delaunay. Proposition de suivi clinique, fonctionnel et électrophysiologique après réparation des nerfs médian et ou ulnaire à l'avant-bras ou au poignet. Médecine humaine et pathologie. 2020. hal-03806013

HAL Id: hal-03806013

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03806013v1>

Submitted on 7 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE
2020

FACULTE DE MÉDECINE DE NANCY

THÈSE

pour obtenir le grade de
DOCTEUR EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée
par

Manon DELAUNAY

le 23 octobre 2020

**PROPOSITION DE SUIVI CLINIQUE, FONCTIONNEL ET
ELECTROPHYSIOLOGIQUE APRES REPARATION
DES NERFS MEDIAN ET OU ULNAIRE
A L'AVANT-BRAS OU AU POIGNET**

Membres du Jury :

M. le Professeur PAYSANT Jean	Président du Jury
M. le Professeur DAP François	Juge
Mme la Professeure TYVAERT Louise	Juge
Mme la Docteure TOUILLET Amélie	Directrice de Thèse



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**



FACULTÉ de MÉDECINE
NANCY

**Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT**

**Doyen de la Faculté de Médecine :
Professeur Marc BRAUN**

**Vice-doyenne
Pr Laure JOLY**

Assesseurs :

Premier cycle : Dr Nicolas GAMBIER
Deuxième cycle : Pr Antoine KIMMOUN
Troisième cycle : Pr Laure JOLY
Formation à la recherche : Pr Nelly AGRINIER
Relations Grande Région : Pr Thomas FUCHS-BUDER
CUESim : Pr Stéphane ZUILY
SIDES : Dr Julien BROSEUS
Vie Facultaire : Dr Philippe GUERCI
Etudiant : Mme Audrey MOUGEL

Chargés de mission

Docimologie : Dr Jacques JONAS
Orthophonie : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER
PACES : Pr Mathias POUSSEL
Relations internationales : Pr Jacques HUBERT

Présidente du Conseil de la Pédagogie : Pr Louise TYVAERT
Président du Conseil Scientifique : Pr Jean-Michel HASCOET

=====

DOYENS HONORAIRES

Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY - Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL - Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Louis BOUTROY - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - Claude CHARDOT - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE - Bernard FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Jean-Luc GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - François GUILLEMIN - Philippe HARTEMANN - Gérard HUBERT - Claude HURIET - Jean-Pierre KAHN - Gilles KARCHER - Michèle KESSLER - François KOHLER - Pierre LANDES - Pierre LASCOMBES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - François MARCHAL - Jean-Claude MARCHAL - Yves MARTINET - Pierre MATHIEU - Thierry MAY - Michel MERLE - Daniel MOLÉ - Pierre MONIN - Pierre NABET - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Francis PENIN - Claude PERRIN - Luc PICARD - François PLENAT - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Jean-Luc SCHMUTZ - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Paul VERT - Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER - Denis ZMIROU - Faiez ZANNAD

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Etienne ALIOT - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Henry COUDANE - Gilbert FAURE - Alain LE FAOU - Thierry MAY Patrick NETTER - Luc PICARD - François PLENAT - Paul VERT - Jean-Pierre VILLEMOT - Faiez ZANNAD

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^e Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

2^e sous-section : (*Histologie, embryologie et cytogénétique*)

Professeur Christo CHRISTOV

3^e sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur Guillaume GAUCHOTTE

43^e Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{re} sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER – Professeur Antoine VERGER

2^e sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD –

Professeure Valérie CROISÉ - Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Benjamin GORY –

Professeur Damien MANDRY - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

44^e Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur David MEYRE - Professeur Bernard NAMOUR –

Professeur Jean-Luc OLIVIER - Professeur Abderrahim OUSSALAH

2^e sous-section : (*Physiologie*)

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur Mathias POUSSEL

3^e sous-section (*Biologie cellulaire*)

Professeure Véronique DECOT-MAILLERET

4^e sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

45^e Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)

Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^e sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)

Professeure Marie MACHOUART

3^e sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

46^e Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{re} sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Professeure Nelly AGRINIER - Professeur Francis GUILLEMIN

4^e sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

47^e Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Professeur Pierre FEUGIER

2^e sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT –

Professeur Guillaume VOGIN

3^e sous-section : (*Immunologie*)

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT - Professeure Marie-Thérèse RUBIO

4^e sous-section : (*Génétique*)

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

48^e Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{re} sous-section : (*Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire*)

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

2^e sous-section : (*Médecine intensive-réanimation*)

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY –
Professeur Antoine KIMMOUN

3^e sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*)

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

4^e sous-section : (*Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie*)

Professeur Nicolas GIRERD - Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL

5^e sous-section : (*Médecine d'urgence*)

Professeur Tahar CHOUIHED

49^e Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{re} sous-section : (*Neurologie*)

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Sébastien RICHARD –
Professeur Luc TAILLANDIER Professeure Louise TYVAERT

2^e sous-section : (*Neurochirurgie*)

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

3^e sous-section : (*Psychiatrie d'adultes ; addictologie*)

Professeur Vincent LAPREVOTE - Professeur Raymund SCHWAN

4^e sous-section : (*Pédopsychiatrie ; addictologie*)

Professeur Bernard KABUTH

5^e sous-section : (*Médecine physique et de réadaptation*)

Professeur Jean PAYSANT

50^e Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{re} sous-section : (*Rhumatologie*)

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

2^e sous-section : (*Chirurgie orthopédique et traumatologique*)

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

3^e sous-section : (*Dermato-vénéréologie*)

Professeure Anne-Claire BURSZTEJN

4^e sous-section : (*Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*)

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51^e Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{re} sous-section : (*Pneumologie ; addictologie*)

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

2^e sous-section : (*Cardiologie*)

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET –
Professeur Yves JUILLIERE -

Professeur Batric POPOVIC - Professeur Nicolas SADOUL

3^e sous-section : (*Chirurgie thoracique et cardiovasculaire*)

Professeur Juan-Pablo MAUREIRA - Professeur Stéphane RENAUD

4^e sous-section : (*Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire*)

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

52^e Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{re} sous-section : (*Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie*)

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

2^e sous-section : (*Chirurgie viscérale et digestive*)

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeure Adeline GERMAIN

3^e sous-section : (*Néphrologie*)

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

4^e sous-section : (*Urologie*)

Professeur Pascal ESCHWÈGE - Professeur Jacques HUBERT

53° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE

1^{re} sous-section : (*Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie*)

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY
Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

3° sous-section : (*Médecine générale*)

Professeur Jean-Marc BOIVIN - Professeur Paolo DI PATRIZIO

54° Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{re} sous-section : (*Pédiatrie*)

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET -
Professeur Cyril SCHWEITZER

2° sous-section : (*Chirurgie infantile*)

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

3° sous-section : (*Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale*)

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

4° sous-section : (*Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale*)

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{re} sous-section : (*Oto-rhino-laryngologie*)

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER - Professeure Cécile RUMEAU

2° sous-section : (*Ophthalmologie*)

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD

3° sous-section : (*Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie*)

Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61° Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeure Céline HUSELSTEIN

66° Section : PHYSIOLOGIE

Professeur Nguyen TRAN

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53° Section, 3° sous-section : (*Médecine générale*)

Professeure associée Sophie SIEGRIST

Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42° Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : (*Anatomie*)

Docteur Bruno GRIGNON

2° sous-section : (*Histologie, embryologie, et cytogénétique*)

Docteure Isabelle KOSCINSKI

44° Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN –

Docteure Catherine MALAPLATE - Docteur Marc MERTEN

2° sous-section : (*Physiologie*)

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Jacques JONAS

45° Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : (*Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière*)

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2° sous-section : (*Parasitologie et mycologie*)

Docteure Anne DEBOURGOGNE

46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{re} sous-section : (*Epidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

Docteur Arnaud FLORENTIN - Docteur Jonathan EPSTEIN (stagiaire)

2° sous-section (*Médecine et Santé au Travail*)

Docteure Isabelle THAON

47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Docteur Julien BROSEUS – Docteure Maud D’AVENI

2° sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Docteure Lina BOLOTINE

3° sous-section : (*Immunologie*)

Docteure Alice AARNINK

4° sous-section : (*Génétique*)

Docteure Céline BONNET - Docteure Mathilde RENAUD (stagiaire)

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D’URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1° sous-section : (*Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire*)

Docteur Philippe GUERCI

3° sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*)

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteure Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

2° sous-section : (*Neurochirurgie*)

Docteur Fabien RECH

3° sous-section : (*Psychiatrie d’adultes ; addictologie*)

Docteur Thomas SCHWITZER

4° sous-section : (*Pédopsychiatrie ; addictologie*)

Docteur Fabienne ROUYER-LIGIER (stagiaire)

50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

4° sous-section : (*Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*)

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3° sous-section : (*Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire*)

Docteur Fabrice VANHUYSE

4° sous-section : (*Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire*)

Docteure Nicla SETTEMBRE

52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{re} sous-section : (*Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie*)

Docteur Anthony LOPEZ

54° Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L’ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1° sous-section : (*Pédiatrie*)

Docteure Cécile POCHON (stagiaire)

4° sous-section : (*Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; Gynécologie médicale*)

Docteure Éva FEIGERLOVA

5° sous-section : (*Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale*)

Docteur Mikaël AGOPIANTZ

55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{re} sous-section : (*Oto-Rhino-Laryngologie*)

Docteur Patrice GALLET

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^e Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

7^e Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

19^e Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

63^e Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE, ÉLECTRONIQUE, PHOTONIQUE ET SYSTÈMES

Madame Pauline SOULET LEFEBVRE (stagiaire)

64^e Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

65^e Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Christophe NEMOS

69^e Section : NEUROSCIENCES

Madame Sylvie MULTON

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53^e Section, 3^e sous-section : (*Médecine générale*)

Docteur Cédric BERBE

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)

Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)

Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)

Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)

Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)

Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)

Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume-Uni)

Professeur Yunfeng ZHOU (2009)
Université de Wuhan (CHINE)

Professeur David ALPERS (2011)
Université de Washington (U.S.A)

Professeur Martin EXNER (2012)
Université de Bonn (ALLEMAGNE)

À MON MAITRE ET PRESIDENT DU JURY

Monsieur le Professeur Jean PAYSANT

Professeur des universités, Praticien Hospitalier de Médecine Physique et de Réadaptation.

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse. Vous m'avez accompagnée pendant mon internat et avez su me conseiller. Vos remarques ont été pertinentes et m'ont permis d'avancer de manière solide et pérenne. Vous trouverez ici le témoignage de mon respect et l'expression de mes sincères remerciements.

À MON MAITRE ET JUGE

Monsieur le Professeur DAP François

Professeur des universités, Praticien Hospitalier de chirurgie plastique, reconstructrice et
esthétique.

Je suis honorée de vous compter parmi les membres de mon jury. Je vous remercie pour votre
disponibilité et votre écoute. Je vous adresse mes sincères remerciements pour l'intérêt que
vous avez porté à ce travail de thèse, soyez assuré de ma gratitude et de mon profond respect à
votre égard.

À MON MAITRE ET JUGE

Madame la Professeure TYVAERT Louise

Professeure des universités, Praticienne Hospitalière de Neurologie

Vous me faites l'honneur de juger ce travail, veuillez trouver ici mes sincères remerciements
et l'assurance de ma profonde estime à votre égard.

À MON MAITRE ET DIRECTRICE DE THESE

Madame la Docteure TOUILLET Amélie

Docteure en Médecine Physique et de Réadaptation

Tu m'as fait l'honneur de diriger ma thèse. Je te suis reconnaissante pour ton investissement et ton implication. J'espère avoir été à la hauteur de tes attentes. Puisses-tu trouver ici l'expression de ma gratitude et du respect que j'ai envers toi.

SERMENT

« Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences.

Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque »

LISTE DES ABRÉVIATIONS

2PD : Discrimination de 2 Points
NIA : Nerf Interosseux Antérieur
BMRC : British Medical Research Council
CCEG : Centre chirurgical Emile Galé
CISS : Cold Intolerance Symptom Severity
CSS : Cold Sensitivity Severity
DASH : Disabilities of the Arm Shoulder and Hand
EBM : Evidence Based Medicine
EBP : Evidence Based Practice
ECRB : Court Extenseur Radial du Carpe
EMG : Électromyogramme
ENMG : Électroneuromyogramme
ENUM : Estimation du Nombre d'Unités Motrices
EPAC : Enquête Permanente sur les Accidents de la Vie Courante
ES : Taille d'Effet
FCR : Fléchisseur Radial du Carpe
FDS : Fléchisseur Superficiel des Doigts,
IRR : Institut Régional de Réadaptation
JTHFT : Jebsen-Taylor Hand Function Test
LD : Latence Distale
M2PD : Discrimination Mobile de 2 Points
MCP : Métacarpo-phalangienne
MHQ : Michigan Hand outcome Questionnaire
MPR : Médecin Physique et de Réadaptation
MRC : Medical Research Council
MRS : Moyenne de Réponse Standard
MTT : Manual Tactile Test
MVC : Contraction Volontaire Maximale
PAMC : Potentiel d'Action Musculaire Composé
PFM : Potentiel de Fibre Musculaire
PGA : Acide Polyglycolique

PHB : Poly-3-hydroxybutyrate
PIN : Nerf interosseux postérieur
PL : Long palmaire
PLA : Polylactique Acide
PLGA : Acide Polylactide co-glycolide
PROM : Patient Reported Outcome Measures
PRWHE : Patient Rate Wrist/Hand Evaluation
PUM : Potentiel d'Unité Motrice
PUMC : Potentiel d'Unité Motrice Composé
PWES : Potential Work Exposure Scale
RIHM : Dynamomètre de Rotterdam Intrinsic Hand Myometer
S2PD : Discrimination Statique de 2 Points
SF-36 : Short Form-36
SNAP : Potentiel d'Action Nerveux Sensitif
STF : Score Total Final
STI test : Shape/Texture Identification Test
STI : Score Total Initial
SWM : Test aux Monofilaments de Semmes-Weinstein
UM : Unité Motrice
VCM : Vitesse de Conduction Motrice
VCS : Vitesse de Conduction Sensitive

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABRÉVIATIONS	19
TABLE DES MATIÈRES	21
INTRODUCTION	25
1 HISTOIRE CLINIQUE ET CHIRURGICALE	27
1.1 Epidémiologie des sections des nerfs médians et/ou ulnaires à l'avant-bras ou au poignet.....	27
1.2 Techniques de réparation primaire/neurotisation motrice	28
1.2.1 Suture microchirurgicale.....	29
1.2.2 Techniques par greffe	30
1.2.3 Conduits de repousses nerveuses	30
1.2.4 Neurotisation motrice.....	31
1.3 Processus de dénervation/réinnervation	31
1.3.1 Dégénérescence wallérienne et dégénérescence musculaire	31
1.3.2 Régénération nerveuse post réparation nerveuse.....	32
1.3.3 De la régénération à la récupération	33
1.4 Indication de chirurgies secondaires/palliatives	34
1.4.1 Transferts tendineux.....	34
1.4.1.1 Indication.....	34
1.4.1.2 Calendrier	35
1.4.2 Transfert nerveux sensitif	36
1.4.3 Neurolyse	36
1.4.4 Capsulodèse	36
2 DONNÉES DE LA LITTÉRATURE SUR LE SUIVI CLINIQUE, FONCTIONNEL ET ÉLECTROPHYSIOLOGIQUE APRÈS RÉPARATION NERVEUSE	37
2.1 Moyens d'évaluation utilisables après réparation nerveuse	37
2.1.1 Tests cliniques	37
2.1.1.1 Tests sensitifs	37
2.1.1.2 Tests moteurs	55

2.1.1.3 Tests fonctionnels.....	59
2.1.2 Test paraclinique : l'électroneuromyogramme (ENMG).....	69
2.1.2.1 Rappel sur les paramètres électrophysiologiques	69
2.1.2.2 Évolution des paramètres à l'ENMG	69
2.2 Résultats spontanés après réparation du nerf médian et/ou ulnaire au poignet ou à l'avant-bras.....	77
2.2.1 Résultats en termes de récupération sensitive après réparation primaire	78
2.2.1.1 Cinétique de la récupération.....	78
2.2.1.2 Résultats finaux	78
2.2.2 Résultats en termes de récupération motrice après réparation primaire	79
2.2.2.1 Cinétique de la récupération.....	79
2.2.2.2 Résultats finaux	79
2.2.3 Résultats en termes de récupération analytique globale après réparation primaire	80
2.2.3.1 Résultats finaux	80
2.2.4 Résultats en termes de récupération fonctionnelle après réparation primaire .	80
2.2.4.1 Résultats finaux	80
2.3 Facteurs identifiés comme influençant le résultat après réparation des nerfs médians et/ou ulnaires	81
2.3.1 Facteurs pronostics de récupération.....	81
2.3.2 Facteurs prédictifs de reprise du travail	82

3 EXPERIENCE NANCEENNE SUR LE SUIVI CLINIQUE, FONCTIONNEL ET ELECTROPHYSIOLOGIQUE APRES REPARATION NERVEUSE.....

3.1 Construction du questionnaire	84
3.2 Synthèse des résultats du questionnaire.....	85
3.2.1 Selon les chirurgiens de la main	85
3.2.1.1 Ancienneté de pratique.....	85
3.2.1.2 Suivi	85
3.2.1.3 Chirurgie palliative.....	86
3.2.1.4 Critères de consolidation.....	88
3.2.2 Selon les médecins de MPR.....	88
3.2.2.1 Ancienneté de pratique.....	88

3.2.2.2 Suivi	88
3.2.2.3 Chirurgie palliative.....	90
3.2.2.4 Critères de consolidation.....	91
3.2.3 Selon les ergothérapeutes.....	91
3.2.3.1 Ancienneté de pratique.....	91
3.2.3.2 Suivi	91
3.2.3.3 Chirurgie palliative.....	92
4 DISCUSSION ET PERSPECTIVES D’EVALUATION : PROPOSITION D’UN PROTOCOLE DE SUIVI BASEE SUR UNE ANALYSE CRITIQUE DE LA LITTERATURE ET DE L’EXPERIENCE NANCEENNE	93
4.1 Quels objectifs et quelles échéances de bilans ?.....	93
4.1.1 Le bilan initial	93
4.1.2 Le ou les bilans intermédiaires	95
4.1.3 Le bilan final	97
4.2 Quels outils ?	99
4.2.1 Tests cliniques.....	100
4.2.1.1 Tests sensitifs	100
4.2.1.2 Tests moteurs	102
4.2.1.3 Tests fonctionnels.....	103
4.2.1.4 Test global	105
4.2.2 Test paraclinique : l’électroneuromyogramme (ENMG).....	106
4.2.2.1 Lors du bilan initial	107
4.2.2.2 Lors du bilan intermédiaire	107
4.2.2.3 Lors du bilan final	108
BIBLIOGRAPHIE	111
ANNEXES.....	129

INTRODUCTION

Les sections nerveuses du nerf médian et/ou ulnaire au niveau de la face antérieure du poignet ou de l'avant-bras peuvent entraîner des séquelles motrices et sensitives graves, des douleurs et une intolérance au froid pouvant compromettre la fonctionnalité de la main. Elles peuvent également nécessiter un reclassement professionnel.(1) L'ensemble étant à l'origine d'un coût social et financier important.

Au cours des dernières décennies, les progrès des techniques microchirurgicales ont amélioré les résultats des réparations après lésions nerveuses. Cependant, il arrive que les résultats restent insatisfaisants. L'un des principaux problèmes cliniques après une lésion nerveuse est l'incertitude concernant la récupération fonctionnelle. Après réparation chirurgicale, différents outils d'évaluation sont utilisés afin de suivre la réinnervation et d'évaluer le retentissement fonctionnel. Il arrive que ce suivi se poursuive jusqu'à 3 ans post-opératoire.(2)

Un des buts de ce suivi est de pouvoir proposer le plus précocement possible une chirurgie palliative aux patients dont la réinnervation nerveuse est absente ou incomplète et pour lesquels il persiste un retentissement fonctionnel important malgré les suppléances et compensations existantes.

Il existe une multitude de tests cliniques disponibles et proposés pour assurer ce suivi. L'examen neurophysiologique peut également être utilisé comme complément de l'évaluation clinique lors de ce suivi, notamment lorsqu'une chirurgie secondaire est envisagée.(3) Néanmoins, les rôles respectifs des examens neurophysiologiques et cliniques pour évaluer les résultats après une réparation nerveuse demeurent encore aujourd'hui une problématique importante.

Il n'existe pas de consensus pour recommander une stratégie particulière. De surcroît, les délais de récupération après une réparation nerveuse ne seront pas les mêmes en fonction de la localisation. En effet, la distance qui sépare le site de réparation des organes cibles influe sur ce délai. Il sera différent si la réparation nerveuse se situe au niveau du poignet ou au niveau de l'avant-bras. Il devrait donc y avoir une adaptation du suivi en fonction de la localisation des lésions nerveuses.

Le manuscrit est constitué de quatre chapitres. Le premier chapitre présente l’histoire clinique et chirurgicale des sections nerveuses. Le second fait l’état des lieux des données de la littérature sur le suivi clinique, fonctionnel et électrophysiologique après réparation des nerfs médians et/ou ulnaires à l’avant-bras ou au poignet. Le troisième présente le suivi clinique et paraclinique après réparation nerveuse tel qu’il est actuellement réalisé dans la pratique nancéenne. Le quatrième se consacre à une réflexion critique basée sur l’analyse de la pratique nancéenne et des données de la littérature et propose un canevas d’évaluation éclairé.

Cette thèse a pour objectif de présenter les outils décrits dans la littérature comme utilisables pour ce suivi, la pratique clinique nancéenne et de proposer, sur ces bases, un canevas d’évaluations clinique, fonctionnelle et électrophysiologique après réparation des nerfs médians et/ou ulnaires à l'avant-bras ou au poignet.

1 HISTOIRE CLINIQUE ET CHIRURGICALE

1.1 EPIDEMIOLOGIE DES SECTIONS DES NERFS MEDIANS ET/OU ULNAIRES A L'AVANT-BRAS OU AU POIGNET

○ Données de prévalence et incidence

Les blessures des membres supérieurs et de la main sont courantes. D'après *l'étude EPAC* (Enquête Permanente sur les Accidents de la Vie Courante) répertoriée sur le site de Santé Publique France, on peut retenir qu'en 2010, il y a eu 1 910 000 blessés du membre supérieur et de la main en France, dont **1 024 000 blessés de la main et du poignet**. Parmi les structures touchées lors de ces blessures, on retrouve les nerfs périphériques. L'incidence des lésions nerveuses périphériques est de **0,14/1000 habitants/an**.(4)

○ Différents types d'atteintes nerveuses

Il existe trois grands mécanismes de lésions des nerfs périphériques : la compression, l'étirement et la section (complète ou partielle). La *classification de Seddon* décrit trois types des lésions nerveuses (5) :

- **NEURAPRAXIE** : interruption momentanée de la conduction nerveuse résultant d'une ischémie transitoire ou d'une lésion de la gaine de myéline.
- **AXONOTMESIS** : interruption de la continuité axonale induisant une dégénérescence des fibres nerveuses.
- **NEUROTMESIS** : section complète du tronc nerveux.

En 1951, Sunderland propose une nouvelle classification qui reprend les stades de Seddon et les développe davantage.(6)

Tableau I - Classification de Sunderland des lésions nerveuses.(6)

Degré	Atteinte	Récupération	Délai de récupération	Indication chirurgicale
1 ^{er}	Conduction	Complète	Rapide (<12sem)	Aucune
2 ^{ème}	Axone	Complète	Lente	Aucune
3 ^{ème}	Axone + Périnèvre	Variabilité ++	Lente	Aucun / neurolyse
4 ^{ème}	Axone + fascicule	Aucune	Pas de récupération	Réparation chirurgicale
5 ^{ème}	Nerf	Aucune	Pas de récupération	Réparation chirurgicale

Cette thèse traitera exclusivement des lésions axonotmeses graves et neurotmeses bénéficiant d'une réparation nerveuse.

○ Données étiologiques

Les mécanismes impliqués sont par ordre de fréquence décroissante : la traction ou l'étirement de membre, la plaie directe du nerf avec section, l'écrasement de membre, le traumatisme balistique, le traumatisme thermique, l'électrocution et, enfin, le traumatisme chimique.

Les lésions nerveuses qui vont plus particulièrement nous intéresser sont les lésions mécaniques directes avec plaies ouvertes. La description des différents types de plaie est détaillée dans l'**Annexe 1**.

○ Données démographiques des sujets atteints

Les blessures à la main se produisent généralement dans une population **jeune et économiquement active**.⁽⁷⁾

Dans une importante série de cas publiée par Kouyoumdjian⁽⁸⁾, 74% des blessés à la main sont des **hommes**, l'âge moyen est de 32,4 ans, le membre supérieur est impliqué dans 73,5% des cas et 83% des blessures ne touche qu'un seul nerf. Parmi les mononeuropathies traumatiques du membre supérieur (tous mécanismes confondus), le nerf radial est le plus souvent atteint, suivi du nerf ulnaire puis du nerf médian.⁽⁹⁾

○ Données sur le type de réparation

Le traitement de première intention pour la transection nerveuse est la suture nerveuse (82 % des cas). Les cas où il existe un défaut nerveux sont le plus souvent traités par des autogreffes de nerfs ou par des conduits nerveux (18 % des cas).⁽¹⁰⁾

1.2 TECHNIQUES DE REPARATION PRIMAIRE/NEUROTISATION

MOTRICE

La réparation nerveuse primaire peut être définie comme une réparation d'un nerf périphérique effectuée dans la première semaine suivant la lésion nerveuse. Les réparations nerveuses effectuées après les 3 à 4 premiers jours sont considérées comme des réparations primaires retardées, tandis que les réparations nerveuses effectuées après une semaine sont

considérées comme des réparations secondaires.(11) Des compléments d’informations sur les différentes techniques chirurgicales sont décrits dans l’**Annexe 2**.

Les transections tranchantes sont généralement réparées dans les 72 h lorsqu’elles sont plus faciles à évaluer (avant la cicatrisation), plus faciles à réparer (avant la rétraction) et que les faisceaux moteurs sont encore identifiables par stimulation.(5,12) Les réparations de transections avec bords dilacérés (sur un écrasement, un étirement ou une perte de tissu nerveux importants) sont, à l’inverse, généralement retardées de 3 à 4 semaines, moment auquel les segments fibrotiques non conducteurs des deux moignons sont appréciables (appelés zone de lésion).(5,12)

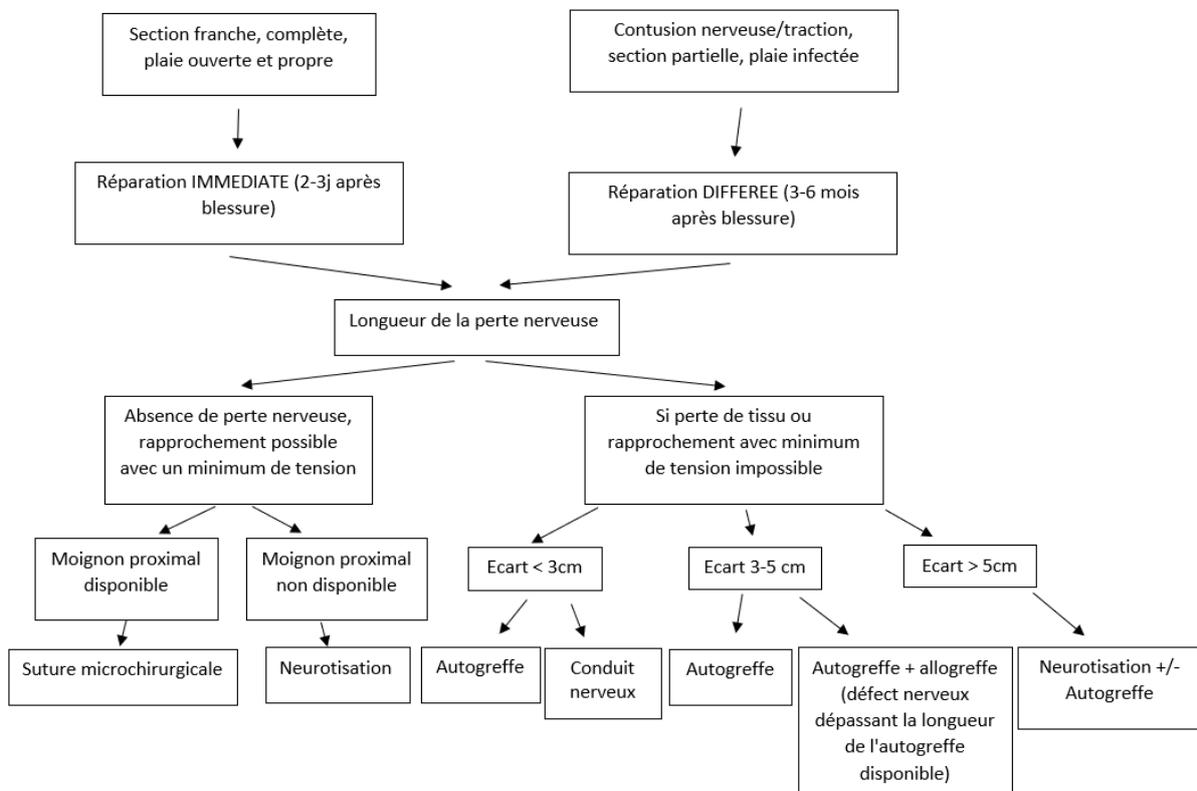


Figure 1 – Proposition d’algorithme de la décision chirurgicale en cas de section nerveuse en général d’après Siemonow (13) et adapté à partir de Grinsell (14) et Rebowe (15)

1.2.1 SUTURE MICROCHIRURGICALE

Elle correspond au traitement chirurgical de référence pour les lésions graves d’axonotmésis et de neurotmésis lorsqu’une **coaptation sans tension** (< 1cm) dans un lit bien vascularisé peut être obtenue.(14)

Il existe 3 techniques de sutures nerveuses : épineurale, fasciculaire et épipérineurale. La technique de suture recommandée est la **suture épipérineurale** (14) décrite par Bourrel (16) sous microscope opératoire.

1.2.2 TECHNIQUES PAR GREFFE

⇒ Technique d'autogreffe

Cette technique reste le *gold standard* lorsqu'il existe un écart entre les extrémités du nerf avec une **tension excessive** ($> 1\text{cm}$) pour une réparation épipérineurale directe. (14,17–19) Toutefois, l'interposition de greffes nerveuses autologues est actuellement limitée à des espaces \leq à 5 cm.(13) Les résultats de cette technique sont meilleurs par rapport aux conduits nerveux pour les espaces plus longs ($> 3\text{ cm}$) et pour les lésions plus proximales.(14)

Les nerfs donneurs peuvent être prélevés sur différents sites et doivent être sélectionnés selon la taille et la longueur du défaut nerveux à reconstruire.(14) Les greffons nerveux les plus communs sont le nerf sural, le nerf cutané médial de l'avant-bras, le nerf cutané latéral de l'avant-bras et la branche terminale du nerf interosseux postérieur.(18) Les inconvénients de l'autogreffe sont : le manque de matériel de greffe, le temps nécessaire à la procédure pour prélever les nerfs du donneur, la cicatrisation, l'inadéquation entre le nerf blessé et les greffes et enfin les séquelles liées au prélèvement du donneur.(14)

⇒ Technique d'allogreffe

Des *allogreffes de nerfs cadavériques humains* sont utilisées chez un nombre limité de patients. Elles sont réservées aux lésions nerveuses étendues irréparables dont le tissu du nerf autologue donneur est inadéquat. L'avantage de cette technique est surtout l'absence de morbidité du site donneur. Néanmoins, cette technique présente un coût important et nécessite un traitement immunosuppresseur pendant 2 ans.

1.2.3 CONDUITS DE REPOUSSES NERVEUSES

Plusieurs techniques ont été développées afin de compenser la faible disponibilité de nerfs donneurs d'autogreffes nerveuses. Les conduits peuvent être classés en trois catégories : biologiques autogènes, biologiques non autogènes ou non biologiques.

Comme les autogreffes nerveuses, ils sont indiqués lorsqu'il existe une tension excessive ne permettant pas la réparation par suture nerveuse.(20) Pour les défauts nerveux $< 3\text{cm}$,

l'application de guides nerveux résorbables artificiels a le même taux de réussite que la réparation par autogreffe de nerf.(14) Ces résultats concernent principalement les nerfs sensitifs.(19) Pour les défauts nerveux supérieurs à 3 cm, aucun conduit n'a démontré des résultats équivalents ou supérieurs aux autogreffes.(15)

1.2.4 NEUROTISATION MOTRICE

Un transfert nerveux ou neurotisation consiste à transférer une partie ou la totalité d'un nerf donneur sain sur un nerf receveur lésé afin d'assurer la réanimation d'une fonction, sensitive ou motrice, aux dépens d'une autre jugée moins utile.(21)

En général, un transfert de nerf est indiqué dans les cas de lésions du plexus brachial proximal où la greffe n'est pas possible et dans les lésions nerveuses périphériques proximales trop éloignées des muscles effecteurs à réinnover. Dans ce dernier cas, les transferts de nerfs peuvent être utilisés à la place ou en complément d'une suture nerveuse ou d'une greffe nerveuse. Les transferts de nerfs sont aussi indiqués chez les patients présentant des cicatrices post-traumatiques étendues où l'exploration risquerait d'endommager les structures nerveuses critiques. Ils peuvent également être indiqués chez les patients dont la reconstruction nerveuse est retardée, car ils peuvent accélérer le temps de réinnervation.(22–24)

Le délai opératoire est optimal entre le 3^{ème} et le 6^{ème} mois post-traumatique chez les patients qui n'ont pas démontré une réinnervation adéquate. Les techniques utilisées pour les paralysies du nerf ulnaire et du nerf médian figurent dans l'**Annexe 2**.

1.3 PROCESSUS DE DENERVATION/REINNERVATION

1.3.1 DÉGÉNÉRESCENCE WALLÉRIENNE ET DÉGÉNÉRESCENCE MUSCULAIRE

Lorsqu'une fibre nerveuse est sectionnée ou écrasée, la partie distale de la lésion (c'est-à-dire la portion de l'axone séparée du corps cellulaire contenant le noyau) dégénère selon un processus appelé dégénérescence wallérienne. Les axones et leurs gaines de myéline sont digérés par les macrophages et les cellules de Schwann. Il en résulte une atrophie progressive des fibres musculaires innervées par le nerf lésé. Des compléments d'informations sur la physiopathologie des processus de dénervation/réinnervation sont rapportés dans l'**Annexe 3**.

La dégénérescence wallérienne du segment distal débute à partir de **24 à 48 heures après la lésion** nerveuse et au plus tard au 4^{ème} jour.(3,25) Elle est généralement complète vers le **9^{ème} jour** pour les **fibres motrices** et le **11^{ème} jour** pour les **fibres sensibles**. La distance entre la lésion nerveuse et le muscle distal influence l'évolution temporelle, les distances les plus courtes sont associées à une dégénérescence plus rapide.(3)

La fibre musculaire dénervée perd ses capacités mécaniques propres. Dans les premiers mois, les fibres musculaires dénervées s'atrophient progressivement par réduction du nombre de leurs myofibrilles. Si la réinnervation ne se fait pas dans les 18 à 24 mois, les fibres musculaires passent en un point de non-retour et entrent dans un processus de dégénérescence irréversible, avec le remplacement des fibres musculaires par de la fibrose et des cellules adipeuses. La repousse nerveuse, si elle a lieu, se fait alors en pure perte sans récupération musculaire.(26)

1.3.2 RÉGÉNÉRATION NERVEUSE POST RÉPARATION NERVEUSE

En l'absence d'affrontement des tranches de section nerveuses, la prolifération de tissu conjonctif de voisinage s'oppose à la progression des néo-axones qui prolifèrent sur place et sont à l'origine d'un névrome. Ainsi, lors de sections complètes, seule une intervention chirurgicale permet une récupération.(14)

La régénération nerveuse se fait à partir de la partie proximale et débute après une période de latence de 6 à 36 heures suivant la réparation.(27) La phase de régénération qui suit une réparation nerveuse peut durer plusieurs mois.

Le **taux de régénération axonale** est supposé constant et est généralement **estimé à 1 mm** par jour.(13,14,28) Il est souvent suivi par la progression du signe de Tinel. Les taux de régénération varient toutefois largement de 0,5 à 9 mm par jour.(29)

Selon Valembois B et al.(29), la repousse peut être estimée à 8,5 mm par jour au bras, 2 mm au poignet et 0,5 mm aux doigts. Le taux moyen de croissance des fibres nerveuses sensibles est plus rapide que les fibres nerveuses motrices. En effet, selon l'étude de Dolenc et Janko(30), elle est estimée, après suture nerveuse, à 5 mm par jour (avec un écart type de 2.5 mm) contre 1,7 mm par jour (écart type de 1 mm) pour les fibres nerveuses motrices. Cette réinnervation sensitive ne se fait pas de manière anarchique mais respecte un ordre précis. En effet, tout d'abord, ce sont les terminaisons libres qui récupèrent, puis les récepteurs à adaptation rapide et enfin, les récepteurs à adaptation lente.(31)

1.3.3 DE LA RÉGÉNÉRATION À LA RÉCUPÉRATION

La régénération axonale n'est pas le seul élément déterminant la récupération fonctionnelle. La situation fonctionnelle après section d'un nerf périphérique dépend à la fois de la régénération des fibres nerveuses, de la réinnervation des organes cibles appropriés, de la qualité de la commande et des compensations.(27)

La récupération de la fonction sensitive dépend de mécanismes différents de ceux de la récupération motrice. Contrairement aux récepteurs musculaires, les récepteurs sensitifs peuvent tolérer une longue période de désafférentation. De plus, il peut y avoir une redistribution des territoires sensitifs après une lésion axonale, de telle sorte que des fibres intactes assurent l'innervation sensitive cutanée d'une zone plus étendue.

La vitesse de réinnervation varie avec le diamètre des fibres ; la sensibilité épicritique étant transmise par des fibres de gros calibre, qui sont plus lentes à se régénérer, ce type de sensibilité est donc plus long à récupérer. Pour la sensibilité thermo-algique, ce sont également de grosses fibres qui transmettent la douleur diffuse. En revanche, les sensations de douleurs vives et intenses sont transmises par de petites fibres. Ceci peut expliquer les sensations anormales décrites lors de la repousse nerveuse (hyperesthésie, allodynie...).

La réinnervation des fibres musculaires comprend l'établissement de connexions neuromusculaires et la formation de nouvelles unités motrices, qui sont essentielles pour le développement de la force et le contrôle moteur.

En parallèle du processus de réinnervation, il existe des **mécanismes compensatoires** participant à la récupération fonctionnelle. Ces mécanismes concernent aussi bien les fonctions motrices que les fonctions sensibles.

- Concernant les fonctions sensibles, les mécanismes de compensation sensitive, font appel à la *plasticité cérébrale* lors d'erreur d'aiguillage et à *l'augmentation des territoires sensitifs des zones voisines*.
- Concernant la fonction motrice, le muscle est certes une structure très différenciée mais il possède des capacités de régénération importantes grâce à ses cellules satellites. En effet, les fibres musculaires réinnervées vont avoir la faculté de *s'hypertrophier* afin de fournir davantage de force et endurance. De même, la *réinnervation collatérale*, si elle est possible, peut permettre de réinnover des fibres musculaires dénervées.

Des troubles de la commande et/ou une exclusion peuvent aussi participer aux résultats fonctionnels.

1.4 INDICATION DE CHIRURGIES SECONDAIRES/PALLIATIVES

Les transferts palliatifs sont utilisés lorsqu'une réparation nerveuse n'est pas possible ou à des résultats fonctionnels incomplets.

En cas de réinnervation incomplète et de retentissement sur le plan fonctionnel, l'indication de réaliser un transfert tendineux ou une arthrodeèse pour l'aspect moteur et une neurotisation pour l'aspect sensitif peut être discutée.

La chirurgie palliative est aujourd'hui moins fréquente en raison des progrès de la chirurgie nerveuse périphérique. Il s'agit d'une chirurgie très attachée à la sémiologie et à l'analyse fonctionnelle, qui peut apporter un bénéfice fonctionnel important au patient.(23) Des compléments d'information sur les transferts tendineux et la neurotisation sensitive sont détaillés dans l'**Annexe 4**.

1.4.1 TRANSFERTS TENDINEUX

Il existe une multitude d'options potentielles de transferts de tendon, dont le choix dépend de la fonction restante, des déficits spécifiques, de l'expérience et des préférences du chirurgien. Une approche réfléchie de la reconstruction peut conduire à une amélioration fonctionnelle substantielle avec une morbidité minimale du site donneur.

1.4.1.1 Indication

La récupération après une lésion du nerf périphérique est variable et souvent incomplète. Les transferts de tendons restent la norme lorsque la réparation nerveuse primaire ne permet pas, ou ne devrait pas permettre, une restauration adéquate de la fonction.(13,14,28)

S'il n'y a pas de signes de réinnervation après une réparation nerveuse dans le délai attendu ou si la récupération musculaire est insuffisante, des transferts de tendons peuvent être indiqués.(32) Il n'existe pas de critères retrouvés dans la littérature précisant cette récupération motrice jugée insuffisante fonctionnellement.

1.4.1.2 Calendrier

Le transfert tendineux n'est ni recommandé en urgence, ni en première intention. Il va dépendre des **besoins** et va également être variable selon la **gravité de la paralysie**. Le transfert de tendon doit ainsi être considéré comme un traitement de deuxième ligne lorsque la perte de motricité est jugée permanente après la réparation du nerf.(33)

Suivant les cas, les transferts de tendons doivent être soit précoces, soit conventionnels ou tardifs.

➤ Transfert précoce

La décision d'effectuer un transfert de tendon précoce au moment de la réparation du nerf ou avant d'attendre la réinnervation prévue est examinée au cas par cas.(32) Burkhalter (34) recommande un transfert précoce sans attendre la récupération nerveuse dans certaines circonstances. Ces circonstances peuvent correspondre à une longue perte de substance (supérieure à 12-15 cm), un âge avancé du patient (supérieur à 50 ans), un délai retardé de la prise en charge initiale (après 1 à 2 ans de paralysie), ou à de mauvaises conditions locales avec fibrose.

Selon les résultats de l'étude menée par Trevett et al.(35), pour identifier les patients nécessitant un transfert de tendon, des mesures de la force de préhension et de la pince ainsi que des tests fonctionnels sont effectués **10 à 12 semaines après la réparation du nerf**. Les transferts de tendons doivent être effectués tôt chez les *travailleurs manuels* lorsque la perte de force interfère avec leur fonction au travail. Il est recommandé d'effectuer le transfert précoce des tendons uniquement chez les travailleurs manuels ayant une faible force de préhension ou une pince faible qui interfèrent avec leur travail.

➤ Transfert tardif

Un transfert de tendon conventionnel ou tardif est généralement effectué si la réinnervation du muscle paralysé n'a pas eu lieu dans les trois mois suivant le moment prévu de la réinnervation, sur la base d'un taux de régénération nerveuse de 1 mm par jour.

Il s'agit donc d'un état séquellaire c'est-à-dire au-delà des délais de récupération envisagés après une réparation nerveuse. En l'*absence totale de récupération*, le délai communément admis est d'environ **6 mois après une chirurgie nerveuse**.(36) Chez les travailleurs sédentaires, le transfert de tendon peut être retardé jusqu'à au moins 3 ans après la réparation du nerf, à moins que des besoins fonctionnels nécessitent un transfert plus précoce.

Il conviendra de prendre en compte dans la décision thérapeutique : l'âge du patient, ses souhaits et motivations, sa consommation tabagique, le type de lésion et le type de réparation nerveuse.

1.4.2 TRANSFERT NERVEUX SENSITIF

La sensibilité nerveuse du nerf médian est essentielle pour les tâches de motricité fine. En effet, le succès de la restauration de la fonction motrice suite à une lésion du nerf médian est déterminé par la qualité de la sensibilité de la main.(37) La restauration de la sensibilité du bord radial de l'index et du bord ulnaire du pouce est une priorité dans l'atteinte du nerf médian.(38) La chirurgie palliative sensitive est beaucoup plus rarement utilisée. La seule indication pratique consiste, dans les atteintes du nerf médian respectant le nerf ulnaire, à transférer la sensibilité de la pulpe de l'annulaire sur la pulpe du pouce.(39)

1.4.3 NEUROLYSE

La neurolyse consiste à séparer la structure neurale de son envahissement fibroblastique et collagénique, le plus souvent au niveau de son épinèvre, plus rarement et plus prudemment au niveau de son périnèvre.(40)

Elle peut être indiquée lorsque la repousse nerveuse, suivie par le signe de Tinel, ainsi que les examens cliniques et électromyographiques, stagnent depuis deux mois. Son but est de favoriser la relance de la repousse axonale mais celle-ci est limitée lorsqu'elle est effectuée sur un nerf contus et mal vascularisé.(40)

1.4.4 CAPSULODÈSE

La capsulodèse selon Zancolli consiste à fixer la capsule au niveau du col du métacarpien afin de limiter l'hyperextension de l'articulation métacarpo-phalangienne.(40)

Elle peut être indiquée lorsqu'il existe une griffe modérée, spontanément réductible par la manœuvre de Bouvier. Cette manœuvre est décrite dans la partie 2.1.1.2.(40)

2 DONNÉES DE LA LITTÉRATURE SUR LE SUIVI CLINIQUE, FONCTIONNEL ET ÉLECTROPHYSIOLOGIQUE APRÈS RÉPARATION NERVEUSE

2.1 MOYENS D'ÉVALUATION UTILISABLES APRES REPARATION NERVEUSE

L'objectif principal de l'évaluation après réparation nerveuse est de suivre la régénération du nerf et la réinnervation des muscles et des récepteurs cutanés. Parmi les moyens d'évaluation de la réinnervation figurent les tests cliniques analytiques sensitifs de perception du toucher, de la pression et des vibrations, les tests moteurs et les examens neurophysiologiques. Lors du suivi, les capacités fonctionnelles du patient doivent également être évaluées car elles sont liées à la fois aux résultats de la réinnervation mais également aux compensations mise en place et à la qualité de la commande. En effet, ce sont-elles qui renseignent sur l'impact du dysfonctionnement sur la vie quotidienne et guident donc la réflexion sur l'indication d'une éventuelle chirurgie palliative.

La question de la reproductibilité, de la sensibilité au changement et de la pertinence clinique doit être une question abordée dans la réflexion sur le choix des tests utilisés. La sensibilité au changement correspond à la capacité à décrire le changement d'un patient entre deux états. Elle a une incidence pratique majeure sur les décisions médico-chirurgicales à prendre. Nous ne disposons pas de toutes les données psychométriques pour tous les tests. Un tableau récapitulatif des caractéristiques psychométriques des outils d'évaluation utilisés est présenté dans l'**Annexe 5**.

2.1.1 TESTS CLINIQUES

2.1.1.1 Tests sensitifs

Une multitude de mesures et d'outils d'évaluation ont été décrits (28, 30-33, 33-44) pour évaluer la récupération de la sensibilité après une suture nerveuse mais aucun test n'a été accepté comme *gold standard*. La récupération sensitive comprend les sensibilités cutanées, articulaires et musculaires. Elle peut être évaluée de façon qualitative et quantitative. Plusieurs tests permettent d'explorer les différentes dimensions de la sensibilité : vibrotactile,

thermoalgique, proprioceptive et les gnosies pour lesquelles la récupération n'est pas forcément homogène.(52)

On sait, depuis les travaux de Dellon (56,57), que la récupération nerveuse suit une progression chronologique prédéterminée : récupération de la sensibilité de protection (à la pression, douloureuse et thermique) par réinnervation des nocicepteurs et thermorécepteurs, ensuite récupération de la sensibilité tactile et vibratoire lente (vibration lente de 30Hz et toucher mobile) par réinnervation des corpuscules de Meissner, puis de la sensibilité discriminative (toucher statique) par réinnervation des corpuscules de Merkel et enfin, récupération de la sensibilité vibratoire rapide (vibration rapide de 256 Hz) par réinnervation des corpuscules de Pacini. Au début, les sensations sont mal localisées, la précision de localisation n'apparaissant qu'à la fin de la récupération nerveuse.

Les tests décrits ci-dessous permettent, pour certains, de détecter le **seuil à partir duquel la stimulation est perçue** et pour d'autres, de mesurer la **densité des récepteurs ayant réinnervé**, c'est-à-dire, la quantité de récepteurs actifs dans une zone précise. Au début de la repousse nerveuse, seules quelques fibres vont retrouver un contact avec un récepteur, les tests de densité ne sont alors pas envisageables car celle-ci est trop faible pour être mesurée. Pour autant, il est possible de mesurer le seuil de détection à la pression (récepteurs à adaptation lente) ou à la vibration (récepteurs à adaptation rapide).

La localisation du toucher statique et du toucher mobile a été déterminée selon les méthodes décrites par Callahan.(58) La main est divisée en 11 zones de dysfonctionnement pour les lésions du nerf médian et 6 zones pour les lésions ulnaires (Figure 2).

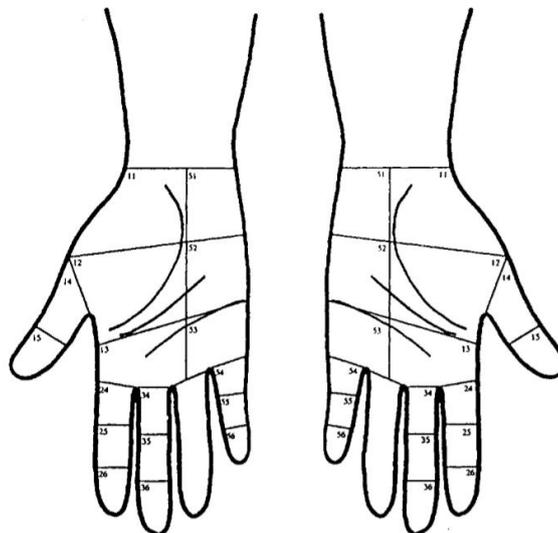


Figure 2 - La main divisée en 17 zones à l'aide du schéma de Wynn-Parry

A. TESTS ÉVALUANT LA SENSIBILITÉ THERMO-ALGIQUE

La sensibilité thermo-algique ou de protection est la première à récupérer. Elle permet d'éviter les lésions provoquées par des agents vulnérants. Il n'est pas indispensable d'évaluer systématiquement la thermo-nociception, car l'évaluation de la mécano-nociception, plus facile à mettre en œuvre, en témoigne indirectement.

➤ **La sensibilité thermique**

Rappel physiologique :

Il existe dans la peau des terminaisons nerveuses libres, proches de capillaires sanguins, sensibles au froid ou au chaud. Les récepteurs au froid détectent les températures entre 10° et 38°. Ils sont liés à des fibres myéliniques fines. Ils sont superficiels et localisés dans l'épiderme. Les récepteurs au chaud détectent les températures entre 38° et 45° et sont liés à des fibres amyéliniques de type C. Ils sont plus profonds dans le derme. Si un récepteur détecte une température extrême, il envoie un message douloureux.(59)

Principe :

La sensibilité thermique peut être évaluée de manière qualitative par l'application d'un stimulus thermique chaud et froid (eau). L'eau est appliquée sur la peau via un tube à essai dont la température est vérifiée par un thermomètre frontal. Pour l'eau froide, la température appliquée est de 10° et pour l'eau chaude de 40-45°. La sensation de chaud ou froid doivent être immédiate avec une réponse dans les 2 secondes suivant la stimulation thermique. Sunderland a proposé de décrire le résultat de cette sensibilité selon la classification suivante :

- T° 0 : thermoanesthésie totale
- T° 1 : thermoanesthésie entre 0° et 55°, thermosensibilité en deçà et au-delà de cette fourchette
- T° 3 : sensation isothermique entre 25° et 40°, identification normale en deçà et au-delà de cette fourchette
- T° 4 : thermoesthésie normale

➤ **La sensibilité à la nociception**

Rappel physiologique :

Les récepteurs périphériques de la douleur ou nocicepteurs sont situés à plusieurs niveaux : cutané, musculaire, articulaire, osseux et viscéral.

La sensation douloureuse est véhiculée par les fibres A δ et C. Les mécano-nocicepteurs sont des nocicepteurs sensibles aux stimulations mécaniques intenses, type pression, étirement, pincement, coupure et ils sont presque toujours reliés à des fibres A δ . Les nocicepteurs polymodaux, connectés essentiellement à des fibres C, mais parfois aussi à des fibres A δ , sont sensibles à toutes variétés de stimulations intenses, mécaniques, électriques, chimiques ou thermiques. De façon schématique, les nocicepteurs A δ véhiculent la première douleur (aiguë, bien localisée, rapide), et les nocicepteurs C la seconde douleur (plus sourde, diffuse, plus lente).

Principe : Elle peut être évaluée à l'aide de tests qualitatifs et quantitatifs.

→ Tests qualitatifs :

Test du pique-touche (29)

La douleur est principalement appréciée de manière **qualitative** par le test du pique-touche. Le « pique-touche » consiste à distinguer la piqûre du contact simple. A l'aide d'un crayon de papier bien taillé ou d'une aiguille, des stimuli sont exercés de façon aléatoire, tantôt côté « mine », tantôt côté opposé avec un seuil de pression calqué sur la main saine. Le patient doit préciser pour chaque stimulus s'il est « piqué » ou « touché ». La réponse est positive à la piqûre lorsqu'un geste de retrait est observé et/ou une douleur verbalisée dans les deux secondes suivant le stimulus.

On utilise un code couleur :

- Vert : le piqué et le touché sont bien ressentis. La sensibilité de protection est intacte
- Rouge : le piqué et le touché ne sont pas ressentis. Il n'y a pas de sensibilité de protection.
- Violet : tout piqué ou touché est ressenti comme un toucher léger. Il existe une hypoesthésie.
- Bleu : tout piqué ou touché est ressenti comme une piqûre. Il existe une hyperesthésie.

Les résultats sont reportés sur un schéma. Si la sensibilité de protection est absente, il est inutile de poursuivre l'évaluation. S'il existe des paresthésies, il faut désensibiliser avant de poursuivre l'évaluation. Sunderland a proposé de décrire le résultat de cette sensibilité selon la classification suivante (29) :

- P 0 : anesthésie
- P 1 : simple perception d'un changement d'état non défini
- P 2 : distinction entre piqûre et tact avec paresthésies douloureuses et irradiées non localisées
- P 3 : piqûre ou picotements irradiés, mal localisés
- P 4 : sensation douloureuse, pas ou peu irradiée
- P 5 : perception normale

Echelles subjectives

La douleur peut également être appréciée par des échelles subjectives (autoévaluation par échelles et grilles, hétéroévaluation notamment comportementale...).

Une échelle à 4 niveaux (42) est proposée pour évaluer l'estimation par les patients des problèmes causés par l'hyperesthésie (60,61) et l'intolérance au froid.(62,63) L'examineur caresse la zone dysfonctionnelle et interroge le patient sur l'hyperesthésie et l'intolérance au froid dans les activités de la vie courante. Le patient sélectionne ensuite l'une des descriptions suivantes : 1 = aucune ou mineure ; 2 = modérée ; 3 = dérangement ; 4 = entrave au fonctionnement.

→ **Tests quantitatifs :**

Cartographie allodymique

En cas d'allodynie, une cartographie allodymique peut être réalisée en utilisant la méthode de cartographie de sensibilité. Les outils utilisés sont les monofilaments ou esthésiomètres de Semmes-Wenstein.(59) Cela a été particulièrement décrit par Noel et Spicher (29) avec, d'une part, l'allodynographie (cartographie du territoire allodymique, c'est-à-dire zone où la douleur dépasse par convention une EVA à 3 pour un esthésiomètre de 15g) et d'autre part l'évaluation de l'intensité de l'allodynie basée sur « l'arc en ciel ».

Cette évaluation est importante car elle guide la mise en route des thérapeutiques que sont les techniques de contre-stimulation vibrotactile puis progressivement la rééducation de l'hypoesthésie. Le bilan sensitif de la zone allodymique est essentiel dans le cadre de ces lésions axonales car le traitement de cette zone est le premier temps de toute rééducation sensitive.

Algésimètres

Une approche quantitative de la nociception est possible à l'aide d'appareils utilisant soit une aiguille montée sur un ressort gradué (algésimètre), soit une pression mécanique calibrée (algometer ®) soit un stimulus thermique nociceptif. Ils sont principalement utilisés dans la recherche scientifique.(59)

Avantages et limites des tests de la sensibilité thermo-algique :

Les tests de la sensibilité thermo-algique possèdent de bonnes fiabilité et validité dans l'évaluation de suivi après réparation nerveuse.(64)

Les tests évaluant la sensibilité thermique ont une sensibilité au changement correcte avec une taille d'effet (ES) à 0,57 entre 3 mois et 48 mois de suivi.(64) L'ES correspond à la mesure de la force de l'effet observé d'une variable sur une autre.

B. TESTS ÉVALUANT LA SENSIBILITÉ VIBROTACTILE**→ Tests de seuil :**

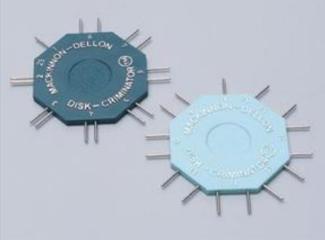
Test au Diapason ou Vibralgic ®		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
<p>La sensibilité vibratoire cutanée est véhiculée par les fibres myélinisées Aβ et repose sur les corpuscules de Meissner, sensibles à des fréquences basses de 30Hz et sur les corpuscules de Pacini, sensibles aux fréquences hautes supérieures à 100Hz.(65) Les récepteurs correspondent à des mécanorécepteurs à adaptation rapide.</p> <p>L'un des premiers signes de la réinnervation sensitive des fibres Aβ est la perception de vibrations à basse fréquence, avant le retour du toucher léger.</p>	<p>L'évaluation qualitative des seuils de vibration peut être effectuée à l'aide d'un diapason ou d'un appareil électrique (Vibralgic ®) (Figure 3).(66)</p>  <p>Figure 3 - Diapason à gauche et Vibralgic ® à droite</p> <p>Le diapason à basse fréquence (30 cycles/s) est très utile pour identifier la récupération de la sensation vibratoire au début de la phase de régénération après une suture nerveuse.</p> <p>Le test est effectué de la partie proximale à la partie distale le long de la zone de dysfonctionnement. Les résultats ont été quantifiés en divisant la main en six niveaux, du proximal au distal (niveaux 1 à 3 dans la paume et niveaux 4 à 6 dans le doigt ; première phalange du pouce = niveau 2, et deuxième phalange du pouce = niveau 3) (Figure 4). Le niveau le plus distal pour une réponse positive de chaque stimulus est noté. Une réponse positive indique la réinnervation des récepteurs à adaptation rapide dans la peau glabre de la main.</p>  <p>Figure 4 - Cartographie permettant la cotation</p> <p>Les vibrations à hautes fréquences (256 cycles/s) sont plutôt utilisées pour la recherche des sites de compression nerveuse.</p> <p>La stimulation vibratoire transcutanée par le Vibralgic ® peut être utilisée pour tester la sensibilité de la main dans les suites d'une réparation nerveuse.(67) Le Vibralgic ® possède une plage de réglage en fréquence de 30 à 1000Hz et en amplitude de 0 à 5 volts. L'examineur montre au patient la sonde avec une vibration non-nociceptive à une fréquence de 100Hz en appliquant d'abord la sonde sur son propre bras pour rassurer le patient sur le fait que cela n'est pas douloureux. Les premières fréquences ressenties au début de la régénérescence nerveuse au niveau des pulpes des doigts sont comprises entre 70 et 120 hertz puis il existe un élargissement progressif de la plage de part et d'autre de cette fréquence au fur et à mesure de la récupération.(68)</p>	<p>Le Vibralgic ® est plus pratique et permet une évaluation plus complète que le diapason.(68) Selon Dellon(42), il s'agit d'un outil plus sensible dans les premières phases de la régénération.</p> <p>Le test au diapason et le Vibralgic ® ont montré une bonne fiabilité inter-juges pour les tests de vibration des seuils de pression cutanée et une bonne validité de construction.(64)</p> <p>La sensibilité au changement de ce test n'a pas été évaluée.</p>

Test aux monofilaments de Semmes-Weinstein (SWM)		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
<p>La sensibilité tactile est véhiculée par les fibres myélinisées Aβ et repose principalement sur les cellules de Merkel. Ces dernières se regroupent pour former des mécanorécepteurs à adaptation lente.(69)</p>	<p>Le test SWM est un outil d'évaluation quantitative de la sensibilité tactile statique. Il est considéré comme un test de suivi de réinnervation.(42) Le monofilament est posé pendant 1 à 2 secondes perpendiculairement à la peau avec une force suffisante pour que le fil plie (Figure 5). Les monofilaments dans leur version simple sont devenus l'outil et le test de référence incontournable pour évaluer l'hypoesthésie tactile. Il existe des kits de 5 ou 20 monofilaments.</p> <p>Ce test doit être utilisé selon la procédure décrite par Bell-Krotoski avec un kit de 5 filaments.(70) S'il existe une réponse des trois applications du stimulus, la réponse est enregistrée comme positive.(71)</p> <p style="text-align: center;">Grille d'évaluation du monofilament de Semmes-Weinstein</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 = intenable • 1 (marquage du filament 6,65) = perception de la pression profonde • 2 (marquage du filament 4,56) = perte de la sensation de protection • 3 (marquage du filament 4,31) = diminution de la sensation de protection • 4 (marquage du filament 3,61) = perception diminuée du toucher léger • 5 (marquage du filament 2,83) = perception normale du toucher et de la pression <div style="text-align: center;">  </div> <p>Figure 5 - Test SWM sur la pulpe du majeur</p> <p>Les tests sont effectués de manière proximale à distale le long de la zone de dysfonctionnement.(41) Le monofilament est posé à 3 reprises sur une même zone avec un intervalle de 10 secondes entre chaque changement de zone. La localisation du toucher statique est testée en utilisant les monofilaments les plus fins Semmes-Weinstein que le patient peut percevoir dans chaque zone de la zone dysfonctionnelle. En fonction de la localisation, la norme du monofilament va être différente : 0,2g pour la paume, 0,4g pour la face dorsale de la main et 0,7g pour l'avant-bras.</p>	<p>Ce test est très sensible et permet un excellent suivi des progrès du patient.(72)</p> <p>Jerosch-Herold (72) a analysé dans une batterie de tests, la sensibilité au changement par l'intermédiaire de la moyenne de réponse standard (MRS) et de la taille d'effet (ES) lors d'évaluations post-opératoires de 6 à 18 mois. Il a trouvé que le test aux monofilaments de Semmes-Weinstein était le plus sensible (MRS = 2,4 ; ES = 1,2)</p> <p>Cependant, la rigueur de cette mesure se heurte à des difficultés techniques non négligeables et l'interprétation de ces résultats nécessite une bonne compréhension des facteurs physiques qui peuvent les influencer. La méthode d'application, la température extérieure et l'extrémité du monofilament sont les facteurs qui peuvent varier d'un monofilament à l'autre.(43) L'indice de fiabilité inter-examineur est faible.(70) Le kit de 5 monofilaments reste moins sensible qu'un kit de 20 monofilaments.</p>

→ Tests de densité :➤ **Discrimination de 2 points (2PD)**

Les tests de discrimination de deux points peuvent être utilisés pour évaluer la discrimination tactile.(3,46,50) Ils doivent être appliqués conformément au protocole décrit par Jerosch-Herold (73) et Marsh.(74)

Ils permettent d'évaluer la distance entre 2 récepteurs actifs du même type. Il existe une version statique et une version dynamique de ce test. Les deux versions ne testent pas les mêmes récepteurs. Ils permettent d'évaluer **quantitativement** la récupération de la fonction sensitive chez les patients après une lésion nerveuse. Ses valeurs s'améliorent en dernier en cas de lésion axonale d'après Dellon.(47)

Discrimination statique de 2 points (S2PD)		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
<p>La discrimination tactile statique ou immobile repose sur les disques de Merkel à adaptation lente.</p> <p>Le S2PD ou test de Weber permet d'avoir une estimation de la densité des cellules de Merkel à adaptation lente fonctionnelles (65) conduites par les fibres Aβ.(69)</p>	<p>Le test S2PD (test de Weber statique) recherche la plus petite distance séparant 2 stimulations simultanées localisées et perçues séparément. Pour déterminer le seuil de discrimination, on effectue des stimulations d'un même espacement. Le plus petit intervalle pour lequel 5 bonnes réponses sont obtenues est la valeur seuil. Le seuil normal au niveau de la pulpe des doigts est de 1 à 5 mm à la face palmaire, de 7 à 10 mm sur la face dorsale de la main, de 7 à 12 mm au poignet ou à l'avant-bras de 20 mm environ.</p> <p>La discrimination statique en deux points a été introduite pour la première fois par Weber et popularisée par Moberg pour l'évaluation des lésions nerveuses. Elle a été évaluée selon Moberg (50) sur la phalange distale de l'index ou de l'auriculaire avec une pression appliquée juste suffisante pour amorcer le blanchiment de la peau. Plusieurs instruments sont disponibles pour la réalisation de ce test : le compas de Weber (Figure 6) et le Disk-Criminator (Figure 7).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fig. 6 - Compas de Weber Fig. 7 - Dellon Disk-Criminator</p> <p>Initialement, un trombone a été utilisé comme outil d'évaluation mais des problèmes de distance inexacte entre les extrémités ont été identifiés. Le Disk-Criminator a été développé pour fournir un diamètre de sonde cohérent et une distance standard entre les sondes.</p>	<p>La discrimination de Weber est considérée par Onne (46) et Moberg (50) comme le meilleur test du chirurgien de la main pour l'évaluation de la sensibilité. Néanmoins, le test 2PD présente de nombreux freins inhérents, notamment, à la nécessité d'avoir un patient coopérant et un examinateur compétent et à disposer de suffisamment de temps. Le manque de standardisation de la technique est aussi un handicap.(41)</p> <p>Le test 2PD a montré une fiabilité inter-observateurs acceptable.(64)</p> <p>Des normes précises de résultats de ces tests ont été validées pour la main. Cependant, plusieurs facteurs modifient cette valeur notamment l'âge.(55) Il est donc préférable de comparer avec le côté opposé.</p> <p>Il présente une faible sensibilité au changement après sutures nerveuses (MRS=0,4 : ES=0,1).(72,75) Il faut en général attendre 6 mois avant d'avoir une amélioration des résultats.</p>

Discrimination mobile de 2 points (M2PD)		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
<p>Le test M2PD évalue la perception des stimuli captés par les corpuscules de Meissner et Pacini à adaptation rapide.(65) Ces informations sont transmises par les fibres Aβ.</p> <p>Le toucher mobile implique une majorité de fibres à adaptation rapide alors que le contact statique en un seul point est dépendant des fibres lentes qui ne représentent que 10% du capital des fibres sensibles.</p>	<p>Dellon (76) a introduit ce test pour évaluer plus précisément les récepteurs à adaptation rapide.</p> <p>Le test M2PD de Dellon (test de Weber mobile) est réalisé avec le même matériel que le S2PD. Il consiste à déplacer lentement la stimulation selon une progression proximo-distale. Le seuil normal à la pulpe des doigts est de 2 à 3 mm environ.</p>	<p>Il a l'avantage de donner des informations plus précoces sur les résultats après réparation nerveuse que le S2PD.</p> <p>Il possède les mêmes propriétés psychométriques que le S2PD.(76–78)</p> <p>Néanmoins, il n'existe pas d'information retrouvée dans la littérature sur la vitesse du déplacement.</p>

C. TESTS ÉVALUANT LA SENSIBILITÉ PROPRIOCEPTIVE

⇒ Rappel physiologique :

La sensibilité proprioceptive est la perception de la position des différentes parties du corps ainsi que de leurs mouvements. Il existe des récepteurs tendineux, musculaires et articulaires qui sont les suivants :

- Récepteur tendineux de Golgi : récepteur sensible à l'étirement d'un tendon.
- Faisceau neuromusculaire : récepteur situé à l'intérieur du muscle sensible à l'étirement de celui-ci.
- Récepteur articulaire : récepteur situé dans l'articulation qui renseigne sur la position de celle-ci (organe de Golgi, corpuscule de Ruffini et de Pacini, terminaison libre).(65)

⇒ Principe :

La sensibilité articulaire et musculaire comprend : le sens positionnel qui comprend la statesthésie (sens de la position corporelle) et la kinesthésie (sens du mouvement). Son évaluation nécessite la neutralisation préalable de la vision. Pour quantifier, on fait apprécier l'angle du goniomètre ou encore on étudie la stabilité d'une position (ataxie sensitive).(31)

⇒ Avantages et limites :

L'évaluation de la proprioception n'est pas systématique en l'absence de cotation chiffrée.(39) Il n'y a pas de test spécifique à la main pour cette sensibilité. La statesthésie et la kinesthésie peuvent être testées de la même façon que pour une autre partie du corps.(65)

D. SENSIBILITÉ TACTILE COMPLEXE : GNOSIES SENSITIVES

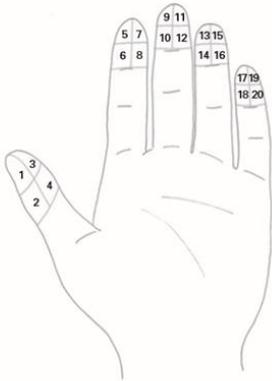
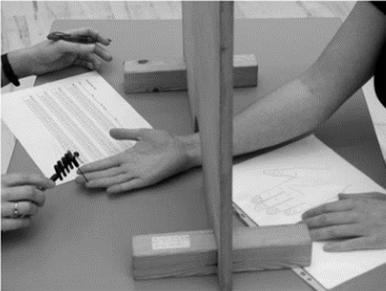
L'étude de la reconnaissance tactile ou gnosie tactile comporte l'appréciation de l'aptitude à percevoir les différentes caractéristiques physiques d'un objet (hylognosie, morphognosie) ainsi que la localisation du stimulus (locognosie), soit de façon analytique, soit de façon globale.

La reconnaissance des matières (hylognosie) repose sur l'identification d'étoffes et de matériaux variés. En fonction des matériaux, il est possible d'apprécier la conductivité thermique (chaud/froid : tôle, verre, bois...), la résistance (dur/mou : balles plus ou moins dures), le poids (baresthésie : objets de volumes identiques mais de poids différents), la rugosité (lisse/rugueux : divers papiers de verre...).

La reconnaissance des formes (morphognosie) est appréciée en demandant de désigner les objets (ou leur forme en cas d'échec) placés dans la main.

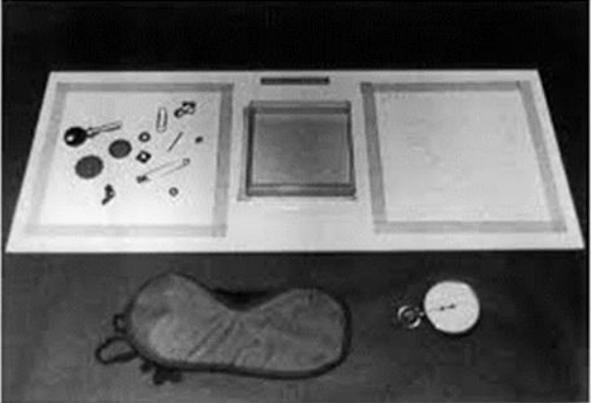
La localisation spatiale (locognosie) d'un stimulus appliqué sur le corps est appréciée par la désignation du point du corps stimulé ou encore par l'identification d'une forme ou d'une lettre dessinée sur la peau (graphesthésie).

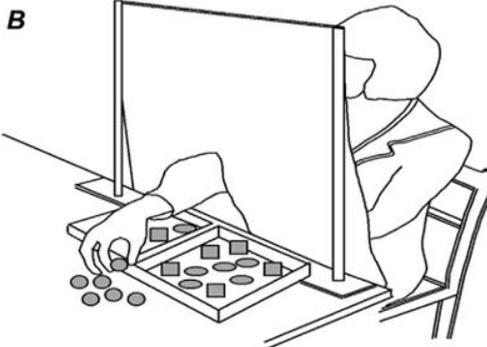
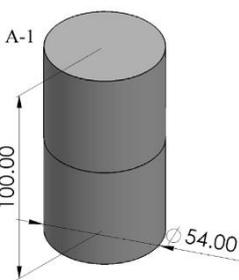
La reconnaissance des objets (stéréognosie) est appréciée par l'identification d'objets placés dans une main puis dans l'autre, en commençant par le côté lésé et en excluant toute autre aide sensorielle.

Test de locognosie (« locognosia test »)		
Rappel physiologique	Principe :	Avantages et limites :
<p>La localisation inexacte du toucher ou du toucher « référé » après une section nerveuse a été largement décrite et est responsable d'une diminution des gnosies tactiles.</p> <p>La locognosie est un aspect de la discrimination spatiale tactile et repose sur la densité et l'intégrité des organes terminaux périphériques de la peau, ainsi que sur une représentation somatotopique intacte de la surface du corps dans le cerveau.</p> <p>L'erreur de localisation dans la main diminue dans une direction proximo-distale. Elle est plus petite au bout du doigt (1 mm à 1,5 mm) par rapport à la paume (5 mm à 6 mm).</p>  <p>Figure 8 - Schéma de la main avec grille du nombre de zones pour le nerf médian et ulnaire</p>	<p>Le test de locognosie consiste à demander au patient d'identifier la zone dans laquelle un stimulus est perçu en utilisant un schéma de la main avec une grille de zones superposées, numérotées comme indiqué dans la Figure 8. Ce schéma divise la surface pulpaire de la main en 20 zones dont 14 appartenant au territoire du nerf médian et 6 au territoire du nerf ulnaire. Les territoires autonomes du nerf médian (pulpe de l'index) et du nerf ulnaire (pulpe de l'auriculaire) sont ainsi représentés. Le territoire autonome d'un nerf correspond au territoire sensitif uniquement innervé par ce nerf.(79)</p> <p>La main du patient est dissimulée derrière un écran et soutenue pour minimiser le mouvement pendant le test (Figure 9). Après avoir stimulé une zone, le patient doit identifier l'emplacement du stimulus en donnant le numéro correspondant sur le schéma. Chaque stimulus est appliqué pendant deux secondes, suivi d'un intervalle de trois secondes avant le deuxième stimulus. Le stimulus est délivré à l'aide d'un monofilament de Semmes-Weinstein qui, au contact de la peau, se plie et fournit une pression maximale répétable de 450 g. Afin de guider le patient, le testeur dit "maintenant" lorsque le filament entre en contact avec la peau. Le numéro de la zone où le stimulus est perçu est enregistré. Les deux premiers essais ne sont pas notés et servent à vérifier que le patient a bien compris les instructions. La main non lésée est testée en premier.</p>  <p>Figure 9 - Test de locognosie effectué en utilisant un monofilament</p> <p>Une note de deux points est attribuée à chaque zone correctement identifiée. Lorsque la localisation se fait vers la bonne orientation (par exemple le quadrant supérieur gauche) mais sur un doigt adjacent, ou vers le bon doigt mais une zone adjacente, un point est attribué.</p> <p>Lorsque le patient ne peut pas identifier la zone, mais qu'il peut préciser le doigt où le stimulus est perçu, il doit le signaler. S'il l'identifie correctement, une note de 1 lui est attribuée. Le reste est noté comme zéro. Le score final est la somme de ceux des points attribués à chaque zone, avec un maximum de 56 points pour la zone du nerf médian et de 24 points pour celle du nerf ulnaire en comptant les 2 mains.</p>	<p>Le test de locognosie peut être un complément utile au test 2PD. Il est validé chez les patients souffrant de lésions des nerfs médian et ulnaire pour évaluer la discrimination spatiale.</p> <p>Il a une très bonne répétabilité. Il repose sur la discrimination spatiale et, comme pour le test 2PD, l'erreur de localisation diminue de proximal en distal.(72) Sieg et Williams (80) ont rapporté une erreur moyenne de localisation sur l'avant-bras de 17,33 mm, de 5,41 mm sur la paume de la main et de 1-1,5 mm dans le bout du doigt chez des patients sans atteinte nerveuse.</p> <p>Il a également une bonne sensibilité aux changements (MRS = 0,9, ES = 0,9).(72)</p>

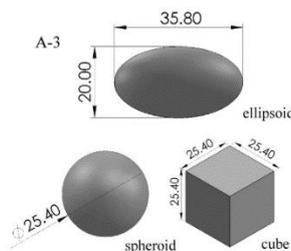
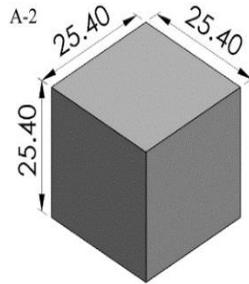
Le test d'identification de forme / texture (STI test ou Shape/texture identification test)		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
<p>Le STI test explore les récepteurs à adaptation rapide.</p>	<p>Le STI test est un instrument développé en Suède pour évaluer la gnose tactile correspondant à la capacité d'identifier des formes (morphognosie) et des textures (hylognosie) sans la vision. C'est un test codifié avec 3 formes, 3 textures et plusieurs niveaux de difficulté.</p> <p>Le STI test fait partie de la batterie de tests du score de Rosén.(48)</p> <p>Il évalue la capacité à reconnaître la forme et la texture permettant l'identification des objets. L'évaluation à l'aide du STI test est effectuée conformément à une procédure de test standardisée.(81) Le patient est placé dans un environnement calme derrière un écran, avec un modèle contenant des échantillons de formes (cube, cylindre et hexagone) et de textures simplifiées (points métalliques en relief placés en rangées) (Figure 10).</p>  <p>Figure 10 - Photographie d'un patient en train d'effectuer le STI test (82)</p> <p>L'identification est effectuée avec l'index en cas d'atteinte du nerf médian et l'auriculaire pour les atteintes du nerf ulnaire, avec instruction de ne pas utiliser l'ongle.</p> <p>Le patient doit identifier la forme (3 degrés de difficulté, avec des diamètres de 15, 8 et 5 mm) et la texture (également 3 degrés de difficulté, avec des distances de 15, 8 ou 4 mm entre les multiples points) des objets exposés au hasard (Figure 11).</p>  <p>Figure 11 - Le STI test (82)</p> <p style="text-align: right;">.../...</p>	<p>Le STI test a une bonne fiabilité test-retest (48), une bonne fiabilité inter-test (81) et une excellente validité (sensibilité à 1 et spécificité à 0,90) (48) pour les lésions nerveuses. Rosén et Jerosh-Herold (75) ont conclu qu'il pouvait être utilisé comme une alternative au test 2PD.(78)</p> <p>Rosén et Jerosh-Herold (75) ont rapporté, en comparant des patients juste après suture nerveuse et après 6 mois de cette réparation nerveuse, un effet de plancher pour le STI test (SRM = 0,56 entre la première et la deuxième évaluation, SRM = 0,262 entre la deuxième et la troisième évaluation).</p>

Le test d'identification de forme / texture (STI test ou Shape/texture identification test)		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
	<p>Le test est effectué dans un ordre standardisé. Des formes de 15 mm sont tout d'abord exposées à la main non blessée puis à la main blessée. On recommence ensuite avec des formes de 8 et 5 mm.</p> <p>L'étape suivante consiste à exposer les textures, en commençant par la plus facile, ou la plus grande, et en testant toujours la main non blessée avant la main blessée. La main non blessée est d'abord exposée pour s'assurer que le patient comprend le but du test. Chaque objet n'est exposé qu'une seule fois. Les trois réponses à chaque degré de difficulté de chaque test (forme ou texture) doivent être correctes pour que le patient obtienne une note de 1 point et puisse passer au degré de difficulté suivant. Le score maximum est de 6 points, les scores possibles allant de 0 à 6 points, 0 à 3 points pour l'identification de la forme et 0 à 3 points pour l'identification de la texture. Le patient est informé de la note après avoir terminé le test.</p>	

Moberg pick-up test (Moberg, 1958) et le pick-up test modifié (Dellon and Kallman (83))		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
<p>La première partie du test évalue la fonction de préhension et donc les récepteurs à adaptation lente pour le maintien de la prise.</p> <p>La deuxième partie du test consiste en une reconnaissance des objets. Elle fait appel aux capacités de manipulation et d'exploration sensorielle, donc aux récepteurs à adaptation rapide.</p>	<p>Lors de ce test, le patient doit ramasser 12 petits objets usuels et les mettre dans une boîte. Les objets comprennent un écrou à ailettes, une vis, une clé, un clou, une pièce de 5 cents de dollar canadien, une pièce de 25 cents de dollar canadien, une rondelle, une épingle à nourrice, un trombone, deux écrous hexagonaux de grande et moyenne taille et un petit écrou carré (Figure 12). Ce test est réalisé en deux phases : (1) avec les yeux ouverts, et (2) avec les yeux fermés.</p>  <p>Figure 12 - Le Moberg pick-up test</p> <p>Lors de la première phase, ce test évalue la fonction de préhension. Les patients sont placés sur la plate-forme du même côté que la main à tester, tandis que le contenant est placé du côté opposé. Les patients reçoivent pour instruction de commencer à prendre les objets un par un et de les placer dans un contenant aussi vite que possible. La performance est chronométrée à l'aide d'un chronomètre. Le nombre d'objets ramassés en 30 secondes est comptabilisé. Les pulpes sensibles sont couvertes avec du sparadrap.</p> <p>La deuxième partie du test consiste en une reconnaissance des objets. Chaque partie du test est répétée trois fois pour obtenir une moyenne. Les instructions pour réaliser les deux phases du test sont identiques, à l'exception de deux ajouts à la deuxième phase : tout d'abord, les patients doivent tenir le récipient avec la main opposée parce qu'ils ont les yeux fermés. Deuxièmement, lorsque seuls deux ou trois objets sont laissés sur la plate-forme, ils sont informés du nombre d'objets restants. Cela permet d'éviter la tendance à compter les objets pendant l'exécution de la tâche et donc de se laisser distraire. Le thérapeute place un des 12 objets dans la main du patient, celui-ci doit, sans le contrôle de la vue trouver quel est l'objet. Normalement, l'identification se fait en une à trois secondes. Un maximum de 30 secondes est autorisé pour identifier l'objet, qui est présenté deux fois.</p>	<p>Le Moberg pick-up test a une bonne fiabilité et validité dans le suivi des patients après réparation du nerf médian.(78)</p> <p>Lors de l'étude menée par Jerosch-Herold(72), le Moberg pick-up test montre une bonne sensibilité au changement (ES = 0,8 ; MRS 1,3) lors d'évaluations post-opératoires du nerf médian ou médio-ulnaire de 6 à 18 mois.(72)</p>

Manual Tactile Test (MTT)		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
<p>Il fait appel aux capacités de manipulation et d'exploration sensorielle, donc aux récepteurs à adaptation rapide.</p>	<p>Le MTT est une évaluation des capacités à discriminer les caractéristiques du poids (barognosie), de la rugosité et de la forme (stéréognosie) d'objets par une exploration active de la main. Le temps nécessaire à discriminer les caractéristiques des objets et la précision du jugement sont enregistrés.(84)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Figure 13 - (B) Représentation schématique du test MTT = test tactile manuel.</p> <p>Avant de commencer le test, les patients s'assoient à droite, les mains appuyées sur la table. Il leur est demandé d'utiliser les trois premiers doigts d'une main pour saisir successivement les objets pour toutes les procédures du test (Figure 13).</p> <p>Pour chacun des tests, la main dominante est testée en premier. Les mêmes procédures sont ensuite exécutées par la main non dominante. Les procédures de test sont répétées 3 fois pour chaque main, avec un intervalle de repos d'une minute entre les essais. Le temps moyen nécessaire pour effectuer chaque test est calculé pour le score final de ce test. Le patient est informé qu'il doit effectuer le test aussi vite que possible. Avant la collecte officielle des données, le patient a le droit à trois essais pratiques pour s'assurer qu'il a bien compris le test.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><u>Le MTT est composé de 3 tests :</u></p> <p>- Test de la barognosie : trois objets en plastique de forme (cylindrique) et de taille (diamètre à 5,4 cm ; hauteur à 10 cm) identiques sont utilisés. Ces trois cylindres sont de poids différents (150g, 225g, 300g). Ils sont placés en ligne dans un ordre aléatoire devant le patient. Le patient reçoit pour instruction d'utiliser la main droite pour ramasser les 3 cylindres successivement en commençant par celui situé sur le côté droit (côté gauche pour la main gauche) et de le remettre au même endroit. Une fois que le patient a fini de tester les trois cylindres avec une main, il doit indiquer le plus lourd. Ensuite, les mêmes procédures sont exécutées pour la main gauche. Le temps nécessaire entre la saisie du premier cylindre et la désignation du plus lourd est enregistré. .../...</p>	<p>Le MTT fournit une approche pratique pour détecter les déficits et améliorer la perception du poids, de la rugosité et de la stéréognosie chez les patients souffrant de lésions nerveuses.(85)</p> <p>Les sous-tests du MTT sont tous des outils valides pour détecter la gnose tactile chez les patients souffrant de lésions nerveuses.(85)</p> <p>Il peut être utilisé en complément du test SWM afin d'aider les cliniciens à suivre la progression de la sensibilité de la main de manière exhaustive pendant la période de régénération.(85)</p> <p>Ce test présente une bonne fiabilité test-retest.(86)</p> <p>Le temps de passation et la cotation en cas d'erreur ne sont pas décrits dans la littérature.</p> <p>La sensibilité au changement n'a pas été évaluée pour ce test.</p>

Manual Tactile Test (MTT)		
<u>Rappel physiologique</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
	<p>- Test de différenciation de la rugosité : des cubes en plastique (largeur à 2,5 cm) avec des revêtements de trois niveaux de rugosité différents sont utilisés pour évaluer la perception de la rugosité. Des cubes d'une surface lisse, d'une surface légèrement rugueuse (surface plastique sculptée de 1 x 1mm²) et d'une surface plus rugueuse (surface plastique sculptée de 2 x 2mm²) sont utilisés. Pour chaque degré de rugosité, 6 cubes sont utilisés, pour un total de 18 cubes. Pendant le test, un rideau est placé devant le patient pour neutraliser la vision. Deux boîtes de 25x15x4cm sont placées devant le rideau afin que le patient ne puisse pas voir les cubes à l'intérieur de la boîte de droite (boîte de gauche pour la main gauche). Dix-huit cubes sont placés au hasard à l'intérieur de la boîte. Ensuite, le patient doit ramasser n'importe quel cube et sentir sa texture. Si le patient sent le plus rugueux, on lui demande de le placer devant la boîte de droite (boîte de gauche pour la main gauche). Sinon, ce cube doit être placé à l'intérieur de la boîte vide de gauche (boîte vide de droite pour la main gauche). Ensuite, le patient continue à prendre le cube suivant et à suivre la même règle pour le placer. Le test est terminé lorsque le dernier cube est correctement placé. Le temps nécessaire entre le ramassage du premier cube et le placement final du dernier cube est enregistré.</p> <p>- Test de stéréognosie : trois objets de formes différentes (cubes, ellipsoïdes, sphéroïdes) en plastique sont utilisés pour évaluer la perception des formes. Tous ces objets sont identiques par leur poids et leur rugosité. Il y a 6 objets pour chaque forme et un total de 18 objets sont utilisés pour ce test. Les procédures et la notation de ce test sont similaires à celles du test de différenciation de la rugosité. Dix-huit objets sont placés au hasard à l'intérieur de la boîte. Ensuite, le patient doit prendre n'importe quel objet et sentir sa forme. Si le patient sent que la forme est sphérique, on lui demande de la placer devant la boîte de droite (boîte de gauche pour la main gauche). Sinon, l'objet doit être placé à l'intérieur de la boîte vide de gauche (boîte vide de droite pour la main gauche). Ensuite, le patient continue à prendre l'objet suivant au hasard et suit la même règle pour placer l'objet. Le test est terminé lorsque le dernier objet est correctement placé.</p>	



E. ASSOCIATION DE TESTS DE SENSIBILITÉ**Échelle S0 - S4 du British Medical Research Council (MRC)**

Une mesure objective de la sensibilité est couramment utilisée dans la classification de la récupération sensitive : l'échelle MRC. Elle correspond à la synthèse de l'évaluation qualitative thermoalgique et vibrotactile en classant la zone cutanée déficitaire en cinq stades de S0 (anesthésie) à S4 (sensibilité normale) selon la cotation internationale de la sensibilité (Tableau II). Cette échelle est basée sur les travaux de Highet and Holmes (1943) et Zachary et Holmes (1946). Elle a ensuite été modifiée par plusieurs auteurs qui ont inclus les grades de Seddon dans les résultats et les tests S2PD et M2PD. Le bilan sensitif débute en distal et remonte le long du membre afin de délimiter les différentes zones réinnervées.

Tableau II - Cotation internationale de la sensibilité d'après Zachary, modifié par Dellon (67)

Cotation	Observation
S0	Anesthésie
S1	Sensibilité de protection présente mais absence de sensibilité vibrotactile
S2	Sensibilité vibrotactile pauvre, seuil de perception à la pression ≤ 100 g
S2+	Présence éventuelle de dysesthésies
S3	Sensibilité vibrotactile passable, discrimination de deux points (mobiles ou statiques) ≤ 30 mm
S3+	Sensibilité vibrotactile correcte, discrimination de deux points (mobiles ou statiques) ≤ 15 mm
S4	Sensibilité vibrotactile normale, discrimination de deux points (mobiles ou statiques) ≤ 6 mm

Note: la distinction entre S3 et S3+ ne s'applique qu'à la pulpe des doigts.

Les études utilisant l'échelle MRC classent en général la récupération sensitive comme satisfaisante de S3+ à S4 et insatisfaisante de S0 à S3. S3+ correspond à de bons résultats et S4 à de très bons résultats et atteste d'une récupération complète.(53)

Avantages et limites :

La cotation MRC de la sensibilité a fait l'objet de nombreuses critiques.(3,45) En effet, il est difficile de classer un patient selon une échelle basée sur des résultats subjectifs.

F. TEST ÉVALUANT LA REPOUSSE NERVEUSE : LE SIGNE DE TINEL**Le signe de Tinel**

La recherche du signe de Tinel s'effectue à l'aide de percussions douces effectuées par les doigts de l'examineur de distal en proximal, le long du trajet du nerf lésé à la recherche de l'apparition de sensations de fourmillement ou sensations électriques douloureuses. Cette sensation est irradiée vers la périphérie, non douloureuse et disparaît une fois la percussion arrêtée.

Il est impératif de distinguer : « la douleur d'irritation névritique » présente en regard du site lésionnel et qui est l'expression somesthésique de l'interruption des fibres nerveuses et le « signe du fourmillement » révélant la repousse axonale en aval du site de la lésion.

Le signe de Tinel se déplace ainsi distalement à environ 3cm/mois, indiquant l'avancement du cône de croissance axonale avec, en parallèle, une douleur irritative au site lésionnel qui diminue. Il est attribué à la sensibilité mécanique anormale et à la décharge afférente des bourgeons nerveux en régénération. Il est possible de suivre l'évolution de la régénération par la répétition périodique du test avec suivi de la localisation du site de déclenchement du signe de Tinel.(3)

L'exploration de la conduction à l'ENMG de ces bourgeons immatures est extrêmement difficile dans les premiers mois du fait de leur faible excitabilité, de leur petit nombre et de leur faible vitesse de conduction. Si bien que le signe de Tinel est le seul signe qui permette, par sa progression en direction de la périphérie, de suivre la repousse axonale pendant une longue durée. Il n'existe pas à l'heure actuelle d'étude critique sur le signe de Tinel après réparation nerveuse.

2.1.1.2 Tests moteurs

A. EXAMEN CLINIQUE

Lors de l'examen clinique, la recherche d'une **amyotrophie** et d'une **déformation** permet d'obtenir des informations sur la récupération motrice.

Une **évaluation de la trophicité des muscles** de l'éminence hypothénar, de l'éminence thénar, des espaces interosseux et de l'avant-bras est réalisée. Les déformations en griffe sont également recherchées.

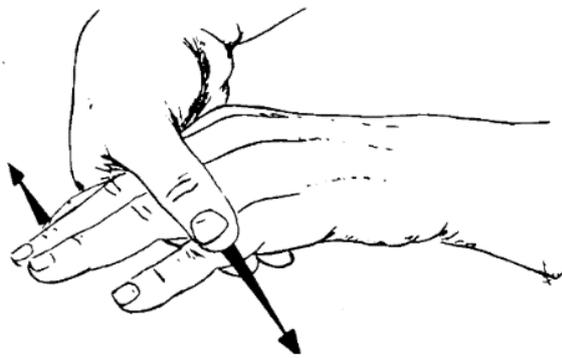


Figure 14 - Manœuvre de Bouvier

La Manœuvre de Bouvier (Figure 14)

Elle consiste en la mise en flexion passive des articulations métacarpo-phalangiennes pour contrer l'hyperextension de cette articulation présente sur les deux derniers doigts d'une main en griffe ulnaire. La griffe est réductible lorsqu'en réduisant passivement l'hyperextension métacarpo-phalangienne, les articulations interphalangiennes proximales et distales se placent en extension. La griffe est fixée lorsque les articulations interphalangiennes restent en flexion malgré la flexion métacarpo-phalangienne.(40)



Figure 15 - Signe de Froment

Le signe de Froment (Figure 15)

Le signe de Froment indique l'atteinte du nerf ulnaire et plus spécialement de l'innervation de muscle adducteur du pouce. Il se manifeste par une difficulté à maintenir une feuille de papier entre le pouce et l'index avec le 1^{er} interosseux et la compensation par le long fléchisseur du pouce.



Figure 16 - Signe de Wartenberg

Le signe de Wartenberg (Figure 16)

Le signe de Wartenberg est l'écartement permanent de l'auriculaire. Il est lié à l'action de l'abducteur associée à une paralysie interosseuse.

B. TESTING MUSCULAIRE MRC**Le testing MRC (Medical Research Council)**

Pour examiner de façon **quantitative** la fonction motrice, un test manuel de la force musculaire est effectué en utilisant une évaluation de la force musculaire MRC (grades 0 à 5) (Tableau III).

Pour évaluer le nerf médian, on s'intéressera à l'opposant du pouce (Figure 17), au court abducteur du pouce, aux 1^{er} et 2^{ème} lombricaux, au faisceau superficiel du court fléchisseur du pouce, au fléchisseur profond des doigts (D2D3), au long fléchisseur du pouce et au fléchisseur superficiel des doigts, au fléchisseur radial du carpe, au long palmaire, aux carré et rond pronateurs.



Figure 17 - Opposition du pouce

Pour évaluer le nerf ulnaire, on s'intéressera à l'opposant du 5^{ème} doigt, à l'abducteur du 5^{ème} doigt, aux interosseux dorsaux et palmaires, aux 3^{ème} et 4^{ème} lombricaux, au fléchisseur ulnaire du carpe, au fléchisseur profond des doigts (D4D5), au court palmaire et à quelques muscles de l'éminence thénar (adducteur du pouce et faisceau profond du court fléchisseur du pouce).

Tableau III – Testing musculaire MRC

0	Pas de contraction musculaire
1	Contraction sans mouvement (perceptible à l'œil et palpable sans effet moteur)
2	Contraction entraînant un mouvement (mouvement complet sans pesanteur)
3	Contraction avec mouvement contre la pesanteur (mouvement complet)
4	Contraction avec un mouvement complet et résistance modérée
5	Contraction avec un mouvement et une force normale (contre résistance maximale de l'examineur)

.../...

Les études utilisant l'échelle MRC classent en général la récupération motrice comme satisfaisante de M4 à M5 et insatisfaisante de M0 à M3. M4 correspond à de bons résultats et M5 à de très bons résultats.(53)

Avantages et limites :

Le testing musculaire MRC présente les mêmes inconvénients que la cotation MRC de la sensibilité à savoir la subjectivité des résultats. Le test manuel de la force musculaire reste une technique très utile et précieuse pour l'évaluation des troubles neuromusculaires.

Il a été montré que des testeurs expérimentés utilisant un protocole standardisé peuvent évaluer de manière fiable les forces de certains groupes musculaires intrinsèques de la main à l'aide de l'échelle MRC.(84)

Sa sensibilité au changement n'a pas été évaluée.

C. TESTING SPECIFIQUE DE LEVAME

Le testing de Levame (29)

Pour évaluer la force musculaire des muscles intrinsèques de la main, le testing de Levame peut être utilisé. La spécificité de ce test est de ne pas tenir compte ni de la pesanteur, ni de l'amplitude articulaire.

La cotation de Levame (échelle de 0 à 4)

0 : Force nulle

1 : Force minime soit contraction musculaire visible ou palpable

2 : Force médiocre soit mouvement possible sans résistance

3 : Force passable soit mouvement possible avec faible résistance

4 : Force normale comparative au côté sain

Avantages et limites :

Il pourrait être intéressant de l'utiliser dans l'évaluation des muscles intrinsèques de la main. Néanmoins, il n'existe pas d'étude dans la littérature prouvant sa validité, sa fiabilité et sa sensibilité au changement.

D. TESTS DE LA FORCE DE PREHENSION

Le dynamomètre de Jamar

La force de préhension globale est mesurée à l'aide d'un dynamomètre de Jamar selon Mathiowetz et al. (Figure 18).(87,88)
Les résultats de la main non lésée sont considérés comme normaux.
La latéralité doit être prise en compte dans l'interprétation des résultats. En effet, il a été démontré que la main dominante est 10 à 15 % plus forte que la main non dominante.(89)

Le patient devra serrer le plus fort possible (pas plus de 10 secondes) 3 fois de chaque côté en alternant droite et gauche ou en attendant 1 minute entre chaque essai. Il est possible de mesurer en pounds ou en kilo mais les tableaux de normes de Mathiowetz (1986) sont en pounds. La moyenne des 3 résultats de chaque côté donne le résultat final. Le temps de passation est de 5 minutes.



Figure 18 – Dynamomètre de Jamar

Le Pinch test

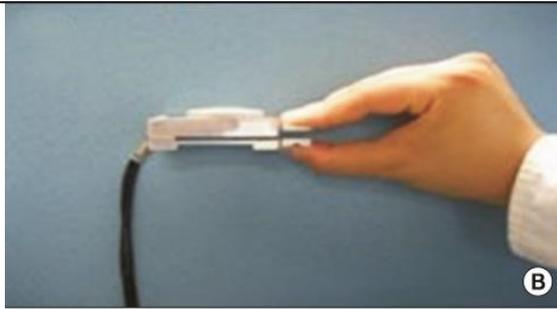


Figure 19 - Palmar pinch

Pour la préhension palmaire appelée pulpo-pulpaire ou sub-termino-terminale ou palmar pinch, la jauge qui évalue la force de pincement est saisie entre les pulpes du pouce et de l'index. Le test est effectué avec l'avant-bras en pronation. Il permet de mesurer la force de pincement de manière très précise (Figure 19).(87)

Pour la préhension par opposition terminale ou tip-pinch, la jauge qui évalue la force de pincement est saisie entre l'extrémité distale de l'index et du pouce. Le test peut être utilisé comme paramètre pour indiquer la force directe des deux doigts (Figure 20).



Figure 20 - Tip pinch

Pour la préhension latérale appelée sub-termino-latérale ou pulpo-latérale ou key pinch, la jauge qui évalue la force de pincement est placée entre la pulpe du pouce et le bord radial de la phalange de l'index. Elle correspond à une prise stable et puissante (Figure 21).



Figure 21 - Lateral pinch

Comme pour le dynamomètre de Jamar, la latéralité doit être prise en compte pour l'interprétation des résultats. Le patient doit serrer le plus fort possible 3 fois de chaque côté en alternant droite et gauche ou en attendant 1 minute entre chaque essai. La moyenne des 3 résultats de chaque côté donne le résultat final. Le temps de passation est de 5 minutes.

Avantages et limites des tests de la force de préhension :

Le dynamomètre de Jamar présente une meilleure sensibilité que le testing musculaire. Sa fiabilité est fortement liée à la standardisation des conditions de mesure. Comme le pinch test c'est une méthode sensible, adéquate, rapide, objective, simple et fiable.(90)

Toutefois, ces outils de mesure n'ont pas été testés pour leur validité et leur sensibilité au changement dans les suites d'une réparation nerveuse. En utilisation clinique, les mesures ont fourni des données importantes montrant que les dynamomètres de force de préhension et de pincement utilisés de manière conventionnelle ne reflètent pas correctement la récupération des muscles intrinsèques. En effet, ils fournissent des informations sur le fonctionnement combiné de tous les muscles intrinsèques et extrinsèques de la main. L'amélioration de la force de préhension n'est parfois que le reflet d'un renforcement compensatoire des extrinsèques.

Le dynamomètre de Rotterdam Intrinsic Hand Myometer (RIHM)		
<u>Rappel physiologique :</u>	<u>Principe :</u>	<u>Avantages et limites :</u>
<p>Le dynamomètre de RIHM est un outil permettant de quantifier la force des muscles intrinsèques de la main. Il peut mesurer la force en abduction et en adduction de l'auriculaire et de l'index ainsi que l'opposition, l'abduction du pouce (antéposition), l'adduction et la flexion de l'articulation métacarpo-phalangienne (MCP) du pouce. Le dynamomètre de RIHM permet donc de mesurer les muscles intrinsèques innervés par les nerfs médians et ulnaires. (91)</p>	<p>Il consiste à mesurer les forces en tirant sur une bande de cuir placée sur le doigt. L'examineur tire avec une force croissante tout en encourageant verbalement le patient à maintenir le doigt ou le pouce en place (Figure 22). La force est augmentée de telle sorte qu'après environ 1 seconde, le patient ne sera plus capable de maintenir la position. Le RIHM enregistre la force maximale. Les endroits où la force est appliquée sont similaires aux points de référence anatomiques du testing musculaire décrits par Brandsma et al.(84)</p>  <p>Figure 22 – RIHM mesurant l'abduction du pouce.</p> <p>Les forces maximales peuvent être lues sur un écran numérique situé sur l'appareil. Les mesures sont répétées 3 fois. La moyenne des 3 tests est enregistrée.</p>	<p>La connaissance de la force spécifique des muscles intrinsèques fournit des informations importantes pour le suivi après réparation des nerfs ulnaires et/ou médians. Le dynamomètre de RIHM fournit des résultats plus quantitatifs que le testing musculaire, en particulier dans la gamme des grades 4 et 5 du MRC.</p> <p>La fiabilité des mesures effectuées avec le dynamomètre de RIHM est comparable à celle des mesures du dynamomètre de Jamar et Pinch test.(92)</p> <p>Les mesures effectuées avec le dynamomètre de RIHM peuvent être un complément aux instruments existants pour l'évaluation de la fonction nerveuse de la main. (91)</p> <p>Il n'existe pas d'étude établissant des valeurs de référence dans une large population. Sa validité et sa sensibilité dans le temps n'ont pas été étudiées.</p>

2.1.1.3 Tests fonctionnels

Les lésions nerveuses peuvent avoir un **impact négatif sur la qualité de vie** des patients. En complément des tests analytiques sensitifs et moteurs, une évaluation fonctionnelle est nécessaire pour apprécier le retentissement de l'atteinte et des déficiences ainsi que l'impact des éventuelles compensations et/ou troubles de la commande. La plupart des questionnaires et outils d'évaluation fonctionnelle présentés ci-après, n'ont pas été testés pour leur sensibilité au changement dans les suites d'une réparation nerveuse.

❖ Questionnaires et auto-questionnaires :

▫ Questionnaires sur l'intolérance au froid

L'intolérance au froid décrite comme "une réaction exagérée ou anormale à l'exposition au froid, provoquant un malaise ou l'évitement du froid", est une plainte courante après une section nerveuse. L'exposition au froid peut provoquer divers symptômes, tels que des douleurs, des courbatures, des engourdissements, une faiblesse, une raideur et un changement de couleur de la peau, mais les variations individuelles limitent la définition basée sur les symptômes.

L'incidence de l'intolérance au froid est d'environ 83 % après lésions nerveuses.(93) Cette sensibilité au froid post-traumatique se développe dans les 3 premiers mois et s'améliore généralement dans les deux premières années.(94) Elle peut avoir un effet important sur la qualité de vie liée à la santé ainsi que sur les capacités des membres supérieurs.

Échelle CSS (Cold Sensitivity Severity)

L'intolérance au froid peut être mesurée à l'aide de l'échelle CSS (49). Cette échelle se compose de quatre questions traitant des situations à domicile susceptibles de provoquer des symptômes liés au froid : "Dans quelle mesure le froid dérange-t-il votre main blessée..." avec un score allant de 0 (= pas du tout) à 10 (= extrême). Le score total varie de 0 à 40 (**Annexe 6**).

Avantages et limites :

C'est un auto-questionnaire spécifique, rapide, fiable et valide dans l'évaluation de la sensibilité au froid après lésions nerveuses de la main et de l'avant-bras.(49) Il n'existe pas d'étude validant ce questionnaire en français.

Questionnaire CISS (Cold Intolerance Symptom Severity)

Le questionnaire CISS est également utilisé pour évaluer la gravité de l'intolérance au froid à la suite de lésions des nerfs périphériques.(93) Il se compose de six questions impliquant la survenue de douleur, d'engourdissement, de raideur, de faiblesse, d'enflure et de changement de couleur de la peau en blanc ou en bleu, avec une partie évaluant l'impact de l'intolérance au froid dans les activités de la vie quotidienne. Les scores bas reflètent une meilleure tolérance (**Annexe 7**).

Avantages et limites :

L'auto-questionnaire CISS prend environ 5 minutes. Il est spécifique, fiable et valide dans l'évaluation de la sensibilité au froid après blessures nerveuses de la main et de l'avant-bras.(49) Il n'existe pas d'étude validant ce questionnaire en français.

Questionnaire Potential Work Exposure Scale (PWES)

Le PWES correspond à un auto-questionnaire spécifique comprenant des questions sur l'exposition des mains au froid sur le lieu de travail (**Annexe 8**). Il comprend trois situations liées au travail dans des environnements froids (manipulation d'objets proches du gel ou en dessous, durée du travail dans des environnements froids et exécution de travaux qui ne peuvent être effectués avec des gants ou des moufles). Les réponses possibles sont : jamais, rarement, occasionnellement, habituellement et tout le temps. Des notes totales entre 0 et 300 sont données pour les trois situations. Le PWES peut, en association avec l'échelle CSS, être prédictif de la probabilité que le travailleur retrouve son emploi antérieur à la blessure.(95)

Avantages et limites :

Il est fiable et valide dans le suivi des patients atteints de lésions nerveuses.(95) Il n'existe pas d'étude validant ce questionnaire en français.

▫ Questionnaires sur la fonction

Le MHQ (Michigan Hand outcome Questionnaire)

Le MHQ évalue en 6 onglets l'atteinte fonctionnelle des pathologies de la main et des doigts. Plus spécifiquement, le MHQ mesure la fonction globale de la main, l'accomplissement des activités de vie quotidienne, la douleur, la performance au travail, l'esthétique, et finalement le sentiment de satisfaction qu'évoque le niveau de fonction de la main du patient.

Les formulaires MHQ et bMHQ permettent une évaluation intégrale de la morbidité des pathologies de la main. Le MHQ comporte 37 questions et nécessite approximativement 15 minutes pour être complété. Un score élevé reflète généralement un bon niveau fonctionnel de la main, à l'exception de l'évaluation de la douleur, où un score élevé indique plutôt un niveau de douleur élevé. Le score total se trouve sur une échelle de 0 à 100 et peut être calculé pour une ou deux mains.(78) La main droite et la main gauche peuvent être évaluées individuellement.(96)

Avantages et limites :

Il est facile à utiliser et bien accepté par les patients. Il n'est pas validé pour les lésions neurologiques hormis pour le syndrome du canal carpien.(97,98) Ce questionnaire est validé en français.(99) Le MHQ est un instrument intéressant pour l'évaluation des résultats après une opération de la main. (100) la version originale du MHQ est un formulaire long à remplir et à comptabiliser, une version abrégée intitulée le brief Michigan Hand Questionnaire (bMHQ) a été créée et démontre une fiabilité et une validité élevées (**Annexe 9**).

PRWHE (Patient Rate Wrist/Hand Evaluation)

Cet auto-questionnaire permet l'évaluation des poignets et des mains par les patients. Il est initialement décrit par MacDermid.(101) Il est constitué de 15 items conçus avec deux sous-échelles (5 items pour la douleur et 10 items pour les tâches fonctionnelles spécifiques, la capacité habituelle en matière de soins personnels, de travail, de ménage et de loisirs) et un sous-item esthétique complémentaire noté séparément (**Annexe 10**).(102)

Avantages et limites :

C'est un questionnaire facile à employer avec peu d'items. Il peut être rempli en 5 minutes. Il a de bonnes propriétés psychométriques en ce qui concerne la fiabilité et la validité. La cohérence interne n'est pas connue. La sensibilité au changement semble bonne mais demande à être confirmée dans de nouvelles études.(103) Il existe une version française qui a été validée dans plusieurs pathologies dont les réparations nerveuses.(102)

DASH (Disabilities of the Arm Shoulder and Hand)

Le DASH (**Annexe 11**) concerne spécifiquement la capacité fonctionnelle physique globale des deux membres supérieurs.(104)

Cet auto-questionnaire spécifique comprend 30 questions éléments. Parmi les 30 questions, 21 évaluent la difficulté à réaliser des activités précises de la vie quotidienne. Parmi ces 21 activités, huit sont bimanuelles, cinq font intervenir uniquement la main dominante, et huit sont aussi bien réalisées par la main dominante que la main non dominante. Pour les neuf autres questions, trois concernent les relations sociales, et six concernent des symptômes particuliers : la douleur (trois questions), la force (une question), la mobilité (une question) et le sommeil (une question). En plus de ces 30 questions, il existe deux modules optionnels de quatre questions chacun, un sur le sport et la musique, un sur la capacité au travail. Pour chaque question, le patient doit choisir une seule valeur entre 1 et 5 qui correspond à une incapacité croissante d'accomplir certaines activités au cours des sept derniers jours. Si le patient n'a pas eu l'occasion de pratiquer certaines de ces activités au cours des sept derniers jours, il doit entourer la réponse qui lui semble la plus exacte s'il avait dû effectuer cette tâche. Le score va de 0 (pas d'incapacité) à 100 (invalidité la plus grave). Le temps moyen de remplissage est de 13 min.(105)

Le QuickDASH est une version abrégée de la mesure de résultats DASH. Au lieu de 30 items, le QuickDASH utilise 11 items pour mesurer la fonction physique et les symptômes chez les personnes souffrant d'un ou de plusieurs troubles musculo-squelettiques du membre supérieur. Comme la mesure des résultats DASH, le QuickDASH comporte également deux modules optionnels destinés à mesurer les symptômes et les fonctions chez les sportifs, les artistes et autres travailleurs dont l'activité exige un haut degré de performance physique. Ces modèles optionnels sont notés séparément.

Avantages et limites :

Les deux outils sont valides, fiables et sensibles au changement et peuvent être utilisés à des fins cliniques et/ou de recherche.(106) Ces questionnaires ont été validés en français pour évaluer les pathologies de l'épaule (comme la tendinite, la fracture de la tête humérale, la capsulite rétractile, l'arthrose gléno-humérale, la luxation et la prothèse).(107) Les notions de handicap, d'état général, de répercussions sociales ou émotionnelles, de satisfaction des patients et d'intensité de la douleur ne sont pas traitées par le DASH

Il n'existe actuellement pas d'étude validant son utilisation dans le cadre du suivi de réparations nerveuses tronculaires distales. Pour le moment, il n'existe qu'une étude allemande qui l'a utilisé dans l'évaluation de l'impact sur les activités de la vie quotidienne pour décrire le succès des réparations nerveuses des nerfs ulnaires et médians.(2)

Le SF-36 (Short Form-36)

Le SF-36 est un auto-questionnaire générique (**Annexe 12**). Il donne un indice général de la santé et de la qualité de vie fournissant un profil de santé à huit échelles et des mesures résumées de la qualité de vie liée à la santé. Le SF-12 est présenté comme une version plus courte.

Avantages et limites :

Bien que les SF-36 et SF-12 donnent des informations sur l'état de santé général d'un patient, ces mesures peuvent ne pas être sensibles aux changements associés à un trouble spécifique des membres supérieurs comme la lésion d'un nerf spécifique et la réinnervation dans les suites.(47) Le SF-36 est validé dans plusieurs langues, dont le français.

❖ Tests cliniques : tests de la dextérité manuelle et de la vie quotidienne

La dextérité est définie comme "des mouvements fins et volontaires utilisés pour manipuler de petits objets au cours d'une tâche spécifique" et fait généralement partie intégrante de l'évaluation globale de la main.(108)

La dextérité est une compétence fondamentale dans l'exécution des activités de la vie quotidienne et des tâches professionnelles. Il est possible de distinguer deux types de dextérité manuelle.

La *dextérité globale* qui implique les doigts et la main mais aussi le reste du bras, le tronc et le membre supérieur controlatéral. C'est cette dextérité globale qui va permettre d'attraper et de déplacer des objets ou d'utiliser des outils simples.

Il faut la distinguer de la *dextérité fine* qui se définit par la capacité de la main et des doigts à effectuer des tâches de précision, manipuler finement de petits objets, mettant en jeu des mouvements d'opposition et des forces exercées par les doigts de manière indépendante.(109) Elle fait appel aux différentes préhensions fines possibles avec la main. Elle dépend à la fois de la motricité, de la sensibilité et du contrôle moteur.

Les tests de dextérité sont des mesures fonctionnelles utiles qui reflètent les composantes de la fonction nerveuse, de la fonction musculaire et de la dynamique articulaire et de la qualité de la commande. Les tests de dextérité présentent un intérêt particulier dans l'évaluation de la main car ils sont conceptuellement liés à la capacité complexe de la main à manipuler des objets et donc à effectuer de nombreuses activités de la vie quotidienne.

Divers tests ont été développés, chacun ayant ses avantages et ses limites. Il n'existe actuellement aucun test idéal qui regroupe toutes les propriétés psychométriques. Les tests suivants correspondent aux tests retrouvés dans la littérature et utilisés dans l'évaluation de la récupération fonctionnelle après suture nerveuse au niveau du poignet et/ou de l'avant-bras.(110,111)

Bilan 400 points

Le bilan 400 points (115–117) est une évaluation de la capacité fonctionnelle de la main. Il permet d'observer l'utilisation de la main lésée dans 57 situations de la vie quotidienne. Ce bilan est composé de 4 épreuves, chacune notée sur 100 points (**Annexe 14**) :

- La *première épreuve* concerne la mobilité de la main et consiste à tester simultanément les deux côtés du patient au moyen de 14 mouvements globaux dont on note la qualité d'exécution ;
- La *deuxième épreuve* est la mesure de la force de préhension, au moyen de deux instruments de mesure selon la dernière version. (118) Elle est faite successivement du côté sain, puis du côté lésé ;
- La *troisième épreuve* teste la capacité du patient à prendre 20 objets de taille, poids et forme différents, posés sur un plan de référence dans un ordre précis et à les transporter sur un plan situé en hauteur (Figure 24). L'épreuve est chronométrée du côté sain, puis du côté lésé ;
- La *quatrième épreuve* teste la fonction bimanuelle du patient, au moyen de 20 tâches de la vie quotidienne, tout en vérifiant le respect de la dominance. Cette épreuve est faite au rythme du patient, sans chronométrage et sans consigne particulière.

Ce test est très complet et se réalise en 45 minutes environ la première fois et plus rapidement ensuite.

Pour chaque épreuve, il y a une cotation avec des éléments de pondération, un mode d'emploi et un mode de calcul. La cotation mesure la qualité d'exécution du geste de 0 à 3. Elle est multipliée par un coefficient pour obtenir une note qui est ensuite traduite en pourcentage. Ces pourcentages facilitent le suivi des progrès par le patient lui-même et peuvent se présenter sous forme graphique.(109)



Figure 24 - Outils utilisés dans le bilan 400 points

Avantages et limites :

La fiabilité du bilan 400 points nécessite des conditions de réalisation reproductibles, l'utilisation d'un même matériel et d'une installation identique. Son inconvénient est le temps de passation. Il est bien standardisé. Il englobe outre la dextérité, la force et la mobilité globale des doigts et de la main. La difficulté, comme avec la plupart des tests, se trouve dans l'interprétation des scores. Il est en effet difficile de savoir à partir de combien de pourcentage d'amélioration il existe une significativité et surtout si cette différence est cliniquement pertinente pour le patient. Seules des études à grande échelle avec des pathologies homogènes et en association avec d'autres outils de mesure (questionnaire) permettraient de répondre à cette question. Selon la dernière étude menée par Konzelmann et al., la dernière version du bilan 400 points présente une bonne fidélité et validité après une atteinte traumatique unilatérale de la main (fractures, lésions tendineuses, plaies, neuropathie traumatique périphérique, syndrome douloureux régional complexe).(118)

Jebsen-Taylor Hand Function Test (JTHFT)

Le JTHFT est une mesure standardisée, basée sur la performance en référence à la vie quotidienne. Il est constitué de 7 manipulations d'objets mesurant la motricité fine unilatérale, des tâches fonctionnelles avec charges lourdes et des tâches fonctionnelles sans charges lourdes (Figure 25) (119) :

- Écrire une courte phrase (24 lettres)
- Retourner des cartes à jouer
- Ramasser de petits objets communs
- Simuler l'alimentation en ramassant des haricots à la cuillère
- Empiler des pions de jeux de dames
- Ramasser de grosses boîtes de conserve légères
- Ramasser de grosses boîtes de conserve lourdes.



Figure 25 - Outils utilisés lors du JTHFT

Le test débute avec la main non dominante. Chaque item est noté selon le temps pris pour accomplir la tâche. Les scores des 7 items sont ensuite additionnés pour produire un score total. Jebsen et al.(119) ont établi des normes auprès d'un échantillon de 300 patients sains de différents groupes d'âge (20-29 ans, 30-39 ans, 40-49 ans, 50-59 ans, 60-94 ans). À l'exception de l'écriture, tous les items ont pris moins de 10 secondes pour être exécutés.

L'évaluation se concentre sur la vitesse de réalisation de l'épreuve et non sur la qualité de préhension.(113) Le JTHFT nécessite entre 15 et 45 minutes pour être effectué.

Avantages et limites :

Le JTHFT est un test fiable et valide des fonctions de la main pour la maladie de Parkinson, les patients souffrant d'hémiplégie et de lésions cérébrales traumatiques et de polyarthrite rhumatoïde.(120) Selon l'étude de Sears et Chung (121), le JTHFT serait un mauvais indicateur de l'amélioration des patients après une chirurgie de la main dans le cadre d'un canal carpien, d'une polyarthrite rhumatoïde, d'arthrose du pouce et de fracture distale du radius. Il existe une étude menée par Trevett (35) qui l'a utilisé pour décrire les résultats fonctionnels dans les suites d'une réparation du nerf ulnaire. Sa validité dans ce genre d'indication n'a toutefois pas été démontrée.(122) Il n'évalue pas la prise en crochet, la prise de force et la coordination bimanuelle, ni les activités situées au-dessus de la ligne des épaules. Ce test n'est pas validé en français.

❖ Scores globaux

Le score de Rosén

Rosén et Lundborg (71) ont proposé un score quantitatif permettant de prendre en compte : la sensibilité (réinnervation sensitive, gnose tactile et dextérité des doigts), la motricité (réinnervation motrice et force de préhension) et la douleur / inconfort (hyperesthésie et intolérance au froid). L'association de ces évaluations permet d'obtenir un score pour le nerf périphérique, allant de 0 à 3 (**Annexe 15**).

La récupération sensitive est analysée à l'aide des 5 monofilaments de Semmes-Weinstein, de la discrimination statique en deux points selon Moberg (50), du STI Test (48) et des trois tâches du test de Sollerman (112) (ramasser des pièces dans un sac à main, mettre des écrous sur des boulons et utiliser des boutons).

La récupération motrice est analysée à l'aide du classement de la force musculaire MRC (grades 0 à 5) et du dynamomètre Jamar comparant le coté atteint au côté sain.(87)

L'évaluation de la douleur et de l'inconfort contient deux questions qui résument l'estimation par un patient des problèmes causés par l'intolérance au froid et l'hypoesthésie.

Il s'agit d'un score visant à combiner les résultats fonctionnels à la suite d'une réparation nerveuse de manière visuelle et quantitative, développé essentiellement pour la réparation du nerf médian et du nerf ulnaire.

Avantages et limites :

Il n'y a pas de données de la littérature sur le temps de passation. Étant donné que ce score inclut plusieurs outils d'évaluation, on peut estimer que ce dernier soit long.

Le score de Rosén est un outil quantitatif fiable pour évaluer la réparation nerveuse.(26, 65) Il semble être la batterie de tests actuellement recommandée dans le suivi des récupérations nerveuses du nerf médian et/ou ulnaire. Toutefois, le niveau de preuve actuel affirmant sa validité est insuffisant.(78)

Rosén et Lundborg (71) ont montré que le résultat après la réparation nerveuse est influencé de manière significative par l'estimation de l'impact du patient sur ses activités de la vie quotidienne évalué par le DASH. En 2000, le score de Rosén est introduit comme un nouvel instrument modèle pour évaluer cette influence en plus d'une mesure fonctionnelle. Ce score est un instrument fiable pour la documentation des résultats à long terme après une lésion nerveuse. L'étude de Rosén et Lundborg (71) propose la combinaison du DASH et du score de Rosén. Cette combinaison permet d'estimer suffisamment l'opinion du patient sur l'impact de la lésion nerveuse sur ses activités de la vie quotidienne après la reconstruction nerveuse.(123) Néanmoins, ce score n'est pas validé en français.

La cotation de Chanson et Michon modifiée par Philippe Amend

Cette cotation (124) est basée sur le MRC pour évaluer la motricité et la sensibilité, mais introduit le degré de satisfaction du patient opéré (Tableau IV).

Tableau IV : Cotation de Chanson et Michon modifiée par Ph. Amend (124)

M : Récupération motrice	S : Récupération sensitive	G : Avis du malade et existence de douleur
M4 : Contraction normale	S4 : Weber < ou = 5 cm	G4 : Aucune gêne ni douleur
M3 : Contraction contre résistance	S3 : Weber < ou = 10 cm	G3 : Gêne discrète compatible avec une activité normale
M2 : Contraction contre pesanteur	S2 : Weber < ou = 20 cm	G2 : Gêne limitant les activités sans problèmes sérieux
M1 : contraction visible sans pesanteur	S1 : Weber > ou sensibilité de protection	G1 : Gêne ou douleur permanente rendant l'utilisation de la main difficile
M0 : Absence de contraction	M0 : anesthésie non protectrice ou dysesthésie	G0 : Main inutilisable

Cette cotation permet de classer les résultats « d'utile à mauvais » en intégrant l'évaluation fonctionnelle (Tableau V).

Tableau V - Résultats selon l'évaluation de la cotation

Résultats	Evaluation	G	M	S		
Utile	Excellent	4	4	4		
	Très bon	4	3	3		
	Bon	3	2	2		
Juste	Juste	< 3	2	2 et > 2	1	1
Mauvais	Pauvre	< 2	1	1 et > 1	0	0
	Inutile	< 1	0	0		

Avantages et limites :

Cette cotation a l'avantage d'être quantitative et d'intégrer la part fonctionnelle aux résultats. Néanmoins, il n'existe pas d'étude évaluant la validité, la fiabilité et la sensibilité au changement dans le suivi des réparations nerveuses.

2.1.2 TEST PARACLINIQUE : L'ÉLECTRONEUROMYOGRAMME (ENMG)

2.1.2.1 Rappel sur les paramètres électrophysiologiques

L'ENMG comprend 2 parties : la stimulodétection et la détection à l'aiguille.

Il convient de noter que les fibres nerveuses non myélinisées et les petites fibres myélinisées, qui constituent la majorité des éléments nerveux ne peuvent pas être testées directement à l'aide des techniques électrophysiologiques actuelles. Les rappels concernant les techniques de stimulodétection et de détection à l'aiguille figurent dans l'**Annexe 16**.

2.1.2.2 Évolution des paramètres à l'ENMG

A. SIGNES DE DENERVATION A L'ENMG

Après interruption de la continuité des axones, ceux-ci commencent à dégénérer presque immédiatement. Certains signes électrophysiologiques sont présents d'emblée, témoignant du manque de fibres nerveuses fonctionnelles :

- Réduction ou abolition des réponses motrices du nerf par stimulation proximale au site lésionnel ;
- Appauvrissement partiel ou total des tracés EMG dans les muscles situés dans le territoire d'aval.(125)

L'intervalle de temps jusqu'à la perte totale des réponses motrices dépend de la durée de la dégénérescence wallérienne. Il varie donc plus ou moins linéairement avec la longueur du nerf en aval du lieu de la lésion. Une perte complète de toute réponse motrice à la stimulation du segment distal sera d'autant plus tardive que la lésion sera éloignée du muscle. Pendant cette période, les réponses motrices à des stimulations distales du nerf à la lésion restent normales.(125)

Après la disparition des réponses motrices, les potentiels sensitifs restent encore enregistrables sur le tronc nerveux. Ils disparaissent quelques jours après les réponses motrices.(125)

L'activité de dénervation de repos apparaît une fois que l'axone a totalement dégénéré. Elle survient donc en 2 à 4 jours quand la lésion est très proche des fibres musculaires et en 3 à 4 semaines si la lésion est très éloignée. Avant ce délai, il n'existera pas d'activité de repos. (125). Ainsi, la dénervation totale initiale après réparation par conduit nerveux ou par suture nerveuse est marquée par l'absence de potentiel sensitif et moteur à la stimulation, par la

présence d'activité de repos et par l'absence d'activité volontaire à l'EMG.(126) Selon l'étude menée par Krarup et al.(126), une activité de repos de dénervation est enregistrée dans tous les sites musculaires à un mois après la réparation nerveuse.

B. SIGNES DE REINNERVATION A L'ENMG

L'évolution de la récupération après un traumatisme nerveux est dépendant des rythmes propres aux différents mécanismes à l'œuvre : réinnervation collatérale et repousse axonale (Figure 26). Dans le neurotmésis complet (section nerveuse complète), la repousse axonale ne se produit que si les extrémités nerveuses sont libérées du tissu cicatriciel et réparées chirurgicalement. La récupération de la fonction motrice dépend également de l'intégrité du muscle lorsque l'axone l'atteint.(125) Nous ne décrivons pas ici la réinnervation collatérale qui se produit plutôt dans les lésions nerveuses partielles.

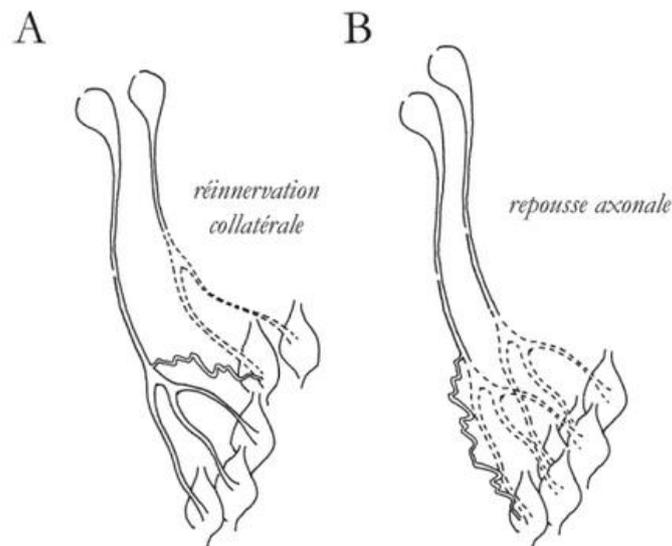


Figure 26 - (A) Réinnervation collatérale (B) Repousse axonale (125)

Dans le cadre de la repousse axonale post réparation chirurgicale, des changements peuvent être observés sur le potentiel d'action musculaire composé (PAMC), sur le potentiel d'action nerveux sensitif (SNAP) et sur l'EMG à l'aiguille.(9)

➤ Signes de réinnervation débutante

○ En détection

Les premiers signes électrophysiologiques de régénération axonale après l'atteinte complète et la dégénérescence de tous les axones d'un nerf sont des signes de réinnervation musculaire (Figure 27).(125)

Le signe électrophysiologique le plus précoce de récupération est la **réapparition de potentiels d'unité motrice** lors d'effort de contraction volontaire : *potentiels de réinnervation* (ou potentiels « naissants ») puis, environ 3 semaines après, de *potentiels polyphasiques*.(127,128)

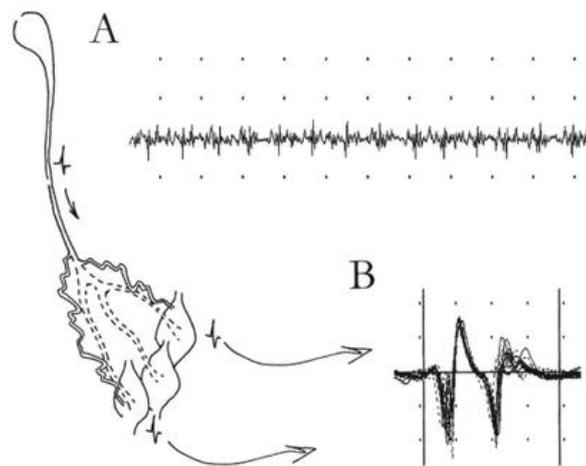


Figure 27 - Potentiel polyphasique de réinnervation. A : Tracé de contraction d'allure faussement riche.
B : Potentiel polyphasique et polyinversé.(125)

Cette réapparition est souvent **précédée** par une certaine réduction de la fibrillation au repos (réduction qui n'a donc pas alors le pronostic défavorable qu'on lui confère en cas de dégénérescence des fibres musculaires). Cette réduction de fibrillation est **difficile à quantifier**.

Les potentiels de réinnervation apparaissent initialement dans le muscle le plus proche du site de lésion à peu près **deux mois avant** tout signe visible de *contraction musculaire volontaire*. On les enregistre plus facilement au voisinage du point moteur du muscle. Les premiers potentiels d'unité motrice, d'abord réduits à un potentiel de fibre musculaire unique, sont ensuite formés de 3 ou 4 potentiels de fibre musculaire séparés et distincts, parfois fluctuants ce qui reflète une fragilité de la transmission neuromusculaire des jonctions nouvellement formées.(125)

Le tracé EMG retrouve à ce stade un **aspect global microvolté**, faussement riche (**pseudo myopathique**) (Figure 28) dû au caractère polyphasique des potentiels d'unité motrice et à la grande fréquence des coïncidences entre potentiels (alors que le nombre d'unités motrices qui déchargent est encore très réduit).(125)

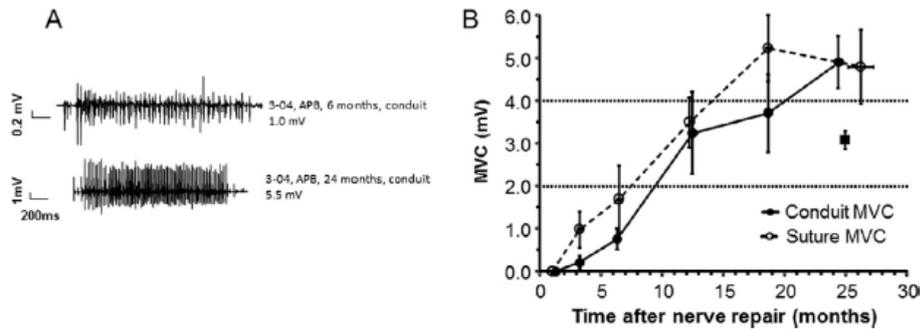


Figure 28 - Profils de recrutement lors de contraction volontaire maximale (MVC) d'après Krarup et al. (126)

Le délai d'apparition des potentiels de réinnervation dépend de la distance qui sépare le muscle dénervé de la lésion. Il est décrit que la repousse axonale après lésion incomplète se fait à un rythme d'**approximativement 1mm/jour** (3cm/mois) : un muscle situé à une dizaine de centimètres du site de lésion devrait présenter des signes de réinnervation au bout de 3 à 4 mois. Les signes de réinnervation apparaissent plus tard dans les muscles les plus distaux (6 mois parfois, ou même plus). Lors de lésions complètes nécessitant une suture ou une greffe nerveuse, cette vitesse de progression peut être équivalente ou ralentie.(21)

Les muscles les plus proches du site de lésion ont une récupération plus précoce (environ 2 mois si la distance est de 3 à 5 cm). Cela est lié à deux éléments :

- La probabilité accrue de moindre dégradation des plaques motrices
- Le moindre risque qu'un dépôt de collagène ou une cicatrice endoneurale empêchent une régénération des axones dans la partie distale.

○ En stimulo-détection

Les réponses motrices réapparaissent progressivement. Les potentiels de réinnervation apparaissent sur les tracés EMG en général avant qu'une réponse motrice ou sensitive puisse être retrouvée par stimulation électrique. On explique cette discordance par la très faible excitabilité de la partie distale régénérée (seuils des fibres très élevés) et la très faible vitesse de conduction de ses fibres (<10 m/s).

Il est souvent plus facile de démontrer l'existence d'une réponse motrice du muscle en question par une **stimulation proximale** au site de lésion, où les fibres nerveuses ont conservé un seuil d'excitabilité normal, d'où un aspect de « *bloc inverse* » avec une réponse plus ample par stimulation proximale que distale.(125)

La réponse à la stimulation proximale est caractérisée par une latence augmentée, parfois plus de 10 fois la normale et une amplitude très faible. Cette diminution de l'amplitude du potentiel d'action indique un nombre de fibres musculaires innervées réduit.

L'amplitude du PAMC est à peu près proportionnelle au nombre de fibres nerveuses dépolarisant sous l'électrode. Par conséquent, elle est également liée au nombre d'axones moteurs excitables. L'amplitude du PAMC peut être une méthode utile pour estimer la récupération pour le suivi de la réinnervation.

Cependant, les techniques neurophysiologiques disponibles ne permettent pas de quantifier de manière significative la régénération. Des méthodes plus récentes tentent d'estimer le nombre d'unités motrices dans un muscle et le nombre d'axones dans un nerf.(129) L'estimation du nombre d'unités motrices (ENUM, ou MUNE en anglais) passe par l'application de stimulus d'intensité progressivement croissante sur un nerf moteur : la réponse musculaire provoquée croît par incréments discrets. En faisant l'hypothèse que chaque incrément discret est dû à l'activation d'une unité motrice additionnelle, Mc Comas et al.(130) ont proposé d'estimer la taille moyenne des potentiels d'unité motrice (PUM) constitutifs de la réponse motrice et d'évaluer ainsi le nombre d'unités motrices fonctionnelles au sein du nerf. Plusieurs méthodes ont été mises à l'essai par la suite dans le but de suivre l'évolution des affections entraînant une perte de motoneurones ou d'axones fonctionnels. Une méthode théoriquement valable et expérimentalement précise pour estimer le nombre d'unités motrices dans un muscle serait un outil extrêmement utile pour l'étude clinique de la régénération motrice. Néanmoins, ces techniques MUNE ont été principalement appliquées dans les maladies type sclérose latérale amyotrophique, amyotrophie spinale, syndrome post-polio et neuropathies démyélinisantes.(131)

C. SIGNES DE POURSUITE ET DE FIN DE REINNERVATION A L'EMG

o En détection

La poursuite de la réinnervation se traduit par une **augmentation de la taille** et du **nombre des unités motrices**. Les potentiels de réinnervation deviennent de plus en plus polyphasiques puis augmentent d'amplitude. Ils peuvent même dépasser les amplitudes normales des potentiels d'unité motrice et devenir des potentiels géants de grande amplitude et de longue durée si la réinnervation ne repose que sur un petit nombre d'axones et d'unités motrices. L'augmentation d'amplitude des potentiels d'unité motrice reflète le nombre de fibres musculaires innervées par le même motoneurone et peut-être l'hypertrophie compensatoire de quelques fibres musculaires. La durée des potentiels d'unité motrice qui est initialement allongée se corrige progressivement pour revenir vers les valeurs normales. Ce raccourcissement associé à une diminution de l'incidence de PUM polyphasiques reflète l'amélioration progressive de la synchronisation entre les décharges des différentes fibres musculaires à l'intérieur de l'unité motrice.(126) Les axones terminaux et préterminaux augmentent de taille et améliorent leur myélinisation.

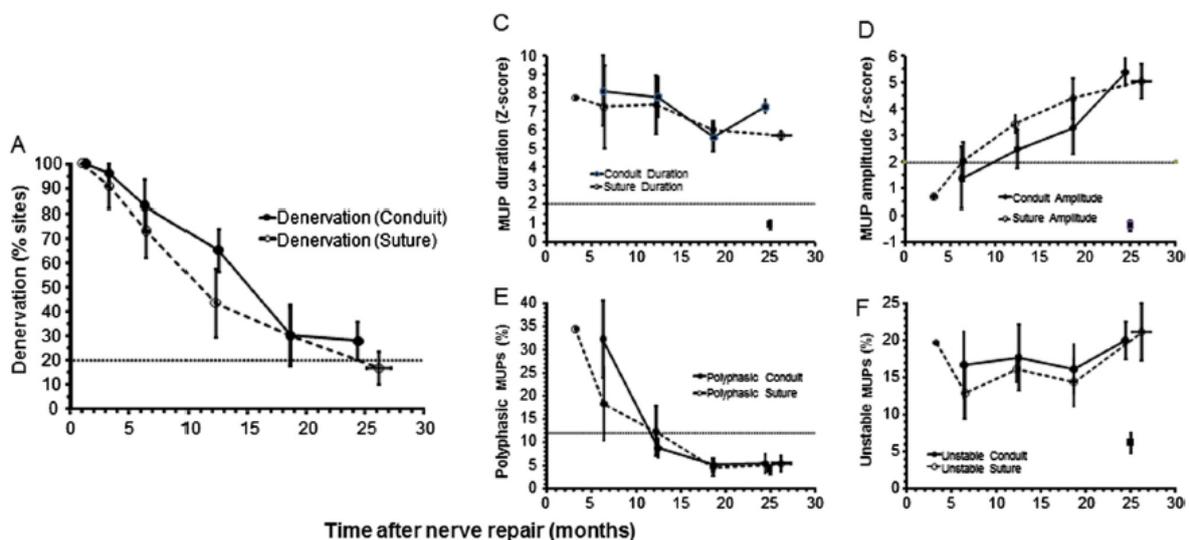


Figure 29 - Différents paramètres ENMG mesurés ((A) pourcentage d'activité de dénervation de repos, (C) durée du PUM, (D) amplitude du PUM, (E) pourcentage de PUM polyphasiques, (F) pourcentage de PUM après réparation par conduit nerveux (rond plein) ou par suture nerveuse (rond vide) en fonction du délai post réparation nerveuse d'après Krarup et al.(126)

Lorsque la repousse axonale concerne un nombre suffisant d'axones, le nombre de potentiels d'unité motrice recrutés à l'effort de contraction volontaire augmente progressivement pendant la phase de récupération jusqu'à rétablir un tracé interférentiel si la récupération est complète ou quasi complète. Quelques petits potentiels polyphasiques peuvent rester présents même après récupération fonctionnelle complète.

Lors de la récupération après une lésion nerveuse complète réparée chirurgicalement, la réinnervation se traduit par l'apparition de petits PUM naissant dont leur nombre va augmenter rapidement, passant souvent de quelques unités à une multitude sur une période de quelques semaines. Au début de la réinnervation, les PUM sont très instables car les nouvelles pousses axonales sont incomplètement myélinisées et présentent des jonctions neuromusculaires immatures. Au fur et à mesure que les germes et les jonctions neuromusculaires mûrissent et deviennent plus stables, les PUM complexes, **polyphasiques** deviennent **stables**. Cela indique que les mécanismes de réinnervation ont progressé autant qu'ils le pouvaient et que la réinnervation est arrivée au terme de son potentiel.

- En stimulodétection

La récupération est marquée également par une **augmentation progressive d'amplitude des réponses motrices** (par augmentation du territoire de chaque unité motrice, augmentation du nombre d'unités motrices reconstituées et augmentation d'excitabilité des fibres nerveuses) et une **dispersion temporelle de la réponse**. La réponse **motrice** à la **stimulation distale** apparaît parfois dans les 9 mois après la suture nerveuse, et souvent *dans les 10 à 20 mois*.(125,132)

Pour les stades de récupération plus tardifs, l'arrêt de l'augmentation des amplitudes des potentiels entre deux examens signale la fin de la réinnervation.(133)

La dispersion n'a pas de retentissement fonctionnel mais doit être considérée dans l'interprétation des changements en amplitude. On retrouve également une augmentation des vitesses de conduction mais qui est plus lente que l'augmentation de l'amplitude. La faible vitesse de conduction des fibres régénérées est due à la finesse des axones néoformés, à la minceur des gaines de myéline et à des distances internodales courtes. Les axones grossissent mais la minceur et l'étroitesse des gaines de myéline persistent même après que les axones ont atteint des calibres proches de la normale.

La **vitesse de conduction motrice (VCM) augmente progressivement** au cours de la première année après la suture mais dépasse rarement 60 % de la normale. Comme la vitesse est connue pour être directement proportionnelle au diamètre de l'axone, cela implique une limitation similaire de la croissance axonale après la suture.(133) La VCM maximale est atteinte 15 mois à 2 ans après la suture nerveuse. Au-delà, il persiste en général un certain degré de ralentissement de la VCM (à peu près 20 à 25% de diminution, mais parfois plus si la récupération est incomplète).(133)

L'**augmentation de la latence** de la réponse indique un ralentissement de la vitesse de conduction des fibres nerveuses en régénération et par conséquent, une diminution du diamètre axonal par rapport à un nerf sain.

La récupération électrophysiologique des fibres nerveuses sensibles est souvent plus difficile à mettre en évidence que la récupération motrice. Les **potentiels sensitifs sont souvent absents 10 à 12 mois** après la suture. On les enregistre rarement, et quand on les enregistre, leur amplitude est très diminuée avec une vitesse de conduction sensitive (VCS) réduite à 65-80% de la normale. Selon les résultats de l'étude menée par Donoso et al.(132), jusqu'à 20 mois après la réparation, seuls 13% des nerfs présentaient un SNAP mesurable. Entre 20 et 40 mois, le SNAP est visible dans 50% des nerfs, et dans 75% entre 40 et 55 mois.

L'amplitude du potentiel et la VCS **cesse de s'améliorer au bout de 2 ans.**(128) De surcroît, le suivi des amplitudes des SNAP est moins utile que celui des amplitudes des PAMC pour deux raisons. Premièrement, les SNAP sont plus petites et peuvent être plus difficiles à enregistrer que les PAMC. Enfin, la récupération sensitive ne dépendant pas d'un muscle intact et viable, elle peut se faire sur une période plus longue que celle de la fonction motrice grâce à une combinaison de repousse axonale et de germes collatéraux provenant de zones adjacentes.(134) Selon Tackmann,(135) les paramètres électrophysiologiques sensitifs sont des prédicteurs inadéquats de la récupération sensitive clinique.

2.2 RESULTATS SPONTANES APRES REPARATION DU NERF

MEDIAN ET/OU ULNAIRE AU POIGNET OU A L'AVANT-BRAS

La réinnervation après une réparation post-section nerveuse au niveau du poignet et de l'avant-bras est souvent incomplète. Dans la plupart des cas de lésions des nerfs de l'avant-bras, même deux ans après la suture, la récupération motrice et sensitive reste incomplète.(35,136) Les résultats fonctionnels dépendent à la fois de la qualité de la réinnervation post-réparation et des compensations mises en place.

Il est essentiel d'identifier rapidement les patients ayant une mauvaise récupération pour tirer le meilleur parti des procédures secondaires (c'est-à-dire les transferts de tendons et les greffes de nerfs).

Plusieurs études décrites (2,16,35,78,112,123,137–153) dans la littérature ont évalué les différents outils permettant le suivi des patients à un instant donné, à distance de la chirurgie, sans décrire de cinétique d'évolution des résultats. Les objectifs récurrents retrouvés dans la plupart de ces études traitent notamment des résultats à long terme des différentes techniques chirurgicales nerveuses, en comparant leur efficacité entre elles, les résultats entre la population pédiatrique et celle adulte ou encore en validant des tests cliniques dans le cadre du suivi des patients après réparation nerveuse primaire. Seules 3 études menées par Rosén et Lundborg (71) et par Jerosch-Herold (64,72) ont décrit des résultats après suture nerveuse primaire du nerf médian et/ou ulnaire avec des outils d'évaluation en considérant la sensibilité au changement dans le temps.

Dans la plupart des études évaluant les réparations nerveuses du nerf ulnaire et/ou médian (2,16,35,78,112,123,137–153), les résultats sont présentés selon l'échelle quantitative MRC motrice et sensitive ou selon la cotation de Chanson et Michon modifiée par Ph. Amend ou selon le score de Rosén. La description des résultats avec d'autres outils d'évaluation n'a pas été retrouvée. De nombreux outils d'évaluation et systèmes de notation sont pourtant disponibles et proposés par un certain nombre d'études comme nous l'avons décrit dans la partie 2.1.

Il existe peu de données retrouvées dans la littérature sur le délai d'apparition des premiers signes de réinnervation et sur la cinétique de progression après réparation nerveuse. De plus, la plupart des études se sont focalisées sur la récupération sensitive et motrice. L'accent a moins été mis sur l'impact de ces lésions nerveuses sur les activités de la vie quotidienne et

sur la capacité de retour au travail. En effet, seules quelques études (35,71,78,102,154) ont pris en compte la part fonctionnelle dans les résultats des lésions médio-ulnaires après suture nerveuse.

Le succès de la chirurgie reconstructive ne peut être mesuré par la récupération sensitive et motrice seule. En outre, l'opinion du patient concernant l'impact de la lésion nerveuse sur ses activités de la vie quotidienne est un élément essentiel. En effet, la stratégie thérapeutique proposée au patient va surtout dépendre de sa gêne fonctionnelle plus que de ses déficiences. Néanmoins, l'analyse fine de ses déficiences est nécessaire pour comprendre l'origine de la gêne fonctionnelle et proposer une thérapeutique adaptée.

De plus, pour des raisons économiques, le retour à l'emploi des travailleurs est une question d'intérêt national et personnel.

2.2.1 RÉSULTATS EN TERMES DE RÉCUPÉRATION SENSITIVE APRÈS RÉPARATION PRIMAIRE

2.2.1.1 Cinétique de la récupération

Selon l'étude de Jaquet et al. (1), le premier signe de réinnervation sensitif a été observé en moyenne à 4 mois en cas de réparation du nerf médian et à 3,2 mois en cas de lésion du nerf ulnaire. Le délai de premier signe de réinnervation sensitive a été défini comme le temps entre la date de réparation du nerf et toute amélioration de la sensibilité. La réinnervation sensitive des lésions du nerf ulnaire combiné au nerf médian apparaît plus tard en moyenne à 5,5 mois.

Trevett (35) a rapporté que la récupération sensitive de la main après lésion du nerf ulnaire atteint un plateau au bout de 3 à 4 ans en cas de lésions basses et 4 à 5 ans en cas de lésions hautes.

2.2.1.2 Résultats finaux

Dans l'étude menée par Vordemvenne et ses collègues (2), les patients ont retrouvé une sensibilité S3+ dans 20% des cas, S3 dans 20% et S2 dans 55% après réparation primaire du nerf ulnaire, évaluée à 8 ans en moyenne de la chirurgie. Aucun patient n'a retrouvé la sensibilité S4 selon l'échelle MRC. Après réparation primaire du nerf médian, la sensibilité est à S4 chez 11 % des patients, S3+ chez 29 % des patients, S3 chez 7 % des patients, S2 chez 46 % des patients et S1 chez 7 % des patients.

Il persiste donc des troubles de la sensibilité à distance de la suture.

2.2.2 RÉSULTATS EN TERMES DE RÉCUPÉRATION MOTRICE APRÈS RÉPARATION PRIMAIRE

2.2.2.1 Cinétique de la récupération

Selon l'étude menée par Krarup et al. (126), la récupération motrice du testing moteur MRC et du score de Rosén commence à apparaître vers 4 mois après réparation nerveuse du nerf médian ou ulnaire au niveau de la partie distale de l'avant-bras. Une phase de plateau est retrouvée vers 20 mois post-opératoires (Figure 30).

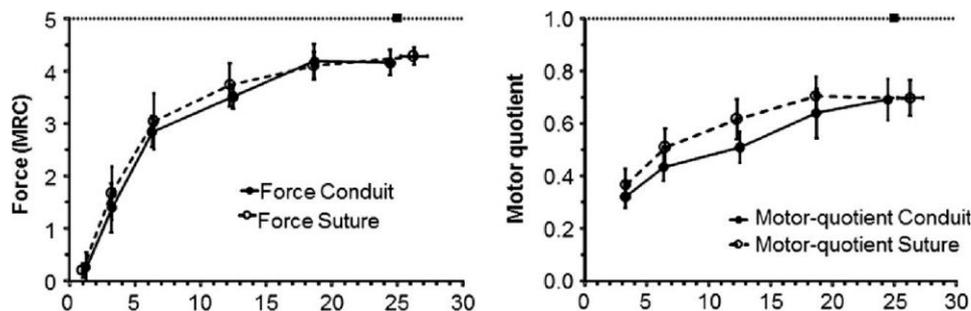


Figure 30 - Récupération motrice mesurée par l'échelle MRC (image de gauche) et quotient moteur du score de Rosén (image de droite) en fonction du délai post-réparation nerveuse (en mois) du nerf médian ou ulnaire au niveau de la partie distale de l'avant-bras selon l'étude menée par Krarup et al. (126)

Trevett (35) a observé que la récupération des muscles intrinsèques de la main après lésion du nerf ulnaire ne montre aucune amélioration après 2 ans en cas de lésion haute et 4 ans pour les lésions basses.

2.2.2.2 Résultats finaux

Dans l'étude menée par Vordemvenne et ses collègues (2), 55% des patients ont retrouvé la force M3, 20% ont obtenu M4 et 5% ont obtenu M5 à 8 ans de la chirurgie. Ruijs et ses collègues (53), dans leur méta-analyse de 23 publications, ont constaté que les lésions du nerf ulnaire donnaient 71% de chance de récupération motrice en moins que les lésions du nerf médian selon l'échelle MRC.

Kim et ses collègues (155), ont étudié 654 lésions du nerf ulnaire et retrouvent une récupération motrice de grade M3 (échelle MRC) ou plus chez 72 % des patients après une réparation primaire.

Pour certains patients, la récupération motrice est décrite comme complète après suture.

2.2.3 RÉSULTATS EN TERMES DE RÉCUPÉRATION ANALYTIQUE GLOBALE APRÈS RÉPARATION PRIMAIRE

Dans les données de la littérature, l'utilisation d'une évaluation quantitative plus globale semble être davantage appréciée pour décrire les résultats de ces réparations. La cinétique de progression de cette récupération globale n'est pas décrite.

2.2.3.1 Résultats finaux

Chez l'adulte, l'étude de Lenoble et al. (137) retrouve 60,7% de bons et de très bons résultats analytiques moteurs et sensitifs dans les réparations en urgence des plaies isolées du nerf médian au poignet. Ce chiffre est proche des résultats des autres séries en sachant qu'elles analysent souvent des plaies nerveuses associées à des lésions des fléchisseurs des doigts. L'étude de Bourrel et al (16) obtient 63,6 % de résultats satisfaisants sur une série de 23 sutures, toutes associations lésionnelles et toutes localisations confondues. Celle de Bourretz (156) fait état de 61,7 % de bons ou très bons résultats dans les réparations primitives des nerfs médians ou ulnaires.

2.2.4 RÉSULTATS EN TERMES DE RÉCUPÉRATION FONCTIONNELLE APRÈS RÉPARATION PRIMAIRE

Il n'existe pas de données de la littérature sur une cinétique de progression.

2.2.4.1 Résultats finaux

Dans l'étude menée par Vordemvenne et ses collègues (2), le DASH moyen était de 22 à en moyenne 8 ans de la réparation nerveuse (pour rappel, son score varie de 0 à 100, les scores inférieurs étant meilleurs).(2) Merle en collaboration avec Amend et al. (153) ont montré une analyse statistique identique des plaies du nerf médian et du nerf ulnaire. En effet, ils retrouvaient 53,5 % de résultats utiles dans les plaies au poignet et 50 % de résultats utiles après suture primaire avec un recul de 2 à 7 ans. En l'absence de lésion artérielle, le taux de résultats utile passait à 76,9 %. Sur des études plus récentes, on retrouve peu d'amélioration des pourcentages de récupération. Récemment, Vordemvenne et ses collègues (2) ont retrouvé une récupération chez 70 % des patients de la fonction initiale de leur main. Cette récupération est évaluée par le score de Rosén. Le nerf médian était à 2,2 et le nerf ulnaire à 1,92 sur 3,0 chez 65 patients ayant subi 71 sections complètes du nerf médian et/ou du nerf ulnaire au niveau du poignet 8 ans après la blessure.

Les résultats de la récupération fonctionnelle sont peu traités dans la littérature. On constate qu'il peut persister des séquelles fonctionnelles à distance de la suture.

2.3 FACTEURS IDENTIFIES COMME INFLUENÇANT LE RESULTAT APRES REPARATION DES NERFS MEDIANS ET/OU ULNAIRES

Certains éléments ont été décrits comme influençant le résultat après réparation des nerfs médians et/ou ulnaires. L'identification de ces facteurs peut aider les cliniciens à comprendre l'évolution des patients souffrant de lésions des nerfs périphériques de l'avant-bras et à informer les patients sur le pronostic.

2.3.1 FACTEURS PRONOSTICS DE RÉCUPÉRATION

La méta-analyse menée par Ruijs et al. (53) retrouve différents facteurs pronostiques, influençant les résultats de la récupération motrice et sensitive. Sur la base des chiffres de cette méta-analyse (53), il est possible d'estimer quels patients ont de fortes ou de faibles chances d'avoir une récupération motrice et sensitive satisfaisante après une lésion du nerf médian ou ulnaire. La récupération motrice et sensitive sont associées de façon significative. Une étude prospective plus récente menée par Hundepool et al. (7) conforte et complète ces résultats.

Parmi les facteurs pronostiques possibles évalués, seul le tabagisme n'a pas été trouvé en corrélation significative avec le résultat fonctionnel dans cette étude.

➤ **Facteurs influençant positivement**

L'âge inférieur à 16 ans s'est avéré être le principal facteur prédictif de récupération.(1, 4, 72, 98-100) Cela peut s'expliquer par une réinnervation sur de plus courtes distances et un potentiel de plasticité cérébrale plus importants. L'absence de délai chirurgical pour la récupération sensitive et motrice et la présence d'une lésion du nerf médian distal pour la récupération motrice sont les autres facteurs influençant positivement.

➤ **Facteurs influençant négativement**

Le site proximal de la lésion a été mentionné (89) comme le facteur péjoratif le plus important du résultat. Il s'agit d'un prédicteur significatif uniquement de la récupération motrice car, comme mentionné précédemment, le muscle finit par s'atrophier en 18-24 mois. Les facteurs

identifiés comme de mauvais pronostic sont le sexe masculin, l'âge supérieur à 40 ans, une lésion proximale du nerf, l'inexpérience du chirurgien, une lésion nerveuse combinée (médian et ulnaire), une lésion concomitante des os ou des tissus mous, la présence d'un stress post-traumatique, une réparation nerveuse de mauvaise qualité et un retard dans la réparation.(53)

A l'heure actuelle, le stress post-traumatique est probablement le seul facteur sur lequel on peut agir dans une phase précoce pour optimiser les résultats fonctionnels.(7) Un tableau récapitulatif des différents facteurs pronostics de récupération est dans l'**Annexe 17**.

2.3.2 FACTEURS PRÉDICTIONNELS DE REPRISE DU TRAVAIL

Dans l'étude menée par Jaquet et al. (1), 24% des patients ne peuvent pas reprendre leur travail antérieur après un suivi moyen de 18 mois.

➤ Facteurs positifs / négatifs

Les métiers non manuels de type sédentaire, les patients compliants à la prise en charge rééducative, la récupération motrice de la pince, le niveau d'éducation élevé et les sections distales sont des facteurs prédictifs positifs d'une reprise du travail. A contrario, les métiers manuels, les patients non compliants, les sections proximales et une faible récupération motrice de la pince sont des facteurs prédictifs négatifs à la reprise de travail. (159)

Dans l'étude menée par Jaquet et al. (1), les complications suivantes sont des facteurs prédictifs significatifs de l'incapacité de reprise du travail : amyotrophie des muscles thénariens ($p0,04$), diminution de la force de préhension par déficit du court abducteur du pouce ($p0,002$), griffes ($p0,001$), intolérance au froid ($p0,001$) et paresthésie ($p0,04$).

Pour conclure, il n'existe pas de consensus sur le suivi clinique et électrophysiologique. Il n'y a pas de protocole établi pour le suivi des patients après réparation nerveuse primaire du nerf médian et/ou ulnaire pour décider à quel moment et sur quels critères proposer une chirurgie secondaire. Les données concernant les résultats fonctionnels après des lésions et réparations de ces nerfs sont pauvres. Les facteurs identifiés comme influençant les résultats cliniques et fonctionnels peuvent aider à déterminer un pronostic réaliste.

3 EXPERIENCE NANCEENNE SUR LE SUIVI CLINIQUE, FONCTIONNEL ET ELECTROPHYSIOLOGIQUE APRES REPARATION NERVEUSE

La littérature constitue un standard de connaissances, aujourd'hui appelé Evidence Based Medicine (EBM). La décision médicale se construit sur des connaissances théoriques, sur le jugement et l'expérience mais aussi sur des preuves scientifiques. La notion de preuve correspond à une connaissance issue de recherches cliniques réalisées dans le domaine du traitement des maladies et qui se basent sur des résultats valides et applicables dans la pratique médicale courante. Les praticiens peuvent ainsi s'appuyer et se référer à des données vérifiées et validées. Néanmoins, comme vu précédemment, il arrive qu'elle n'apporte pas toutes les réponses aux questions de la pratique clinique courante. L'analyse de l'expérience pratique des praticiens (chirurgiens, médecins et thérapeutes) peut alors être utile dans la réflexion. Une confrontation des données de la littérature et de la pratique courante peut permettre une amélioration de la pratique quotidienne.

L'Evidence Based Practice (EBP) correspond à l'utilisation consciencieuse et judicieuse des meilleures données actuelles de la recherche clinique dans la prise en charge personnalisée de chaque patient.

L'EBP est classiquement décrite comme le point de rencontre de trois dimensions :

- l'évaluation clinique du thérapeute ainsi que les compétences cliniques du thérapeute
- les meilleures données actuelles de la recherche clinique
- les choix et les préférences du patient

Ces 3 dimensions participent à la prise de décision clinique. C'est bien souvent une erreur de concevoir la pratique basée sur les preuves comme venant suppléer ou nier l'expertise du praticien. Pour que les données soient « probantes », elles doivent être la rencontre d'une évaluation de l'extérieur impliquant les données de la science et d'une évaluation de l'intérieur, celle du praticien avec son patient établie toujours dans un contexte particulier.

Devant l'absence de consensus sur le suivi clinique et électrophysiologique des patients après réparation nerveuse primaire du nerf médian et/ou ulnaire, il semble intéressant d'interroger des structures spécialisées dans le suivi de ces patients afin de connaître plus en détail les pratiques courantes.

Pour cela, et dans notre environnement régional, il semble pertinent de questionner les différents intervenants de cette prise en charge, au centre chirurgical Emile Galé (CCEG) et au centre Louis Pierquin Nancy de l'Institut Régional et de Réadaptation (IRR), sur leurs pratiques et leurs logiques de décisions.

Pour finir, en comparant cette pratique aux données de la littérature, il sera proposé, dans la partie suivante, un canevas d'évaluation éclairé du suivi de ces patients afin de les guider vers la prise en charge la plus pertinente et de les orienter au besoin vers une chirurgie palliative.

3.1 CONSTRUCTION DU QUESTIONNAIRE

Un questionnaire commun aux chirurgiens de la main, aux médecins de Médecine Physique et de Réadaptation (MPR) et aux ergothérapeutes a été élaboré. (**Annexe 18**)

Ce questionnaire permet une double comparaison :

- Il permet de comparer la pratique de la filière médico-chirurgicale de Nancy à l'Evidence Based Medicine (EBM).
- Il permet de comparer les logiques de raisonnement en fonction d'une vision plus lésionnelle ou plus fonctionnelle de la prise en charge en posant les mêmes questions à différents professionnels en interdisciplinaire et interprofessionnel.

L'élaboration de ce questionnaire est basée sur l'expérience et les connaissances de la pratique courante. L'objectif de ce questionnaire est de rapporter le suivi en y décrivant les échéances du suivi, les outils d'évaluation utilisés en fonction de l'échéance et les objectifs de ces évaluations. Il semble également intéressant de cibler l'intérêt et la place de l'ENMG dans ce suivi compte tenu des avis divergents dans la littérature. Ce questionnaire apporte également des informations sur les indications et les délais attendus avant de proposer une chirurgie palliative ainsi que la place du patient dans la prise de décision. L'avis du patient est souvent peu évalué dans les données scientifiques mais reste une donnée primordiale à prendre en considération en pratique clinique car c'est lui qui guide la décision finale. Celle-ci repose sur une concertation entre les différents intervenants.

3.2 SYNTHÈSE DES RESULTATS DU QUESTIONNAIRE

Les différentes réponses aux questionnaires sont répertoriées dans l'**Annexe 19**.

3.2.1 SELON LES CHIRURGIENS DE LA MAIN

3.2.1.1 Ancienneté de pratique

Six chirurgiens hyperspécialisés ont été interrogés ; ils ont une ancienneté de pratique entre 2 ans et 35 ans.

3.2.1.2 Suivi

➤ **Recommandations**

Les chirurgiens de la main ne sont pas tous d'accord sur la présence ou non de recommandations sur le suivi des réparations nerveuses après section du nerf ulnaire et/ou médian au niveau du poignet et/ou de l'avant-bras. En effet, un des chirurgiens expose la présence de grilles d'évaluation notamment l'échelle BMRC pour l'évaluation de la fonction. Néanmoins, il ne lui semble pas exister d'information sur la périodicité de l'utilisation de ces grilles. Deux des chirurgiens évoquent l'immobilisation post-opératoire recommandée de 3-4 semaines après réparation nerveuse. Toutefois, il ne semble pas y avoir de connaissance sur un suivi recommandé.

➤ **Échéances**

Ils ont pour habitude de revoir le patient à 15 jours pour contrôler la cicatrisation puis tous les 3 mois dans un premier temps et ensuite tous les 6 mois jusqu'à 18-24 mois de suivi. La durée de ce suivi varie en fonction des chirurgiens interrogés. Certains chirurgiens arrêtent ce suivi dès 6 mois, d'autres le poursuivent jusqu'à 18-24 mois. Cette fluctuation de suivi peut varier en fonction de différents paramètres : l'éloignement du domicile du patient, les perdus de vue, les lésions associées et la reprise du travail.

➤ **Objectifs du suivi**

Le suivi clinique post-opératoire permet d'évaluer la cicatrisation, la récupération de la mobilité et d'initier les protocoles de rééducation. Il permet de tester l'efficacité de la réparation, d'évaluer le score fonctionnel du patient après réinnervation et de dire s'il est nécessaire ou non de proposer une chirurgie palliative. Cette dernière sera plutôt sur le versant

moteur que sensitif (rares sont les chirurgies secondaires à visée sensitive). Les chirurgiens n'ont pas évoqué d'objectifs distincts en fonction des échéances.

➤ Outils d'évaluation

Lors de la consultation chirurgicale, le suivi de la récupération nerveuse se fait cliniquement par l'évaluation de la sensibilité épicroticienne sur le territoire autonome du nerf médian ou ulnaire, de la douleur, du type de douleur, du testing moteur BMRC dans le territoire intrinsèque du nerf médian ou nerf ulnaire et des amplitudes articulaires. Le signe de Tinel est recherché surtout lors de la phase de réinnervation. D'après eux, la migration distale du Tinel est un signe de progression de la réinnervation mais ne préjuge pas de la qualité finale. En effet, un signe de Tinel qui se déplace très vite peut donner un résultat nul à terme. La recherche du signe de Tinel n'est pas faite systématiquement chez 2 des chirurgiens interrogés. Parmi les chirurgiens interrogés, aucun n'utilise de score fonctionnel par manque de temps lors des consultations. Ils s'aident des bilans cliniques et fonctionnels plus exhaustifs réalisés par leurs confrères de l'IRR. Une évaluation subjective est demandée au patient sur son impression de récupération.

Pour la plupart des chirurgiens, le premier ENMG est en général demandé à 3-4 mois de manière systématique et répété à 6 mois, 12 mois puis adapté en fonction des situations rencontrées. Un des chirurgiens propose la réalisation d'un ENMG supplémentaire à 9 mois. Deux des chirurgiens interrogés ne jugent pas utile de réaliser des ENMG supplémentaires après 12 mois. Par ailleurs, deux autres chirurgiens ne demandent pas de manière systématique des ENMG à leurs patients ; en effet, lors d'une section du nerf médian au niveau du poignet, l'évaluation clinique leur suffit pour révéler la qualité motrice du résultat. Ces deux chirurgiens font partie des plus expérimentés et s'aident notamment de leur expérience clinique. De plus, l'un de ces deux chirurgiens ne demande un ENMG qu'à partir de 6 mois, lorsqu'il n'y a pas de récupération satisfaisante à l'examen clinique.

3.2.1.3 Chirurgie palliative

➤ Recommandations

Concernant la chirurgie palliative, il existe de nombreuses techniques proposées et peu de patients concernés. Du fait de ce faible effectif, tous les chirurgiens sont d'accord pour dire qu'il est difficile d'élaborer un véritable consensus. L'indication est surtout discutée au cas

par cas en fonction d'une part, de la récupération nerveuse et d'autre part, de la demande fonctionnelle du patient et du risque de déformations ultérieures.

➤ **Échéances**

En règle générale, la chirurgie palliative est proposée après 12 mois et parfois après 18 mois, ce délai permet de finaliser le processus de rééducation en particulier en cas de lésions associées, d'évaluer la gêne fonctionnelle, et d'être en fin de réinnervation. Néanmoins, s'il n'existe pas de signes de récupération lors des bilans cliniques et paracliniques chez un patient ayant un impératif professionnel, l'intervention pourra être proposée plus précocement avant la fin de la repousse nerveuse théorique. Un des chirurgiens est d'accord pour dire qu'en l'absence d'amélioration au-delà de 6 mois, les transferts tendineux constituent la dernière chance pour le patient. A cette échéance, l'ENMG détient une place particulièrement importante. En effet, il donne un argument supplémentaire à l'examen clinique pour confirmer l'absence de repousse nerveuse et détermine également en cas d'atteintes complexes si les muscles potentiellement transférables sont utilisables. Pour un des chirurgiens interrogés, le transfert palliatif est proposé plus précocement entre 9 mois et 12 mois. Concernant la neurotisation sensitive, cette dernière est très peu pratiquée. Elle peut fonctionner sans permettre de restaurer un score normal de discrimination sensitive.

➤ **Indications**

Les chirurgiens sont d'accord pour dire que l'indication d'une chirurgie palliative s'appuie notamment sur l'évolution de l'ENMG. Néanmoins, tout ne repose pas sur l'ENMG. En cas de dissociation entre les données de l'ENMG et l'examen clinique, la clinique et la gêne fonctionnelle priment. L'analyse du déficit guide le type de chirurgie palliative proposé. L'âge, le délai par rapport au traumatisme, le tabagisme et le niveau d'atteinte lésionnel sont des critères importants dans la prise de décision.

➤ **Inclusion du patient**

Le patient est inclus dans la prise de décision d'une chirurgie palliative. En effet, le chirurgien discute avec le patient des objectifs à atteindre dans sa vie quotidienne pour réaliser les transferts nerveux ou tendineux les plus adaptés à ces besoins fonctionnels. La gêne du patient, sa demande, le besoin et la sévérité du tableau sont ainsi pris en compte. La rééducation post-opératoire est évoquée avec le patient et doit être acceptée par ce dernier.

3.2.1.4 Critères de consolidation

La consolidation, définie par la non-évolution de la lésion, est basée sur la stabilité de l'ENMG, la stabilité du bilan fonctionnel et clinique est fonction de la perception de la stabilisation par le patient. Le délai post-opératoire est également pris en compte. En fonction du chirurgien, le délai pour définir la consolidation semble être différent. Trois des chirurgiens interrogés estiment qu'à 2 ans de la réparation, la marge de progression est quasi nulle. L'un d'entre eux estime que la situation est consolidée lorsque le signe de Tinel ne se distalise plus depuis plus d'un mois et que les progrès moteur et/ou sensitif stagnent depuis plus de 6 mois. Après le dernier geste chirurgical, la situation est consolidée lorsque le patient a suivi une rééducation bien conduite avec l'obtention du maximum de ses capacités et repris une activité professionnelle.

3.2.2 SELON LES MÉDECINS DE MPR

3.2.2.1 Ancienneté de pratique

Trois médecins de MPR spécialisés dans le suivi de lésions de la main sont interrogés ; ils ont une ancienneté de pratique entre 10 ans et 43 ans.

3.2.2.2 Suivi

➤ **Recommandations**

Les médecins de MPR sont à l'unanimité d'accord sur l'absence d'existence de recommandations sur le suivi des réparations nerveuses.

➤ **Echéances**

Ils sont tous en accord sur l'échéance de ce suivi. En effet, ce suivi varie en fonction de la présence ou non de lésions tendineuses associées. Il commence, en l'absence de lésions tendineuses associées, à 3-4 mois, ensuite à 4-6 mois et enfin à 12-18 mois.

➤ **Objectifs du suivi**

L'objectif de la consultation à 3-4 mois est de rechercher les premiers signes de réinnervation motrice. Le bilan clinique et paraclinique du patient réalisé à l'occasion de cette consultation est important. Il correspond à l'examen de référence. Cette consultation est aussi l'occasion de rechercher des complications comme la raideur articulaire, les adhérences cicatricielles ou tendineuses et interroger le patient sur ses douleurs. Il est également sensibilisé à son auto-

prise en charge par rapport à la raideur et au trouble sensitif. Une aide au sevrage tabagique est également proposée. L'ENMG retrouve en général des tracés de petites tailles en détection volontaire à l'aiguille sur les muscles les plus proximaux par rapport à la zone de réparation nerveuse. S'il n'existe pas de signes de réinnervation à 3 mois, un nouvel ENMG à 4-5 mois peut être discuté pour une éventuelle exploration.

Lors de la 2^{ème} consultation, le praticien commence à aborder la problématique professionnelle. Il veille à rechercher la poursuite de la réinnervation motrice et l'amélioration sur le plan de la sensibilité. La recherche des complications est également effectuée. L'ENMG permet d'évaluer si la réinnervation objectivée à 3 mois se confirme ou si, en l'absence de réinnervation à 3 mois, la réinnervation est apparue.

Le but de la 3^{ème} consultation est de rechercher des troubles de la commande et une dissociation analytico-fonctionnelle. L'ENMG permet d'évaluer la présence ou non d'un enrichissement avec des potentiels polyphasiques des tracés en activité volontaire. Si le tracé ne s'enrichit pas et qu'il existe un tracé pauvre, accéléré avec de grands potentiels, on peut conclure à une faible réinnervation. L'évolution se fera probablement vers une atrophie chronique. Si le tracé retrouve des potentiels de petites tailles polyphasiques, il existe un potentiel de réinnervation qu'il convient de contrôler plus tard avant d'adresser le patient au chirurgien. Cette consultation permet ainsi d'évaluer la nécessité ou non de poursuivre le suivi en fonction de la réinnervation. Une réflexion vers une orientation chirurgicale secondaire est faite selon la gêne fonctionnelle. L'un des praticiens interrogés recherche de manière systématique la présence de crampes qui semblent être un marqueur de mauvais pronostic, tout comme la fatigabilité musculaire et l'amyotrophie.

➤ **Outils d'évaluation**

Le contenu du bilan à ces différentes échéances ne varie pas et repose notamment sur un examen clinique moteur avec le testing musculaire MRC pour les muscles proximaux et par l'échelle de Levame pour les muscles intrinsèques et un examen sensitif avec suivi de la sensibilité épicrotique lors des consultations. Le signe de Tinel est plus ou moins recherché en fonction des praticiens.

Lors de ces consultations un bilan est réalisé par un ergothérapeute comprenant le bilan 400 points et le bilan sensitif suivant : test aux 5 monofilaments de Semmes-Weinstein, le test S2PD et la recherche de douleurs, de dysesthésies, de paresthésies et d'allodynies. La

sensibilité thermique est rarement testée (la sensibilité algique étant la plus simple à tester, c'est elle qui est testée en priorité).

L'ENMG est effectué de manière systématique à 3 mois, 6 mois et 12 mois.

3.2.2.3 Chirurgie palliative

➤ **Recommandations**

Les médecins de MPR sont tous d'accord sur l'absence d'existence de recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative.

➤ **Echéances**

Pour les médecins de MPR, l'échéance à laquelle la chirurgie palliative peut être proposée varie entre 12-18 mois et 18-24 mois.

➤ **Indications**

Elle est proposée selon la localisation de l'atteinte initiale, selon les résultats de l'ENMG et selon le retentissement fonctionnel.

➤ **Inclusion du patient**

Le rôle du médecin de MPR est, par l'interrogatoire, d'évaluer la gêne fonctionnelle du patient dans sa vie personnelle, familiale et sportive et de cibler cette gêne. Il est important de préciser l'origine de la gêne : origine plutôt motrice ou plutôt sensitive. Il arrive que le patient soit hospitalisé 5 jours afin de réaliser un bilan des capacités en activité (port de charge, dextérité en activité, endurance gestuelle, force au dynamomètre de Jamar et au Pinch test, mise en situation professionnelle) afin de mieux apprécier cette gêne fonctionnelle. Le médecin de MPR peut être amené à orienter le patient vers un chirurgien de la main en vue d'une chirurgie palliative. La prise de décision revient au patient. La demande du patient est donc également un facteur à prendre en compte. En effet, la chirurgie palliative n'est pas une chirurgie vitale et peut être effectuée à des délais longs.

3.2.2.4 Critères de consolidation

La situation est considérée comme consolidée lorsqu'il existe une stabilité du testing analytique et des résultats fonctionnels et si l'EMG ne retrouve plus d'évolution. En EMG, l'absence d'évolution est mise en évidence par : des latences stables, des amplitudes stables ou une surface sous la courbe stable, une diminution du polyphasisme et une augmentation des amplitudes des tracés en activité volontaire. L'ENMG peut avoir une importance médicolégale.

3.2.3 SELON LES ERGOTHÉRAPEUTES

3.2.3.1 Ancienneté de pratique

Quatre ergothérapeutes spécialisés dans le suivi de lésions de la main sont interrogés ; ils ont une ancienneté de pratique entre 4 ans et 34 ans.

3.2.3.2 Suivi

➤ **Recommandations**

Aucun ergothérapeute ne sait s'il existe des recommandations sur ce suivi.

➤ **Echéances**

Les ergothérapeutes sont peu précis sur les échéances de suivi. Ils décrivent plutôt un rôle d'exécutant avec des difficultés à avoir du recul sur l'évolution des résultats des différents outils utilisés. Néanmoins, ils décrivent 3 périodes au sein desquelles leur mission est différente en fonction des objectifs attendus.

➤ **Objectifs du suivi**

La première période correspond à la période d'attente de la repousse nerveuse. L'objectif à ce moment, en plus du bilan standard décrit dans la partie 3.2.2.2, est d'améliorer l'autonomie du patient, de surveiller la trophicité et les mobilités articulaires. En fonction des besoins, la confection d'orthèses et/ou de compressifs peut être effectuée. Des conseils à visée prophylactique sont prodigués notamment sur l'entretien de la trophicité avec la prévention des risques de blessures.

La deuxième période permet de faire le bilan de la réinnervation en réitérant les différents bilans. Durant cette période, la rééducation est initiée pour récupérer les mobilités articulaires et la motricité.

La dernière période a pour but de rechercher une gêne fonctionnelle et d'évaluer si le patient a mis en place ou non des compensations efficaces dans la vie quotidienne. Le rôle de l'ergothérapeute est essentiel. Il apporte une aide précieuse au médecin de MPR et au chirurgien de la main pour discuter de l'indication d'une chirurgie palliative. Le bilan 400 points est particulièrement intéressant car il permet d'évaluer la dextérité, la force, l'utilisation, l'intégration ou l'exclusion, les moyens de compensation et si l'anesthésie tridigitale est handicapante ou non. En fonction du nerf atteint, l'origine du handicap n'est pas le même : l'atteinte du nerf ulnaire est gênante par rapport à un déficit de force de la main alors que pour les atteintes du nerf médian, l'anesthésie tridigitale est souvent l'élément le plus invalidant. Il arrive qu'il y ait des transferts tendineux malgré cette anesthésie. En effet, elle peut être compensée par un bon contrôle visuel. La problématique du travail et de la conduite automobile est également abordée.

➤ **Outils d'évaluation**

Les ergothérapeutes effectuent le bilan décrit dans la partie 3.2.2.2. Le test de la sensibilité thermique par l'application du chaud et du froid est proposé par un ergothérapeute mais n'est pas réalisé systématiquement.

L'une des difficultés importantes du test SWM est de distinguer les dysesthésies et de la sensibilité perçue. En effet, la différence entre les deux n'est pas forcément évidente à décrire pour le patient et des erreurs peuvent être ainsi faites.

3.2.3.3 Chirurgie palliative

Les ergothérapeutes n'ont pas répondu aux questions abordant l'indication, les critères, les types de chirurgie palliative et la consolidation de la situation, ces dernières relevant d'avantage d'un avis médical.

4 DISCUSSION ET PERSPECTIVES D'EVALUATION : PROPOSITION D'UN PROTOCOLE DE SUIVI BASEE SUR UNE ANALYSE CRITIQUE DE LA LITTERATURE ET DE L'EXPERIENCE NANCEENNE

Pour proposer un protocole de suivi, il est indispensable de s'interroger avant tout sur les objectifs recherchés en s'appuyant notamment sur l'expertise des différents professionnels interrogés et de définir les échéances adaptées répondant à ces objectifs.

Une fois que ces échéances sont déterminées, le type d'outils permettant de répondre au mieux aux objectifs recherchés peut être discuté en prenant en compte leurs propriétés psychométriques décrites dans la littérature et la pratique clinique nancéenne telle qu'elle a été rapportée.

4.1 QUELS OBJECTIFS ET QUELLES ECHEANCES DE BILANS ?

Le suivi des patients après réparation nerveuse peut se diviser en 3 types de bilans : le bilan initial, le ou les bilan(s) intermédiaire(s) et le bilan final. Certains objectifs de ces bilans sont communs mais il existe également des objectifs spécifiques en particulier pour les bilans initial et final. Les 3 objectifs communs principaux aux différents bilans sont :

- Prévenir et surveiller l'apparition de complications,
- Dépister les patients nécessitant une prise en charge complémentaire (rééducative ou chirurgicale)
- Favoriser la reprise d'une activité manuelle, sociale ou et professionnelle, ou de loisirs.

4.1.1 LE BILAN INITIAL

Le bilan initial constitue le bilan de référence qui est la base de la comparaison lors des bilans suivants. Lors du bilan initial, il existe également un objectif de recherche des premiers signes de réinnervation.

Lors du bilan initial effectué à Nancy, le praticien recherche la présence de douleurs, de troubles trophiques, de complications comme la raideur articulaire, les adhérences

cicatricielles ou tendineuses. Les objectifs de ce bilan sont de prévenir les complications et de rechercher les premiers signes de réinnervation.

Par rapport à l'objectif de prévention des complications, le délai du bilan initial est à adapter aux lésions associées à l'atteinte nerveuse.

A Nancy, après le suivi cicatriciel à 15 jours post-opératoires, le bilan initial est proposé en général à 3-4 mois. Ce délai semble fixe quelles que soient la localisation de la lésion et la présence ou non de facteurs pronostics négatifs.

Pour déterminer le délai du bilan initial, il semble pourtant important de rechercher les facteurs pronostics de récupération décrits dans la partie 2.3.1. En effet, le pronostic va dépendre de l'intervalle de temps écoulé depuis la lésion, de la localisation de celle-ci et de l'âge du patient. Comme décrit dans l'étude de Galanakos et ses collaborateurs (160), il est difficile d'élaborer un protocole clinique basé sur un modèle de pronostic valide, fiable et sensible au changement, qui permette de déterminer quels patients ont plus ou moins de chances de récupérer sur le plan moteur et sensitif après une lésion du nerf médian ou ulnaire. Les chirurgiens de la main du CCEG interrogés prennent en compte ces facteurs dans le suivi. Ils sont plus ou moins d'accord sur les échéances proposées en fonction de la présence ou non de facteurs pronostics positifs et/ou négatifs.

Selon la littérature, dans les différents calendriers décrits, le bilan le plus précoce avec la réalisation d'un ENMG est proposé à 3 semaines selon l'étude menée par Van de Kar et al.(161) et à 8 semaines selon celle menée par Shin J. Oh(128). La pertinence de cet examen à 3 semaines est critiquable. En effet, cet examen met seulement en évidence une activité de dénervation. Il est trop précoce pour retrouver les premiers signes de réinnervation. En dehors de l'EMG, un bilan clinique entre 3 à 8 semaines peut cependant être utile dans l'objectif de dépistage et prévention des complications.

Selon les données neurophysiologiques, les muscles les plus proches du site de lésion (se situant entre 3 et 5 cm) ont une récupération plus précoce, à environ 2 mois, qui peut être objectivable en détection en activité volontaire.(125) Dans ce contexte, l'ENMG à 2 ou 3 mois semble pertinent pour rechercher les premiers signes de réinnervation.

L'étude menée par Galanakos (162) propose une adaptation du délai de réalisation du bilan initial en fonction de la localisation de la lésion : à 2 mois pour les lésions situées en distalité et en milieu d'avant-bras et à 3 mois pour les lésions proximales de l'avant-bras.

Le délai de réinnervation des greffes nerveuses est plus long que celui des sutures nerveuses. Il faudra ainsi également prendre en compte la technique de réparation et la longueur de la greffe (plus elle sera longue, plus le délai avant une réinnervation sera important).(132)

Il semble en effet approprié d'adapter le délai de ce bilan initial au délai de réinnervation estimé selon la localisation, la technique chirurgicale utilisée et les différents facteurs pronostics cités précédemment. Ainsi, un bilan initial pourrait être proposé à 2 mois en cas de lésion nerveuse au poignet avec des facteurs pronostics positifs, à 3 mois chez les patients présentant des facteurs pronostics négatifs ou une lésion nerveuse réparée à l'avant-bras, voire à 4 mois en cas de lésion nerveuse réparée à l'avant-bras avec des facteurs pronostics négatifs. Ce calendrier adapté à la lésion et aux facteurs pronostics permettrait de dépister les premiers signes de réinnervation au délai post-opératoire où ils sont attendus.

4.1.2 LE OU LES BILANS INTERMÉDIAIRES

En fonction de l'évolution, il peut y avoir un ou plusieurs bilans intermédiaires avant le bilan final.

Ce(s) bilan(s) a (ont) pour objectif de confirmer la réinnervation motrice, de suivre les signes de réinnervation sensitive et d'évaluer le retentissement fonctionnel. Leur rôle consiste aussi à prévenir des complications et rechercher l'apparition de troubles de la commande afin de proposer une prise en charge rééducative complémentaire si nécessaire.

A Nancy, l'échéance du premier bilan intermédiaire est proposée à **6 mois**. Le praticien aborde, à ce moment, la problématique professionnelle. Les bilans intermédiaires suivants, s'ils ont lieu, sont répétés dans un intervalle de 3 ou 6 mois en fonction des praticiens interrogés.

Selon la littérature, les données sur ce sujet sont inexistantes. En effet, il n'existe pas de d'étude évaluant l'intérêt d'un bilan à différentes échéances.

La détermination de l'échéance du premier bilan intermédiaire devrait s'adapter au résultat du bilan initial. L'échéance du bilan intermédiaire pourrait être proposé plus précocement s'il n'apparait pas de potentiels de réinnervation à la date où l'on peut en attendre compte tenu de

la distance lésion-muscle et de la progression habituelle de la réinnervation. En effet, cela signifie que l'allure de récupération est excessivement lente et qu'il peut y avoir un obstacle mécanique à la réinnervation (par formation d'un névrome ou de fibrose par exemple). En outre, une exploration chirurgicale peut être requise s'il n'y a pas de signes cliniques et électrophysiologiques de réinnervation un mois ou deux après la date espérée. Donoso (132), lui, suggère que la ré-exploration du site de suture est indiquée en l'absence :

- D'activité volontaire sur l'EMG à l'aiguille **à 7 mois** (12 mois pour les greffes),
- D'un potentiel d'action musculaire, d'une latence motrice distale mesurable ou d'une vitesse de conduction motrice **à 10 mois** (14 mois pour les greffes),
- D'un mouvement musculaire volontaire cliniquement détectable à 10 mois après la suture. Cette échéance pourrait être également proposée plus tôt si l'on suspecte la survenue de complications.

L'échéance du premier bilan intermédiaire doit prendre en compte la localisation de l'atteinte et les facteurs pronostics.

Etant donné que l'échéance du bilan initial proposée peut varier de 2 à 4 mois, il semble plus pertinent de proposer un intervalle minimal et maximal entre le bilan initial et le premier bilan intermédiaire plutôt que de réfléchir par rapport à la date de la lésion. Cet intervalle minimal peut ainsi concerner les situations où il n'existe pas de réinnervation au bilan initial et celles où l'on suspecte la survenue de complications. A l'inverse, l'intervalle maximal peut concerner les situations sans suspicion de complications où le bilan initial retrouvait une réinnervation motrice. Il doit être suffisamment long pour s'attendre à retrouver une récupération sensitive.

Le manque de données sur la cinétique de progression après réparation nerveuse rend difficile la détermination exacte d'un délai pertinent. La fréquence des autres bilans intermédiaires devra laisser le temps à une réinnervation de se poursuivre jusqu'à ce qu'elle se finisse.

Compte tenu des objectifs de ce(s) bilan(s), la proposition d'un intervalle minimal à 3 mois et d'un intervalle maximal à 6 mois entre l'échéance du bilan initial et celle du premier bilan intermédiaire semble raisonnable. Une répétition du bilan intermédiaire tous les 3 mois jusqu'au bilan final pourrait être proposée, laissant le temps à la réinnervation de se réaliser.

4.1.3 LE BILAN FINAL

Le bilan final correspond à un bilan intermédiaire devenu dernier. En outre, dire que ce bilan est devenu final signifie que le patient a obtenu soit :

- Une récupération ad integrum (arrêt du suivi)
- Une récupération partielle sans complication et avec peu de gêne fonctionnelle (arrêt du suivi)
- Une récupération partielle avant la fin de la réinnervation mais avec indication opératoire retenue (risque de séquelle fonctionnelle)
- Une récupération partielle en fin de réinnervation (compte tenu du délai attendu ou compte tenu de la stabilité des différents paramètres) (séquelle fonctionnelle).

Il est donc difficile de fixer à l'avance un délai post-opératoire précis de ce bilan final.

Ce bilan a pour objectifs d'évaluer la situation fonctionnelle du patient au terme de la réinnervation ou avant la fin de la réinnervation lorsque l'on s'attend à de mauvais résultats, de confirmer la fin de réinnervation dans certains cas et d'identifier les patients pour lesquels une chirurgie secondaire peut être indiquée. Pour cela, le bilan final doit comprendre une évaluation fonctionnelle permettant de mettre en évidence soit une gêne fonctionnelle pouvant justifier d'une chirurgie secondaire, soit des troubles de la commande et/ou une dissociation analytico-fonctionnelle pour lesquels une rééducation pourrait être proposée. Une réflexion vers une orientation chirurgicale secondaire est proposée en fonction de la gêne fonctionnelle décrite par le patient et celle objectivée. De plus, il sera également l'occasion de prévenir les complications ultérieures.

A Nancy, ce bilan est réalisé à 12-18 mois et parfois 18-24 mois selon les praticiens. La considération de la distance poignet et avant-bras n'est pas prise en compte sur le calendrier proposé à Nancy. Or, la repousse nerveuse, qu'elle soit située au niveau du poignet ou de l'avant-bras, ne met pas le même temps pour réinnover les muscles les plus distaux. Il pourrait être ainsi intéressant d'inclure dans le suivi la mesure entre la zone de la cicatrice et le muscle le plus distal à réinnover et en fonction de cette distance, proposer un calendrier de suivi adapté.

Selon la littérature, la confirmation de la fin de la réinnervation maximale est globalement plus tardive que l'échéance du bilan final proposée par les praticiens de Nancy. Selon Kouyoumdjian et al. (8), l'évaluation finale peut être nécessaire au moins deux à trois ans

après réparation nerveuse puisque les processus de réinnervation sensitive progressent encore pendant cette période. Selon Shin J. Oh(128), l'examen final est à effectuer à 18 mois pour évaluer la guérison ou les séquelles. Cette proposition s'est basée sur les résultats de l'étude de Ballantyne et Campbell,(163) qui retrouvent une amélioration maximale des fonctions sensitives et motrices à 15 mois, et qu'aucun changement significatif ne se produit dans les vitesses de conduction nerveuse au-delà de 15 mois après la suture. Néanmoins, il peut paraître difficile d'imaginer attendre ce délai, après une suture nerveuse au niveau du poignet, lorsque la gêne fonctionnelle et la problématique professionnelle sont prépondérantes et très invalidantes pour le patient, pour prendre une décision thérapeutique.

En dehors des situations de récupération complète ou récupération fonctionnelle satisfaisante pour le patient, pour déterminer le bilan final, il faut définir le moment le plus tardif où le bilan final de fin de réinnervation peut être réalisé.

Pour répondre à cette question, il faut réfléchir au moment au cours duquel une chirurgie palliative ou secondaire peut être proposée. Cette réflexion va surtout concerner l'aspect moteur. En effet, comme décrits dans la partie 1.4.2, les gestes secondaires pour l'aspect sensitif sont rares. La chirurgie palliative est indiquée lorsqu'il existe un risque de séquelle fonctionnelle ou lorsqu'il existe une séquelle fonctionnelle avérée. Ces indications dépendent de la dégénérescence irréversible des fibres musculaires dénervées limitant la réinnervation motrice et des données neurophysiologiques et cliniques de récupération entre deux bilans. En outre, même si on n'a pas atteint la date de dégénérescence, si on se retrouve face à une stabilité entre 2 bilans, il semble cohérent de dire que le potentiel de récupération sera mauvais et donc de proposer une chirurgie palliative. A l'inverse, s'il existe des signes de réinnervation motrice potentiel à l'ENMG, on pourra se permettre d'attendre avant de proposer une chirurgie palliative.

Ainsi, le moment le plus tardif auquel le bilan final de fin de réinnervation peut être réalisé devrait être à 18-24 mois post-opératoire. Dépassé ce délai, les chances de récupération motrice sont quasiment nulles. Ce bilan pourrait être adapté en fonction de la localisation et être proposé entre 12-18 mois après suture nerveuse au niveau du poignet et entre 18-24 mois après suture nerveuse au niveau de l'avant-bras ou après greffe nerveuse. Une réflexion sur l'indication d'une chirurgie palliative pourra être discutée à ces délais en fonction des séquelles fonctionnelles ou des risques de séquelles fonctionnelles.

4.2 QUELS OUTILS ?

Dans le cadre du suivi, il est nécessaire de disposer de tests et d'instruments de mesure fiables et valides sensibles au changement pour :

- Étayer les données de l'examen clinique,
- Donner un retour d'information au patient et au thérapeute (par exemple pendant la rééducation sensitive) et évaluer le retentissement fonctionnel après une réparation nerveuse.
- Documenter la progression de la récupération à la recherche de situations à risques de séquelles fonctionnelles ou de séquelles fonctionnelles avérées
- Analyser l'origine des séquelles fonctionnelles (déficit moteur, sensitif...) pour guider la prise de décision thérapeutique

Chaque test doit être évalué à l'aide de différents paramètres psychométriques avant de pouvoir en déterminer ses avantages et ses limites. Les critères d'un test standardisé sont les suivants :

- Des instructions spécifiques pour l'exécution du test doivent être publiées,
- Le test doit être fiable et valide,
- Le test doit être validé sur la population pour laquelle il est utilisé et il doit être sensible au changement.

La sélection des tests à utiliser doit tenir compte du temps de réalisation, de la faisabilité pratique, du matériel nécessaire.

Certains des instruments utilisés en pratique clinique et recommandés ne répondent pas pour l'instant à toutes les exigences des tests standardisés. Les méthodes d'évaluation appliquées dans la littérature vont de tests uniques de récupération sensitive ou motrice à des tests plus globaux de récupération de la fonction au moyen de questionnaires et/ou de tests de performance gestuelle et fonctionnelle. Un tableau récapitulatif des différents tests/questionnaires proposés par la littérature et effectués à Nancy est présenté dans l'**Annexe 20**.

A Nancy, les professionnels semblent partager l'idée qu'il faut utiliser une batterie de tests englobant l'évaluation des fonctions sensibles, motrices et fonctionnelles comprenant l'estimation de la douleur/inconfort.

Selon la littérature, l'évaluation globale après une section nerveuse doit tenir compte de quatre aspects de la récupération : la réinnervation, la gnose tactile, l'intégration des fonctions sensitives et motrices et la douleur ou l'inconfort.(164)

Cette évaluation clinique doit associer 3 sphères (42) :

- La sphère sensitive qui comprend l'innervation sensitive, la gnose tactile et la dextérité du doigt ;
- La sphère motrice qui comprend l'innervation motrice et la force de préhension
- La sphère de la douleur / inconfort qui comprend l'hyperesthésie et l'intolérance au froid.

4.2.1 TESTS CLINIQUES

4.2.1.1 Tests sensitifs

Que ce soit dans la littérature ou dans la pratique nancéenne, la douleur est décrite comme une donnée importante à prendre en compte et à évaluer. Elle est, en général, évaluée à l'aide de questionnaires (type DN4) ou d'échelles d'auto-évaluation (type Echelle Visuelle Analogique (EVA) ou Echelle Numérique de la douleur (EN)).

A Nancy, la recherche de réinnervation par le signe de Tinel est faite systématiquement par la majorité des praticiens. Selon l'expérience de ces praticiens, sa recherche semble pertinente à chaque échéance et peut s'intégrer comme un critère pronostic. Il n'existe pas de données de la littérature étudiant ce signe.

L'évaluation sensitive faite à Nancy analyse la sensibilité épicrotique au tact. Le bilan complémentaire demandé en ergothérapie est décrit en détail dans la partie 3.2.2.2 et ne diffère pas en fonction des échéances avec l'utilisation du SWM et du S2PD.

Selon la littérature, la récupération nerveuse suit une progression chronologique préétablie.(56,57) Une évolution des outils utilisés pour évaluer la sensibilité semble donc pertinente pour évaluer les différents domaines de la sensibilité en fonction du délai pour lesquels une récupération peut être attendue.

➤ Lors du bilan initial

Pour rechercher les premiers signes de réinnervation sensitive, l'étude de la sensibilité thermoalgique semble adaptée lors du bilan initial. L'exploration de l'une des deux sensibilités (thermique ou algique au pique touche ou au monofilament rouge et violet) peut

suffire. Le diagnostic topographique et qualitatif des atteintes nerveuses périphériques avec l'usage du monofilament et la détermination du territoire allodynique semble pertinent en cas d'allodynie.

De la même manière, l'évaluation de la sensibilité vibrotactile par l'utilisation du Vibralgic[®] qui n'est pas utilisé à Nancy pourrait être intéressant. En effet, c'est l'une des premières sensibilités à récupérer après réparation nerveuse. Ainsi, si ce test retrouve une anesthésie vibratoire, il n'y aura pas d'intérêt à réaliser d'autre test de la sensibilité épicrotique.

➤ Lors du ou des bilans intermédiaires

Lorsque le test de la sensibilité vibrotactile trouve la réapparition d'une sensibilité vibratoire, d'autres tests de la sensibilité épicrotique peuvent être proposés.

Parmi ces tests, le test de la sensibilité tactile par le test SWM possède une fiabilité et une validité documentées. Il illustre une dynamique temporelle utile lors de la première année post-opératoire. Il peut être recommandé dans la batterie de tests pour une évaluation de routine après une réparation nerveuse.

La sensibilité discriminative peut être évaluée, une fois qu'il n'y a plus d'anesthésie tactile. Le test M2PD a l'avantage de donner des informations plus précoces sur les résultats après réparation nerveuse que le test S2PD. Néanmoins, il manque des informations sur la vitesse de déplacement lors de son utilisation. De plus, l'échelle validée des cotations de la sensibilité à une corrélation seulement avec le S2PD.

La gnose tactile, étant l'une des dernières sensibilités à récupérer, son évaluation à cette échéance n'est pas pertinente.

➤ Lors du bilan final

Les tests effectués lors du bilan intermédiaire sont répétés pour suivre l'évolution de la récupération. Lors de ce bilan, l'évaluation de la gnose tactile pourrait être également proposée dans certaines situations. En effet, la gnose tactile sera particulièrement intéressante chez les patients exerçant des professions manuelles sans possibilité de contrôle visuel (exemple : mécanicien).

Selon les données de la littérature, l'évaluation de la gnose tactile peut se faire à l'aide du test S2PD, du STI test, du test de locognose, du Moberg pick-up test et du MTT. Le manque de sensibilité au changement du test S2PD suggère que d'autres options ou des options

complémentaires sont plus appropriées dans l'évaluation de la gnose tactile après une réparation nerveuse.(114) Le STI test est un instrument valide et fiable pour évaluer la gnose tactile après réparation nerveuse et possède une meilleure sensibilité au changement par rapport aux tests présentés. Ainsi, ce test pourrait parfois être proposé en complément dans la batterie de tests réalisée à Nancy.

Le choix des outils d'évaluation de la sensibilité doit être évolutif en fonction du délai et du début de récupération sensitive retrouvée : évaluation thermoalgique et/ou vibrotactile initiale, puis épicritique. L'évaluation de la gnose peut être une donnée complémentaire à ajouter dans certains cas.

4.2.1.2 Tests moteurs

A Nancy, à chaque bilan, l'évaluation motrice se fait par le testing musculaire selon l'échelle BMRC et selon l'échelle de Levame pour les muscles intrinsèques. Dans le cadre du bilan 400 points, la force de préhension est évaluée avec le dynamomètre de Jamar et le Pinch test à chaque échéance de bilan.

Dans la littérature, le testing musculaire manuel selon l'échelle BMRC et le dynamomètre de Jamar et le Pinch test ont tous une fiabilité et une validité documentées. L'échelle de Levame n'a pas été étudiée dans la littérature mais semble légitime dans l'évaluation des muscles intrinsèques de la main. Le dynamomètre de Jamar et le Pinch test sont les outils les plus utilisés pour évaluer la force musculaire de la main après des lésions nerveuses, bien que tous deux présentent l'inconvénient, dans les atteintes distales, d'étudier à la fois les muscles intrinsèques et extrinsèques.

Le nouveau dynamomètre de RIHM semble être un outil prometteur. Il est décrit comme évaluant exclusivement les muscles intrinsèques de la main donnant ainsi un bon reflet de la récupération motrice des nerfs ulnaire et médian dans les atteintes basses. Il a une excellente fiabilité mais n'a pas été testé pour sa validité et sa sensibilité au changement après réparation nerveuse. Le dynamomètre de RIHM pourrait être proposé en complément dans l'évaluation de suivi du patient. Néanmoins, il ne semble pas pertinent de l'utiliser avant la présence d'une contraction musculaire analytique.

Il existe peu de controverse sur le suivi moteur. Les outils sont peu nombreux et peu fiables.

4.2.1.3 Tests fonctionnels

L'évaluation fonctionnelle globale est nécessaire lors du bilan initial afin d'avoir une référence et rechercher des complications (exclusion), puis au bilan intermédiaire pour objectiver une amélioration et dépister des troubles de la commande ou une exclusion et enfin au bilan final pour analyser et évaluer la gêne fonctionnelle.

Cette évaluation peut se faire au travers de questionnaires donnant des informations subjectives sur la fonction et renseignant sur la perception qu'a le patient de sa gêne fonctionnelle dans ses activités du quotidien. Les tests d'évaluation reposant sur des mises en situation donnent des informations objectives sur la fonction mais leur situation non écologique peut être source de biais d'évaluation (exclusion corrigée en situation d'évaluation mais présente en spontané...). Une évaluation globale de la gestuelle pendant la durée globale de la consultation (en dehors du temps propre de bilan) peut permettre de dépister ces dissociations.

Donnant des informations complémentaires, l'utilisation associée de questionnaires et de mises en situation semble donc nécessaire.

➤ Questionnaires

A Nancy, aucun des intervenants ne propose de questionnaires aux patients.

Selon la littérature, aucun des Patient Reported Outcome Measures (PROMs) (PEM, DASH, MHQ et PRWHE) n'a pour le moment été jugé valide (102) pour la réparation des nerfs malgré une bonne fiabilité.

En ce qui concerne la sensibilité au froid, trois PROMs (CISS, CSS, PWES) ont été jugés fiables et valides pour évaluer l'intolérance au froid dans la réparation des nerfs.(78) Même si aucun n'a été validé en français, l'utilisation d'un de ces trois questionnaires pourrait être intéressante notamment pour les patients exposés au froid dans le cadre de leurs loisirs ou de leur profession.

➤ Tests cliniques

Selon les données de la littérature, les tests utilisés et/ou validés évaluant la dextérité dans le suivi des réparations nerveuses sont : le bilan 400 points, le test de Sollerman et le JTHFT.

A Nancy, le bilan 400 points permet, après suture nerveuse, de quantifier et suivre à la fois la récupération liée à la réinnervation (évaluée également par l'ENMG et le testing analytique)

mais également les compensations ou exclusions. L'existence de compensations peut permettre une fonction de bonne qualité malgré une récupération analytique pauvre. Au contraire, étant donné l'influence des troubles sensitifs, une récupération analytique motrice satisfaisante n'est pas associée systématiquement à un bon résultat fonctionnel. Ce test pourrait être utilisé en association avec d'autres outils et en particulier les questionnaires d'auto-évaluation qui étudient d'autres dimensions du retentissement fonctionnel. On pourrait associer ce test à un auto-questionnaire de type DASH ou quick DASH, même s'ils ne sont pas validés après réparation nerveuse, qui permettrait ainsi d'apporter un complément d'information sur le retentissement fonctionnel dans les activités de la vie quotidienne.

Selon la littérature, l'utilisation du JTHFT et du Sollerman sont décrites.

Le JTHFT est moins complet que le bilan 400 points car il n'évalue ni la force, ni la coordination bimanuelle, ni les activités situées au-dessus de la ligne des épaules mais sa passation est plus rapide et il nécessite moins de matériel. Contrairement au test de Sollerman et au bilan 400 points, il ne prend pas en compte la qualité du geste. Le patient n'est ainsi pas pénalisé s'il exclue une partie de sa main ou toute sa main ou si la préhension n'est pas conventionnelle.

Le test de Sollerman est relativement complet dans l'évaluation de la dextérité et pourrait également être proposé en alternative aux 400 points lors du suivi. Certains gestes évalués dans ces 2 tests sont proches. Un avantage du test de Sollerman sur le bilan 400 points est sa durée de passation qui est deux fois moins importante et la sélectivité de ses 20 sous-tests proches des activités de la vie quotidienne. L'inconvénient est qu'il ne comprend pas l'évaluation de la force de préhension et de la mobilité analytique présentes dans le bilan 400 points qui en font un bilan global et qui explique sa durée de passation plus longue. Les tâches demandées dans le bilan 400 points sont plus nombreuses et utilisent une grande diversité d'objets. Par habitude de pratique et par son évaluation plus complète, il semble pertinent de poursuivre la pratique du bilan 400 points.

Le suivi fonctionnel, pourtant clé, est peu décrit. L'association d'un test clinique fonctionnel et d'un questionnaire permettrait une évaluation globale et complète.

4.2.1.4 Test global

Le score de Rosén se calcule à l'aide d'une batterie de tests. Il s'est avéré être un outil quantitatif fiable pour apprécier la réparation nerveuse. Toutefois, le niveau de preuve actuel affirmant sa validité est insuffisant. En effet, une étude de plus grande puissance devrait être réalisée pour pouvoir recommander fortement cette stratégie.

L'utilisation du score de Rosén semble être intéressante dans les études de recherche. En effet, disposer d'un score englobant les différentes sphères de la récupération mentionnées précédemment permettrait de présenter de manière quantitative les résultats des réparations nerveuses, par exemple dans le cadre de la comparaison des différentes techniques chirurgicales. De plus, des études menées par Galanakos et al. (162,165) proposent un système de cotation pronostique du résultat fonctionnel post-opératoire de la main après réparation nerveuse à l'aide de ce score évalué à 2 ans pour les lésions du tiers distal de l'avant-bras, à 4 ans pour les lésions du tiers moyen de l'avant-bras et 6 ans pour les lésions du tiers proximal de l'avant-bras. Ce système a pour but de déterminer quels patients seraient en mesure de reprendre le travail et après quel délai. Néanmoins, ce système est basé sur des études rétrospectives avec une taille d'échantillons relativement petite dont les variables prises en compte dans le calcul final ne sont que le type de nerf atteint (ulnaire, médian et médio-ulnaire). Le concept pourrait être intéressant mais ce système n'est pas assez abouti pour être proposé.

En pratique, le score de Rosén ne répond pas aux objectifs de suivi clinique de la filière médico-chirurgicale nancéenne lors des différents bilans. En effet, pour exemple, avec ce score lors du bilan final, l'évaluation fonctionnelle de la dextérité est seulement évaluée à l'aide de 3 tâches du test de Sollerman. Ces dernières, présentes dans le bilan 400 points, ne traduisent que partiellement les résultats fonctionnels. Or, l'utilisation d'une évaluation fonctionnelle apporte des informations clés complémentaires aux données des examens cliniques et neurophysiologiques analytiques. En effet, le bilan final consiste à évaluer, au terme de la réinnervation (stabilité des examens cliniques et électrophysiologiques) ou au terme du suivi, le retentissement fonctionnel et à orienter ainsi les éventuels gestes chirurgicaux. De plus, ce score n'est pas validé en français.

Pour le moment, il n'existe pas de test global répondant aux objectifs recherchés. Toutefois, l'idée de présentation des résultats analytiques sensitifs, moteurs et fonctionnels sur un même outil est intéressante. On pourrait s'inspirer de ce score global pour créer une fiche synthétique reprenant les différents éléments en y présentant les résultats des bilans aux différentes échéances et en y incorporant les données neurophysiologiques.

4.2.2 TEST PARACLINIQUE : L'ÉLECTRONEUROMYOGRAMME (ENMG)

A Nancy L'ENMG est également quasi systématiquement demandé selon les chirurgiens interrogés sauf par les chirurgiens les plus expérimentés (demandé dans certaines conditions : objectifs spécifiques).

Selon la littérature, il n'y a pas de protocole clairement établi pour le suivi après réparation nerveuse à la fois en termes d'outils d'évaluation et de calendrier de réalisation. Les rôles respectifs des tests cliniques et des examens neurophysiologiques, pour évaluer les résultats après une réparation nerveuse, ne sont pas clairement déterminés.

Il est décrit par Rosén (42) que l'examen clinique est suffisant dans la plupart des cas. Pour d'autres auteurs (129,161), l'ENMG peut être utile comme complément à l'évaluation clinique pour évaluer les cas où il existe un doute clinique quant à l'évolution de la réinnervation et où une chirurgie secondaire est envisagée.

De plus, l'ENMG est plus sensible que l'examen physique pour détecter une **réinnervation précoce**. En effet, la réapparition des PUM lors de l'examen à l'aiguille dans le muscle le plus proche du site de la lésion est généralement la première preuve de réinnervation. Les preuves de réinnervation peuvent être détectées par l'ENMG des semaines ou des mois avant que la contraction volontaire ne soit visible. La première preuve de réinnervation est généralement l'apparition d'un PUM "naissant" de faible amplitude, court et très polyphasique.(3)

La place de l'ENMG et les moments de réalisation de cet examen dans le suivi après réparation nerveuse varient en fonction des circonstances cliniques mais aussi des habitudes des équipes.(157)

4.2.2.1 Lors du bilan initial

L'un des objectifs du bilan initial est de rechercher un début de réinnervation motrice au niveau des muscles proximaux à la lésion. L'intérêt de l'ENMG dans ce bilan est d'explorer la repousse axonale en recherchant la présence de petits PUM polyphasiques, souvent instables, appelés auparavant « potentiels naissants ». Ces potentiels sont présents avant que la contraction n'entraîne un mouvement. Initialement, la recherche d'une réinnervation demande de pratiquer un examen EMG du muscle le plus proche du site de la réparation car c'est là que la récupération sera détectée le plus tôt.

La stimulodétection réalisée à cette échéance ne retrouve pas de réponse lors des conductions nerveuses motrice et sensitive. Il semble ainsi pertinent de ne pas réaliser la stimulodétection mais d'effectuer la détection seule en particulier dans les muscles les plus proximaux à la lésion. En effet, dans les lésions très distales, la réapparition d'une réponse motrice en conduction peut survenir à un délai de 5 mois.(132)

A ce stade, la détection à l'aiguille seule suffit pour rechercher les premiers signes de réinnervation motrice.

4.2.2.2 Lors du bilan intermédiaire

Son objectif est de confirmer la réinnervation motrice en réalisant une détection à l'aiguille et d'évaluer sa progression en comparant les tracés dans les muscles proximaux avec ceux de l'examen initial et en recherchant l'apparition d'une réponse dans les muscles les plus distaux.

Dans la littérature, pour certains, il peut être utile dans la réflexion sur l'indication d'une ré-exploration chirurgicale du site de réparation. La ré-exploration du site n'est pratiquement plus fait à Nancy du fait de la prise en charge en urgence par des chirurgiens compétents dans la chirurgie nerveuse.

Après une suture nerveuse, les **premiers signes de réinnervation** électrophysiologique peuvent être détectés dans un *délai de 5 à 9 mois*, selon le niveau de la lésion.(155) Selon l'étude de Donoso et al.(132), l'activité motrice volontaire de l'unité motrice après section du nerf médian et/ou ulnaire au niveau du poignet ou de l'avant-bras commence à apparaître à 4 mois et est présente chez tous les patients 7 mois après la suture (pour les nerfs greffés l'intervalle est de 12 mois). L'étude menée par Van de Kar et al.(161) propose d'effectuer,

lorsqu'ils sont envisagés, des examens électrophysiologiques **entre 9 et 12 mois** s'il n'y a pas d'amélioration clinique sensitive ou motrice après 9 mois. Si ces examens électrophysiologiques montrent des signes de réinnervation en cours, une politique d'attente peut être suivie. Un nouvel examen après 6 mois supplémentaires est alors conseillé. Si les tests électrophysiologiques entre 9 et 12 mois ne montrent aucune réinnervation en cours, une nouvelle exploration du nerf est indiquée.

Il n'y a pas d'intérêt à réaliser de stimulodétection si des signes de fin de réinnervation à l'aiguille ne sont pas présents. La réponse **motrice** à la **stimulation distale** apparaît parfois dans les 9 mois après la suture nerveuse, et souvent *dans les 10 à 20 mois*.(125,132) En l'absence de réponse motrice distale, il pourra être intéressant de rechercher une réponse motrice par stimulation proximale au site de lésion. En effet, la réponse motrice sera plus facile à obtenir car les fibres nerveuses proximales ont conservé un seuil d'excitabilité normal. Les **potentiels sensitifs**, eux, sont **souvent absents 10 à 12 mois** après la suture.

Pour les bilans intermédiaires successifs, l'ENMG permet de confirmer ou non la réinnervation par la présence ou l'absence de potentiel de réinnervation de petites tailles polyphasiques.

La détection et la stimulodétection des conductions motrices (s'il existe de signes de fin de réinnervation à la détection) peuvent aider au suivi de la réinnervation motrice.

4.2.2.3 Lors du bilan final

Le but de l'ENMG est d'évaluer la qualité de la réinnervation. L'ENMG devra être complet et comporter la stimulodétection et la détection à l'aiguille pour rechercher des signes évocateurs :

- De fin de réinnervation par la présence de grands potentiels, potentiels géants ou de taille normalisée (détaillés dans la partie 2.1.2.2-C)
- De persistance d'un potentiel de réinnervation.

Le délai maximal de la réinnervation motrice est limité par la dégénérescence irréversible des fibres musculaires dénervées survenant entre 18-24 mois. Les échéances plus longues proposées par certains chirurgiens prennent en compte les résultats des ENMG et ce délai possible de réinnervation motrice maximale.

La question de l'intérêt de poursuivre le suivi ENMG à partir d'un seuil temporel correspondant à la réinnervation maximale peut se poser. En fonction de la localisation et des facteurs pronostics, la pertinence de continuer à réaliser des EMG peut être remise en question si l'évaluation clinique ou fonctionnelle n'évolue plus. En outre, en fonction de la localisation et des évaluations, il serait possible d'adresser plus rapidement le patient vers une prise en charge chirurgicale palliative en cas de réinnervation insuffisante ou inexistante.

Les études de la conduction nerveuse motrice et sensitive, l'EMG à l'aiguille et d'autres méthodes électrophysiologiques peuvent être utiles pour **détecter** et **suivre la réinnervation** et pour contribuer aux **décisions de traitement** et aux **pronostics**, en fonction du progrès de la réinnervation.

Lorsque l'indication d'une chirurgie palliative est retenue, certains chirurgiens utilisent également l'ENMG pour évaluer les muscles potentiellement transférables en particulier en cas de lésions neurologiques multiples ou de lésions complexes.

Le suivi ENMG comporte également un **intérêt médico-légal**. En effet, il peut permettre une évaluation des séquelles. Il aide à définir le moment où l'état est stabilisé afin de prononcer la consolidation. Il peut permettre de justifier une indication opératoire.

Pour conclure, l'évaluation globale analytique et fonctionnelle est nécessaire lors du suivi des patients après lésions du nerf médian et/ou ulnaire au poignet ou à l'avant-bras. Elle doit être basée sur des outils adaptés et complets. Le manque d'étude prospective sur la cinétique de récupération rend difficile la proposition d'un calendrier précis. Le schéma actuel utilisé à Nancy avec le bilan 400 points, a l'avantage de prendre en considération la problématique fonctionnelle. Pour autant, une adaptation des outils d'évaluation du suivi de réinnervation notamment lors des bilans initial et intermédiaire(s) pourrait être proposée. L'analyse de la littérature et des pratiques cliniques d'une filière spécialisée a permis de proposer une adaptation du schéma actuel utilisé à Nancy. L'utilisation du score de Rosén qui a, certes l'avantage d'être sous forme de score quantitatif, ne semble pas en adéquation avec les objectifs recherchés lors du suivi en filière médico-chirurgicale. De même, il n'existe pas de consensus, ni sur l'indication et les délais, ni sur la manière d'utiliser l'ENMG pour le suivi de la réinnervation post-suture en vue d'une prise de décision thérapeutique.

Le canevas de suivi doit rester adaptable et tenir compte des lésions associées, des facteurs pronostics et de la singularité du patient. Les suivis pluridisciplinaires médicochirurgicaux permettent la synthèse entre les éléments lésionnels et fonctionnels et une approche globale alliant les éléments psychosociaux et environnementaux dans l'intérêt du patient.

Il serait intéressant d'interroger d'autres filières spécialisées afin d'apporter des informations complémentaires. Au-delà d'être précieux dans le suivi des patients après réparation nerveuse primaire, l'usage d'une évaluation standardisée pourrait également permettre d'évaluer les résultats des chirurgies secondaires/palliatives et donner un point de comparaison entre les résultats préopératoires et post-opératoires.

BIBLIOGRAPHIE

1. Jaquet JB, Luijsterburg AJ, Kalmijn S, Kuypers PD, Hofman A, Hovius SE. Median, ulnar, and combined median-ulnar nerve injuries: functional outcome and return to productivity. *J Trauma*. oct 2001;51(4):687-92.
2. Vordemvenne T, Langer M, Ochman S, Raschke M, Schult M. Long-term results after primary microsurgical repair of ulnar and median nerve injuries. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. avr 2007;109(3):263-71.
3. Campbell WW. Evaluation and management of peripheral nerve injury. *Clinical Neurophysiology*. sept 2008;119(9):1951-65.
4. Asplund M, Nilsson M, Jacobsson A, von Holst H. Incidence of traumatic peripheral nerve injuries and amputations in Sweden between 1998 and 2006. *Neuroepidemiology*. 2009;32(3):217-28.
5. Ferrante MA. The Assessment and Management of Peripheral Nerve Trauma. *Current Treatment Options in Neurology*
6. Chhabra A, Ahlawat S, Belzberg A, Andreseik G. Peripheral nerve injury grading simplified on MR neurography: As referenced to Seddon and Sunderland classifications. *Indian J Radiol Imaging*. 2014;24(3):217-24.
7. Hundepool CA, Ultee J, Nijhuis THJ, Hout P, Hovius SER, Jaquet JB, et al. Prognostic factors for outcome after median, ulnar, and combined median–ulnar nerve injuries: A prospective study. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. janv 2015;68(1):1-8.
8. Kouyoumdjian JA, Graça CR, Ferreira VFM. Peripheral nerve injuries: A retrospective survey of 1124 cases. *Neurology India*. 5 janv 2017;65(3):551.
9. Robinson LR. Traumatic injury to peripheral nerves. *Muscle & Nerve*. 1 juin 2000;23(6):863-73.
10. Zegrea I, Chivu LI, Albu MG, Zamfirescu D, Chivu RD, Ion DA, et al. A Romanian therapeutic approach to peripheral nerve injury. *Rom J Morphol Embryol*. 2012;53(2):357-61.

11. Dvali L, Mackinnon S. Nerve repair, grafting, and nerve transfers. *Clin Plast Surg.* avr 2003;30(2):203-21.
12. Spinner RJ, Kline DG. Surgery for peripheral nerve and brachial plexus injuries or other nerve lesions. *Muscle Nerve.* mai 2000;23(5):680-95.
13. Siemionow M, Brzezicki G. Chapter 8 Current Techniques and Concepts in Peripheral Nerve Repair. In: *International Review of Neurobiology.* Elsevier; 2009
14. Grinsell D, Keating CP. Peripheral Nerve Reconstruction after Injury: A Review of Clinical and Experimental Therapies. *BioMed Research International.* 2014;2014:1-13.
15. Rebowe R, Rogers A, Yang X, Kundu SC, Smith TL, Li Z. Nerve Repair with Nerve Conduits: Problems, Solutions, and Future Directions. *J Hand Microsurg.* août 2018;10(2):61-5.
16. Bourrel P, Ferro RM, Lorthioir JM. [Epiperineural nerve sutures and neurilemmatic sutures. Comparative clinical results about 109 cases (author's transl)]. *Sem Hop.* 18 déc 1981;57(47-48):2015-23.
17. Pabari A, Lloyd-Hughes H, Seifalian AM, Mosahebi A. Nerve Conduits for Peripheral Nerve Surgery: Plastic and Reconstructive Surgery. juin 2014;133(6):1420-30.
18. Isaacs J. Major Peripheral Nerve Injuries. *Hand Clinics.* août 2013;29(3):371-82.
19. Bassilios Habre S, Bond G, Jing XL, Kostopoulos E, Wallace RD, Konofaos P. The Surgical Management of Nerve Gaps: Present and Future. *Ann Plast Surg.* mars 2018;80(3):252-61.
20. M.F G, M M, S H, Khan WS. Peripheral Nerve Injury: Principles for Repair and Regeneration. *Open Orthop J.* 27 juin 2014;8:199-203.
21. ENMG 2014: 19es journées francophones d'électroneuromyographie. De Boeck Supérieur; 2014. 349 p.
22. Tung TH, Mackinnon SE. Nerve transfers: indications, techniques, and outcomes. *J Hand Surg Am.* févr 2010;35(2):332-41.
23. Rinker B. Nerve Transfers in the Upper Extremity: A Practical User's Guide. *Ann Plast Surg.* juin 2015;74 Suppl 4:S222-228.

24. Chuang DC-C. Distal Nerve Transfers: A Perspective on the Future of Reconstructive Microsurgery. *J Reconstr Microsurg.* nov 2018;34(9):669-71.
25. Eder M, Schulte-Mattler W, Pöschl P. Neurographic course Of Wallerian degeneration after human peripheral nerve injury. *Muscle & Nerve.* 1 août 2017;56(2):247-52.
26. Midrio M. The denervated muscle: facts and hypotheses. A historical review. *Eur J Appl Physiol.* sept 2006;98(1):1-21.
27. Stoll G, Jander S, Myers RR. Degeneration and regeneration of the peripheral nervous system: from Augustus Waller's observations to neuroinflammation. *J Peripher Nerv Syst.* mars 2002;7(1):13-27.
28. Seddon HJ, Medawar PB, Smith H. Rate of regeneration of peripheral nerves in man. *The Journal of Physiology.* 30 sept 1943;102(2):191-215.
29. orthèse G d'étude de la main en. Rééducation de la main et du poignet: Anatomie fonctionnelle et techniques Elsevier SAS, Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation 2006 [26-064-A-10], 19p. Elsevier Health Sciences; 2013. 441 p.
30. Dolenc V, Janko M. Nerve regeneration following primary repair. *Acta Neurochirurgica.* mars 1976;34(1-4):223-34.
31. B. Valembois BM. Rééducation des troubles de la sensibilité de la main. EM-Consulte. 2006.
32. Loewenstein SN, Adkinson JM. Tendon Transfers for Peripheral Nerve Palsies. *Clin Plast Surg.* juill 2019;46(3):307-15.
33. Kilinc A, Ben Slama S, Dubert T, Dinh A, Osman N, Valenti P. Résultats de la réparation primaire des plaies du nerf médian et du nerf ulnaire au poignet. *Chirurgie de la Main.* avr 2009;28(2):87-92.
34. Burkhalter WE. Early tendon transfer in upper extremity peripheral nerve injury. *Clin Orthop Relat Res.* oct 1974;(104):68-79.
35. Trevett MC, Tuson C, de Jager LT, Juon JM. The functional results of ulnar nerve repair. Defining the indications for tendon transfer. *J Hand Surg Br.* août 1995;20(4):444-6.

36. Jones NF, Machado GR. Tendon transfers for radial, median, and ulnar nerve injuries: current surgical techniques. *Clin Plast Surg.* oct 2011;38(4):621-42.
37. Dydyk AM, Negrete G, Cascella M. Median Nerve Injury. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 [cité 29 avr 2020]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553109/>
38. Ceynowa M, Pankowski R, Rocławski M, Mazurek T. The sensory function of the uninjured nerve in patients after median and ulnar nerve injury. *J Hand Ther.* mars 2017;30(1):97-103.
39. Dumontier C, Froissart M-T, Dauzac C, Monet J, Sautet A. Prise en charge et rééducation des lésions nerveuses périphériques. *EMC - Kinésithérapie - Médecine physique - Réadaptation.* 1 janv 2006;1:1-15.
40. Merle M. *La main traumatique: Chirurgie secondaire, le poignet traumatique.* Elsevier Masson; 1992. 490 p.
41. Poppen NK, McCarroll HR, Doyle JR, Niebauer JJ. Recovery of sensibility after suture of digital nerves. *J Hand Surg Am.* mai 1979;4(3):212-25.
42. Rosén B. Recovery of sensory and motor function after nerve repair. A rationale for evaluation. *J Hand Ther.* déc 1996;9(4):315-27.
43. Levin S, Pearsall G, Ruderman RJ. Von Frey's method of measuring pressure sensibility in the hand: an engineering analysis of the Weinstein-Semmes pressure aesthesiometer. *J Hand Surg Am.* mai 1978;3(3):211-6.
44. Chassard M, Pham E, Comtet JJ. Two-Point Discrimination Tests versus Functional Sensory Recovery in both Median and Ulnar Nerve Complete Transections. *Journal of Hand Surgery.* déc 1993;18(6):790-6.
45. Moberg E. The unsolved problem—How to test the functional value of hand sensibility. *Journal of Hand Therapy.* 1 juill 1991;4(3):105-10.
46. Onne L. Recovery of sensibility and sudomotor activity in the hand after nerve suture. *Acta Chir Scand Suppl.* 1962;Suppl 300:1-69.
47. Novak CB. Evaluation of hand sensibility: a review. *J Hand Ther.* déc 2001;14(4):266-72.

48. Rosén B, Lundborg G. A new tactile gnosis instrument in sensibility testing. *J Hand Ther.* déc 1998;11(4):251-7.
49. Carlsson I, Cederlund R, Höglund P, Lundborg G, Rosén B. Hand injuries and cold sensitivity: reliability and validity of cold sensitivity questionnaires. *Disabil Rehabil.* 2008;30(25):1920-8.
50. Moberg E. Objective methods for determining the functional value of sensibility in the hand. *J Bone Joint Surg Br.* août 1958;40-B(3):454-76.
51. Lundborg G, Lie-Stenström AK, Sollerman C, Strömberg T, Pyykkö I. Digital vibrogram: a new diagnostic tool for sensory testing in compression neuropathy. *J Hand Surg Am.* sept 1986;11(5):693-9.
52. Lundborg G, Rosén B. Sensory relearning after nerve repair. *Lancet.* 8 sept 2001;358(9284):809-10.
53. Ruijs ACJ, Jaquet J-B, Kalmijn S, Giele H, Hovius SER. Median and Ulnar Nerve Injuries: A Meta-Analysis of Predictors of Motor and Sensory Recovery after Modern Microsurgical Nerve Repair: Plastic and Reconstructive Surgery. août 2005;116(2):484-94.
54. Rosén B, Lundborg G, Dahlin LB, Holmberg J, Karlson B. Nerve repair: correlation of restitution of functional sensibility with specific cognitive capacities. *J Hand Surg Br.* août 1994;19(4):452-8.
55. Schmauss D, Finck T, Megerle K, Machens H-G, Lohmeyer JA. The normal sensibility of the hand declines with age--a proclamation for the use of delta two-point discrimination values for sensibility assessment after nerve reconstruction. *J Peripher Nerv Syst.* sept 2014;19(3):197-204.
56. Dellon AL, Munger BL. Correlation of histology and sensibility after nerve repair. *J Hand Surg Am.* nov 1983;8(6):871-5.
57. Dellon AL. Evaluation of Sensibility and Re-education of Sensation in the Hand. Williams & Wilkins; 1981. 292 p.
58. Mackin E, Hunter JM, Callahan AD, Osterman AL, Skirven TM. Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity. Mosby; 2002. 2180 p.

-
59. Chantraine A. Rééducation neurologique: Guide pratique de rééducation des affections neurologiques. Arnette; 2013. 598 p.
 60. Ochs G, Schenk M, Struppler A. Painful dysaesthesias following peripheral nerve injury: a clinical and electrophysiological study. *Brain Res.* 4 sept 1989;496(1-2):228-40.
 61. Taylor KS, Anastakis DJ, Davis KD. Chronic pain and sensorimotor deficits following peripheral nerve injury. *Pain.* déc 2010;151(3):582-91.
 62. Lenoble E, Dumontier C, Mériaux JL, Mitz V, Sokolow C, Lemerle JP. [Cold sensitivity after median or ulnar nerve injury based on a series of 82 cases]. *Ann Chir Main Memb Super.* 1990;9(1):9-14.
 63. Ruijs ACJ, Jaquet J-B, van Riel WG, Daanen H a. M, Hovius SER. Cold intolerance following median and ulnar nerve injuries: prognosis and predictors. *J Hand Surg Eur Vol.* août 2007;32(4):434-9.
 64. Jerosch-Herold C. Assessment of sensibility after nerve injury and repair: a systematic review of evidence for validity, reliability and responsiveness of tests. *J Hand Surg Br.* juin 2005;30(3):252-64.
 65. Comtet JJ. La sensibilité : physiologie, examen, principes de la rééducation de la sensation. *Annales de Chirurgie de la Main.* 1 janv 1987;6(3):230-8.
 66. Dellon AL. Clinical use of vibratory stimuli to evaluate peripheral nerve injury and compression neuropathy. *Plast Reconstr Surg.* avr 1980;65(4):466-76.
 67. Dellon AL, Curtis RM, Edgerton MT. Evaluating recovery of sensation in the hand following nerve injury. *Johns Hopkins Med J.* avr 1972;130(4):235-43.

68. Mansat M. Le vibrometre: un generateur de vibrations pour le bilan quantitatif et la reeducation de la sensibilite. Le vibrometre: un generateur de vibrations pour le bilan quantitatif et la reeducation de la sensibilite. 1980;
69. Spicher C, Quintal I. La méthode de rééducation sensitive de la douleur: des troubles de base aux complications des troubles de la sensibilité cutanée lors de lésions neurologiques périphériques & cérébrales. Sauramps médical; 2013. 369 p.
70. Bell-Krotoski J, Tomancik E. The repeatability of testing with Semmes-Weinstein monofilaments. *J Hand Surg Am.* janv 1987;12(1):155-61.
71. Rosén B, Lundborg G. A model instrument for the documentation of outcome after nerve repair. *The Journal of Hand Surgery.* mai 2000;25(3):535-43.
72. Jerosch-Herold C. A study of the relative responsiveness of five sensibility tests for assessment of recovery after median nerve injury and repair. *J Hand Surg Br.* juin 2003;28(3):255-60.
73. Jerosch-Herold C. Measuring outcome in median nerve injuries. *J Hand Surg Br.* oct 1993;18(5):624-8.
74. Marsh D. The validation of measures of outcome following suture of divided peripheral nerves supplying the hand. *J Hand Surg Br.* févr 1990;15(1):25-34.
75. Comparing the Responsiveness over Time of Two Tactile Gnosis Tests: Two-Point Discrimination and the STI-Test
76. Dellon AL. The moving two-point discrimination test: clinical evaluation of the quickly adapting fiber/receptor system. *J Hand Surg Am.* sept 1978;3(5):474-81.
77. Dellon AL, Mackinnon SE, Crosby PM. Reliability of two-point discrimination measurements. *J Hand Surg Am.* sept 1987;12(5 Pt 1):693-6.
78. Fonseca M de CR, Elui VMC, Lalone E, da Silva NC, Barbosa RI, Marcolino AM, et al. Functional, motor, and sensory assessment instruments upon nerve repair in adult hands: systematic review of psychometric properties. *Syst Rev.* 27 2018;7(1):175.
79. Jerosch-Herold C, Rosén B, Shepstone L. The reliability and validity of the locognosia test after injuries to peripheral nerves in the hand. *J Bone Joint Surg Br.* août 2006;88(8):1048-52.

80. Sieg KW, Williams WN. Preliminary Report of a Methodology for Determining Tactile Location in Adults: The Occupational Therapy Journal of Research
81. Inter-Tester Reliability of a Tactile Gnosis Test: The STI-TestTM - Birgitta Rosén, 2003
82. STI2 Test - SENSORY TEST [Internet].
83. Ng CL, Ho DD, Chow SP. The Moberg pickup test: results of testing with a standard protocol. *J Hand Ther.* déc 1999;12(4):309-12.
84. Brandsma JW, Schreuders TA, Birke JA, Piefer A, Oostendorp R. Manual muscle strength testing: intraobserver and interobserver reliabilities for the intrinsic muscles of the hand. *J Hand Ther.* sept 1995;8(3):185-90.
85. Hsu H-Y, Kuo L-C, Kuan T-S, Yang H-C, Su F-C, Chiu H-Y, et al. Determining the functional sensibility of the hand in patients with peripheral nerve repair: Feasibility of using a novel manual tactile test for monitoring the progression of nerve regeneration. *J Hand Ther.* mars 2017;30(1):65-73.
86. Hsu H-Y, Kuo L-C, Jou I-M, Chen S-M, Chiu H-Y, Su F-C. Establishment of a proper manual tactile test for hands with sensory deficits. *Arch Phys Med Rehabil.* mars 2013;94(3):451-8.
87. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am.* mars 1984;9(2):222-6.
88. Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil.* févr 1985;66(2):69-74.
89. Gaul JS. Intrinsic motor recovery--a long-term study of ulnar nerve repair. *J Hand Surg Am.* sept 1982;7(5):502-8.
90. Mafi P, Mafi R, Hindocha S, Griffin M, Khan W. A systematic review of dynamometry and its role in hand trauma assessment. *Open Orthop J.* 2012;6:95-102.
91. Schreuders TAR, Roebroek ME, Jaquet J-B, Hovius SER, Stam HJ. Measuring the strength of the intrinsic muscles of the hand in patients with ulnar and median nerve injuries: reliability of the Rotterdam Intrinsic Hand Myometer (RIHM). *J Hand Surg Am.* mars 2004;29(2):318-24.

92. Schreuders TAR, Selles RW, Roebroek ME, Stam HJ. Strength measurements of the intrinsic hand muscles: a review of the development and evaluation of the Rotterdam intrinsic hand myometer. *J Hand Ther.* déc 2006;19(4):393-401; quiz 402.
93. Irwin MS, Gilbert SE, Terenghi G, Smith RW, Green CJ. Cold intolerance following peripheral nerve injury. Natural history and factors predicting severity of symptoms. *J Hand Surg Br.* juin 1997;22(3):308-16.
94. Craigen M, Kleinert JM, Crain GM, McCabe SJ. Patient and injury characteristics in the development of cold sensitivity of the hand: a prospective cohort study. *J Hand Surg Am.* janv 1999;24(1):8-15.
95. McCabe SJ, Mizgala C, Glickman L. The measurement of cold sensitivity of the hand. *J Hand Surg Am.* nov 1991;16(6):1037-40.
96. Chung KC, Pillsbury MS, Walters MR, Hayward RA. Reliability and validity testing of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire. *J Hand Surg Am.* juill 1998;23(4):575-87.
97. Shauver MJ, Chung KC. The Michigan hand outcomes questionnaire after 15 years of field trial. *Plast Reconstr Surg.* mai 2013;131(5):779e-87e.
98. Wehrli M, Hensler S, Schindele S, Herren DB, Marks M. Measurement Properties of the Brief Michigan Hand Outcomes Questionnaire in Patients With Dupuytren Contracture. *J Hand Surg Am.* sept 2016;41(9):896-902.
99. Efanov JI, Shine JJ, Darwich R, Besner Morin C, Arsenault J, Harris PG, et al. French translation and cross-cultural adaptation of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire and the Brief Michigan Hand Outcomes Questionnaire. *Hand Surg Rehabil.* avr 2018;37(2):86-90.
100. Dias JJ, Rajan RA, Thompson JR. Which questionnaire is best? The reliability, validity and ease of use of the Patient Evaluation Measure, the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand and the Michigan Hand Outcome Measure. *J Hand Surg Eur Vol.* févr 2008;33(1):9-17.
101. MacDermid JC. Development of a scale for patient rating of wrist pain and disability. *J Hand Ther.* juin 1996;9(2):178-83.

102. Fonseca MCR, Lalone E, Claro da Silva N, Mendes Sugano RM, Barbosa RI, Marcolino AM, et al. Construct validity of the Patient-Rated Wrist and Hand Evaluation questionnaire (PRWHE) for nerve repair in the hand. *Musculoskeletal Science and Practice*. avr 2019;40:40-4.
103. MacDermid JC, Tottenham V. Responsiveness of the disability of the arm, shoulder, and hand (DASH) and patient-rated wrist/hand evaluation (PRWHE) in evaluating change after hand therapy. *J Hand Ther*. mars 2004;17(1):18-23.
104. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med*. juin 1996;29(6):602-8.
105. Dubert T, Voche P, Dumontier C, Dinh A. Le questionnaire DASH. Adaptation française d'un outil d'évaluation international. *Chirurgie de la Main*. 1 janv 2001;20(4):294-302.
106. de Klerk S, Buchanan H, Jerosch-Herold C. The validity and clinical utility of the Disabilities of the Arm Shoulder and Hand questionnaire for hand injuries in developing country contexts: A systematic review. *J Hand Ther*. mars 2018;31(1):80-90.e1.
107. Fayad F, Lefevre-Colau M-M, Macé Y, Fermanian J, Mayoux-Benhamou A, Roren A, et al. Validation of the French version of the Disability of the Arm, Shoulder and Hand questionnaire (F-DASH). *Joint, bone, spine: revue du rhumatisme*. 1 avr 2008;75:195-200.
108. Backman C, Gibson SCD, Parsons J. Assessment of Hand Function: The Relationship between Pegboard Dexterity and Applied Dexterity: *Canadian Journal of Occupational Therapy*
109. Gable C, Xenard J, Makiela E, Chau N. Evaluation fonctionnelle de la main. Bilan 400 points et tests chiffrés. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*. 1 janv 1997;40(2):95-101.
110. Yancosek KE, Howell D. A narrative review of dexterity assessments. *J Hand Ther*. sept 2009;22(3):258-69; quiz 270.

111. Schoneveld K, Wittink H, Takken T. Clinimetric evaluation of measurement tools used in hand therapy to assess activity and participation. *J Hand Ther.* sept 2009;22(3):221-35; quiz 236.
112. Jongen SJ, Van Twisk R. Results of primary repair of ulnar and median nerve injuries at the wrist: an evaluation of sensibility and motor recovery. *Neth J Surg.* juin 1988;40(3):86-9.
113. Sollerman C, Ejeskär A. Sollerman hand function test. A standardised method and its use in tetraplegic patients. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* juin 1995;29(2):167-76.
114. Rosén B, Dahlin LB, Lundborg G. Assessment of functional outcome after nerve repair in a longitudinal cohort. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* mars 2000;34(1):71-8.
115. Gable C, Kandel M, Moureau F, Beer L, Chau N, Paysant J. [Reproducibility study of the « 400 Points assessment », a measurement of the hand's functional ability]. *Chir Main.* avr 2012;31(2):76-82.
116. Touillet A, Foisneau-Lottin A, Petry D, Dautel G, Paysant J. Intérêt de l'utilisation du bilan 400 points pour évaluer les résultats fonctionnels après sutures nerveuses tronculaires distales du membre supérieure ? *Hand Surgery and Rehabilitation.* 1 déc 2016;35(6):425.
117. Konzelmann M, Burrus C, Gable C, Moureau F, Luthi F, Simoes MDRP, et al. Validation d'une nouvelle version standardisée du bilan 400 points.
118. Konzelmann M, Burrus C, Gable C, Luthi F, Paysant J. Prospective multicentre validation study of a new standardised version of the 400-point hand assessment. *BMC Musculoskelet Disord.* 20 mai 2020;21(1):313.
119. Jebsen RH, Taylor N, Trieschmann RB, Trotter MJ, Howard LA. An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil.* juin 1969;50(6):311-9.
120. Sığırtmaç İC, Öksüz Ç. Investigation of reliability, validity, and cutoff value of the Jebsen-Taylor Hand Function Test. *J Hand Ther.* 7 mars 2020;
121. Sears ED, Chung KC. Validity and responsiveness of the Jebsen-Taylor Hand Function Test. *J Hand Surg Am.* janv 2010;35(1):30-7.

122. Rudman D, Hannah S. An instrument evaluation framework: description and application to assessments of hand function. *J Hand Ther.* déc 1998;11(4):266-77.
123. Guerra W, Baldauf J, Schroeder H. Long-term Results After Microsurgical Repair of Traumatic Nerve Lesions of the Upper Extremities. *Zentralblatt für Neurochirurgie - Central European Neurosurgery.* nov 2007;68(4):195-9.
124. Michon J, Amend P, Merle M. Microsurgical Repair of Peripheral Nerve Lesions: A Study of 150 Injuries of the Median and Ulnar Nerves. In: Samii M, éditeur. *Peripheral Nerve Lesions.* Berlin, Heidelberg: Springer; 1990. p. 343-56.
125. Emmanuel F. *Syndromes EMG d'atteinte des nerfs et des muscles.* Lavoisier; 2013. 313 p.
126. Krarup C, Boeckstyns M, Ibsen A, Moldovan M, Archibald S. Remodeling of motor units after nerve regeneration studied by quantitative electromyography. *Clinical Neurophysiology.* févr 2016;127(2):1675-82.
127. Borenstein S, Desmedt JE. Range of variations in motor unit potentials during reinnervation after traumatic nerve lesions in humans. *Ann Neurol.* nov 1980;8(5):460-7.
128. Oh SJ. *Clinical Electromyography: Nerve Conduction Studies.* Lippincott Williams & Wilkins; 2003. 869 p.
129. Dorfman LJ. Quantitative clinical electrophysiology in the evaluation of nerve injury and regeneration. *Muscle Nerve.* sept 1990;13(9):822-8.
130. McComas AJ, Fawcett PRW, Campbell MJ, Sica REP. Electrophysiological estimation of the number of motor units within a human muscle. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* avr 1971;34(2):121-31.
131. Stålberg E, van Dijk H, Falck B, Kimura J, Neuwirth C, Pitt M, et al. Standards for quantification of EMG and neurography. *Clin Neurophysiol.* 2019;130(9):1688-729.
132. Donoso RS, Ballantyne JP, Hansen S. Regeneration of sutured human peripheral nerves: an electrophysiological study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* févr 1979;42(2):97-106.

133. Hodes R. THE HUMAN ELECTROMYOGRAM IN RESPONSE TO NERVE STIMULATION AND THE CONDUCTION VELOCITY OF MOTOR AXONS: Studies on Normal and on Injured Peripheral Nerves. *Archives of Neurology & Psychiatry*. 1 oct 1948;60(4):340.
134. Robinson LR. How electrodiagnosis predicts clinical outcome of focal peripheral nerve lesions. *Muscle Nerve*. sept 2015;52(3):321-33.
135. Tackmann W, Brennwald J, Nigst H. Sensory electroneurographic parameters and clinical recovery of sensibility in sutured human nerves. *J Neurol*. 1983;229(3):195-206.
136. Birch R, Raji AR. Repair of median and ulnar nerves. Primary suture is best. *J Bone Joint Surg Br*. janv 1991;73(1):154-7.
137. Lenoble E, Sokolow C, Ebelin M, Rigot J, Dabos N, Lemerle JP, et al. [Results of the primary repair of 28 isolated median nerve injuries in the wrist]. *Ann Chir Main*. 1989;8(4):347-51.
138. Zachary RB. Results of nerve suture. *Spec Rep Ser Med Res Counc (G B)*. 1954;282:354-88.
139. Allan CH. Functional results of primary nerve repair. *Hand Clin*. févr 2000;16(1):67-72.
140. Saur K, Bartos R, Sames M. [Results of reinnervation after peripheral nerve repair by a microsurgical technique used in 1996-1998]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2004;71(5):297-302.
141. Kallio PK, Vastamäki M. An analysis of the results of late reconstruction of 132 median nerves. *J Hand Surg Br*. févr 1993;18(1):97-105.
142. Belousov AE. [Early results of microsurgical suture of the median and ulnar nerves in the forearm]. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*. août 1984;(4):32-4.
143. Cempla J, Pieniazek M, Pelczar-Pieniazek M. Regimen and results of physiotherapy in patients following surgical treatment of ulnar nerve injury. *Ortop Traumatol Rehabil*. oct 2007;9(5):499-510.
144. Debrunner-Mattila-Oukar null. [Results of ulnar nerve sutures. An analysis of 33 surgical cases]. *Helv Chir Acta*. juin 1970;37(3):356-66.

145. Duteille F, Petry D, Dautel G, Merle M. A Comparison Between Clinical Results and Electromyographic Analysis After Median or Ulnar Nerve Injuries in Childrens Wrists: *Annals of Plastic Surgery*. avr 2001;46(4):382-6.
146. Haussmann P, Goth D. [Primary and secondary microsurgical suturing of nerve injuries of the upper extremities. Results of treatment (author's transl)]. *MMW Munch Med Wochenschr*. 15 oct 1976;118(42):1361-2.
147. Leclercq DC, Carlier AJ, Khuc T, Depierreux L, Lejeune GN. Improvement in the results in sixty-four ulnar nerve sections associated with arterial repair. *J Hand Surg Am*. nov 1985;10(6 Pt 2):997-9.
148. Martini A, Zellner PR. [Results of nerve repair on the upper limbs]. *Chirurg*. déc 1976;47(12):682-6.
149. Roganovic Z. Missile-caused median nerve injuries: results of 81 repairs. *Surg Neurol*. mai 2005;63(5):410-8; discussion 418-419.
150. Sames M, Benes V. [Results of regeneration after peripheral nerve injuries]. *Rozhl Chir*. nov 1993;72(8):347-51.
151. Rosén B, Vikström P, Turner S, McGrouther DA, Selles RW, Schreuders T a. R, et al. Enhanced early sensory outcome after nerve repair as a result of immediate post-operative re-learning: a randomized controlled trial. *J Hand Surg Eur Vol*. juill 2015;40(6):598-606.
152. Yoshizawa E, Yabe Y, Ikeda A, Kidokoro Y, Yamane H. [Post-operative result of suturing of the median and ulnar nerves]. *Seikei Geka*. oct 1970;21(11):961-3.
153. Merle M, Amend P, Foucher G, Michon J. [Plea for the primary microsurgical repair of peripheral nerve lesions. A comparative study of 150 injuries of the median or the ulnar nerve with a follow-up of more than 2 years]. *Chirurgie*. 1984;110(8-9):761-71.
154. Aberg M, Ljungberg C, Edin E, Jenmalm P, Millqvist H, Nordh E, et al. Considerations in evaluating new treatment alternatives following peripheral nerve injuries: a prospective clinical study of methods used to investigate sensory, motor and functional recovery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2007;60(2):103-13.
155. Kim DH, Han K, Tiel RL, Murovic JA, Kline DG. Surgical outcomes of 654 ulnar nerve lesions. *J Neurosurg*. mai 2003;98(5):993-1004.

156. Bouretz J-C, Decoulx J, Razemon J-P, Labourdette P. Traumatic lesions of median and cubital nerves. (214 cases). 1 janv 1978;33:31-42.
157. Nikouei A, Seddighi A, Zali A, Tabatabaei S, Sheykhi A, Yourdkhani F, et al. Peripheral Nerve Injury: A Review Article. *International Clinical Neuroscience Journal*. 1 janv 2016;3:1-6.
158. Basar H, Basar B, Erol B, Tetik C. Comparison of ulnar nerve repair according to injury level and type. *Int Orthop*. oct 2014;38(10):2123-8.
159. Bruyns CNP, Jaquet J-B, Schreuders TAR, Kalmijn S, Kuypers PDL, Hovius SER. Predictors for return to work in patients with median and ulnar nerve injuries. *J Hand Surg Am*. janv 2003;28(1):28-34.
160. Galanakos SP, Zoubos AB, Johnson EO, Kanellopoulos AD, Soucacos PN. Outcome models in peripheral nerve repair: time for a reappraisal or for a novel? *Microsurgery*. mai 2012;32(4):326-33.
161. Van de Kar HJ, Jaquet JB, Meulstee J, Molenaar CBH, Schimsheimer RJ, Hovius SER. Clinical value of electrodiagnostic testing following repair of peripheral nerve lesions: a prospective study. *J Hand Surg Br*. août 2002;27(4):345-9.
162. Galanakos SP, Zoubos AB, Mourouzis I, Ignatiadis I, Bot AGJ, Soucacos PN. Prognostic scoring system for peripheral nerve repair in the upper extremity. *Microsurgery*. févr 2013;33(2):105-11.
163. Ballantyne JP, Campbell MJ. Electrophysiological study after surgical repair of sectioned human peripheral nerves. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. oct 1973;36(5):797-805.
164. Lundborg G, Rosén B. The two-point discrimination test--time for a re-appraisal? *J Hand Surg Br*. oct 2004;29(5):418-22.
165. Galanakos SP, Zoubos AB, Ignatiadis I, Papakostas I, Gerostathopoulos NE, Soucacos PN. Repair of complete nerve lacerations at the forearm: an outcome study using Rosén-Lundborg protocol. *Microsurgery*. mai 2011;31(4):253-62.
166. Gaven'ko FS. [Restoration of discriminative sensitivity after suturing the median and ulnar nerves in the forearm]. *Zh Nevropatol Psikiatr Im S S Korsakova*. 1981;81(4):527-9.

167. Lésions nerveuses périphériques : classifications, étiologies et principe de prise en charge: Peripheral nerve injuries: classification, aetiologies and principles of management - ScienceDirect
168. Sunderland SS. The anatomy and physiology of nerve injury. *Muscle & Nerve*. sept 1990;13(9):771-84.
169. Thomsen L, Schlur C. [Incidence of painful neuroma after end-to-end nerve suture wrapped into a collagen conduit. A prospective study of 185 cases]. *Chir Main*. oct 2013;32(5):335-40.
170. Braga Silva J, Marchese GM, Cauduro CG, Debiasi M. Nerve conduits for treating peripheral nerve injuries: A systematic literature review. *Hand Surg Rehabil*. 2017;36(2):71-85.
171. Chrząszcz P, Derbisz K, Suszyński K, Miodoński J, Trybulski R, Lewin-Kowalik J, et al. Application of peripheral nerve conduits in clinical practice: A literature review. *Neurol Neurochir Pol*. août 2018;52(4):427-35.
172. Chiu DT, Strauch B. A prospective clinical evaluation of autogenous vein grafts used as a nerve conduit for distal sensory nerve defects of 3 cm or less. *Plast Reconstr Surg*. nov 1990;86(5):928-34.
173. Griffin JW, Hogan MV, Chhabra AB, Deal DN. Peripheral Nerve Repair and Reconstruction: The Journal of Bone & Joint Surgery. déc 2013;95(23):2144-51.
174. Brown JM, Mackinnon SE. Nerve transfers in the forearm and hand. *Hand Clin*. nov 2008;24(4):319-40, v.
175. Forli A, Bouyer M, Aribert M, Curvale C, Delord M, Corcella D, et al. Upper limb nerve transfers: A review. *Hand Surg Rehabil*. 2017;36(3):151-72.
176. Sassu P, Libberecht K, Nilsson A. Nerve transfers of the forearm and hand: a review of current indications. *Plastic and Aesthetic Research*. 1 janv 2015;2:195.
177. Masméjean E. Lésion traumatique des nerfs périphériques. :36.
178. Lee SK, Wolfe SW. Peripheral nerve injury and repair. *J Am Acad Orthop Surg*. août 2000;8(4):243-52.

179. Azar FM, Canale ST, Beaty JH. Campbell's Operative Orthopaedics E-Book p3206;3214. Elsevier Health Sciences; 2016. 5264 p.
180. Brunelli GA. Sensory nerves transfers. J Hand Surg Br. déc 2004;29(6):557-62.

ANNEXES

Annexe 1	Différents types de plaie
Annexe 2	Compléments sur les techniques chirurgicales
Annexe 3	Compléments sur la physiopathologie des processus de dénervation/réinnervation
Annexe 4	Compléments sur les transferts tendineux et neurotisation sensitive
Annexe 5	Tableau récapitulatif des propriétés psychométriques des différents tests utilisés dans l'évaluation des réparations nerveuses du nerf médian et/ou ulnaire basé sur la méta-analyse menée par Fonseca
Annexe 6	Questionnaire CSS
Annexe 7	Questionnaire CISS
Annexe 8	Questionnaire PWES
Annexe 9	Questionnaire MHQ
Annexe 10	Questionnaire PRWHE
Annexe 11	DASH
Annexe 12	SF-36
Annexe 13	Test de Sollerman
Annexe 14	Bilan 400 points
Annexe 15	Score de Rosén
Annexe 16	Rappel sur les paramètres électrophysiologiques
Annexe 17	Tableau récapitulatif des facteurs pronostics de récupération après réparation nerveuse
Annexe 18	Questionnaire remis aux intervenants
Annexe 19	Réponses données aux questionnaires
Annexe 20	Tableau récapitulatif des différents tests/questionnaires proposés par la littérature et effectués à Nancy
Annexe 21	Proposition de suivi après réparation du nerf médian et/ou ulnaire au niveau du poignet ou de l'avant-bras

ANNEXE 1 :**Différents types de plaie**

L'aspect lésionnel d'une lésion ouverte peut se présenter sous la forme :

- D'une plaie **franche**, occasionnée le plus souvent par bris de glace (80%), ou par des objets tranchants (couteau, bistouri...) et plus rarement par un autre objet vulnérant. La section peut être franche et complète. Parfois la section peut provoquer une rétraction importante des deux extrémités du nerf.(5)
- D'une lacération ou plaie **contuse** avec une perte de substance des extrémités nerveuses plus importantes. Elle peut être due à un agent vulnérant externe ou à un foyer de fracture.
- D'une plaie « **balistique** » par projectile d'arme à feu, fragments métalliques... Elle peut être associée à une éventuelle section du nerf, complète ou partielle, des lésions liées à la grande énergie du projectile (lésion thermique, étirements, compressions par hématome périneural...).(21)

ANNEXE 2 :**Compléments sur les techniques chirurgicales**

Après section nerveuse, différentes techniques chirurgicales peuvent être utilisées à la phase aigüe. Le traitement des lésions associées est un préalable indispensable : stabilisation des fractures, réparations tendineuses et réparations vasculaires. En effet, l'environnement vasculaire influence de façon majeure les résultats de la réparation nerveuse.(167)

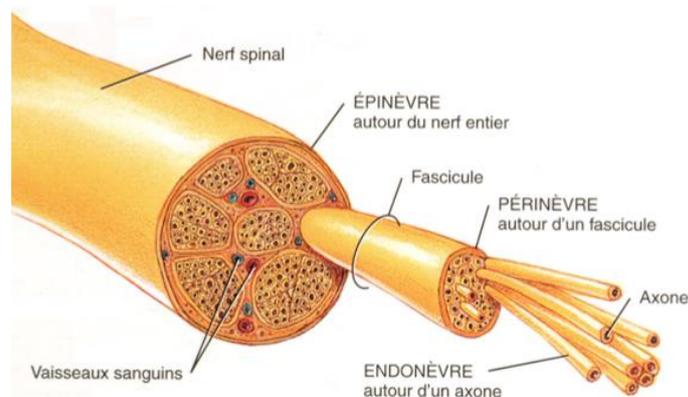


Figure 31 - Organisation structurale du nerf

➤ ***Suture microchirurgicale***

La réparation nerveuse est précédée par une neurolyse courte des deux extrémités nerveuses sous microscope en prenant garde à ne pas dévasculariser le nerf. L'orientation des groupes fasciculaires correspondants entre les extrémités sectionnées est d'une importance majeure. La vascularisation épineurale est un repère classique d'alignement des extrémités nerveuses. La connaissance de cartographie des fascicules selon Sunderland (168) (zone distale des nerfs ulnaires et médians) permet de limiter au mieux les erreurs d'orientation qui sont préjudiciables à la réinnervation surtout à proximité des effecteurs.

I, II, III : espaces interosseux correspondants.
 Th : branche thénarienne.
 P : proximal. D : distal.
 S cd : branche sensitive cutanée dorsale du nerf ulnaire.
 M : contingent moteur.
 S : contingent sensitif.
 Les flèches en pointillés correspondent aux coupes situées en amont (en haut sur le schéma) et en aval (en bas sur le schéma) de la branche sensitive cutanée dorsale.

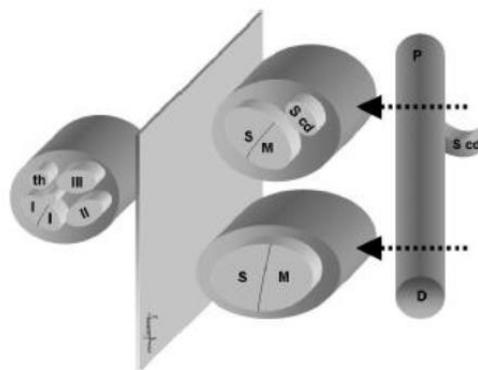


Figure 32 - Cartographie des fascicules du nerf médian (à gauche sur le schéma) et du nerf ulnaire (à droite sur le schéma) au poignet selon Sunderland (168)

La suture épipérineurale s'appuie sur les groupes fasciculaires les plus périphériques. Le caractère traumatisant des fils de suture qui induisent une réaction à un corps étranger, fait orienter la technique de suture vers le plus petit nombre de points possible (selon le diamètre du nerf réparé) avec adjonction de colle biologique (fibrine formée à la suite du mélange de fibrinogène et de thrombine).(17,18) Certains chirurgiens utilisent un neurotube collagénique résorbable comme adjuvant à la suture, dans le but de prévenir les névromes.(169) Les extrémités nerveuses sont positionnées dans le tube avec un espace n'excédant pas un ou deux millimètres et ce dernier est suturé à l'épinèvre.

En cas de contusion des extrémités nerveuses, la recoupe nerveuse en zone saine doit être la plus limitée possible. Elle se fait millimètre par millimètre jusqu'à ce que les fascicules soient bien visibles.

➤ *Techniques par greffe*

○ **Technique d'autogreffe**

Le nerf sural, avec application de plusieurs câbles, convient pour combler les défauts nerveux dans les principaux troncs nerveux, comme les nerfs radiaux, ulnaires et médians ainsi que les nerfs des membres inférieurs, par exemple le nerf sciatique et le nerf tibial.(18)

➤ *Conduits de repousses nerveuses*

Les conduits de repousses nerveuses permettent une réparation mécaniquement solide et l'isolement de la zone de régénération nerveuse de l'environnement. Ils permettent, en outre, de concentrer localement les facteurs trophiques qui interviennent dans les processus de régénération nerveuse et de guider les axones en limitant le risque d'échappement de ces derniers.(15,17,170,171)

○ **Conduits autogènes biologiques**

Les conduits biologiques autogènes comprennent les veines creuses, les conduits artériels et les tissus mous, y compris les greffes musculaires et tendineuses. Les conduits artériels et tendineux ne sont pas utilisés en pratique clinique. Concernant les greffes musculaires, les axones de régénération n'étant pas contenus dans le greffon, il peut se former des névromes ou une régénération aberrante.(14,17,18)

Les conduits veineux sont une alternative et présentent l'intérêt d'être ubiquitaires, de toutes tailles et sans morbidité remarquable du site de prélèvement. Les conduits veineux donnent des résultats comparables aux greffes du nerf sural pour des défauts < 3 cm dans la main et l'avant-bras.(14,172) Les inconvénients des conduits veineux comprennent la tendance des veines à s'effondrer, limitant ainsi leur capacité à traiter des défauts plus importants.

Les conduits veineux combinés avec du muscle utilisent l'interposition de tissu musculaire pour prévenir l'effondrement de la veine, ce qui permet de couvrir un défaut nerveux plus long..(15)

○ **Conduits biologiques non autogènes**

Les conduits biologiques non autogènes sont fabriqués à partir des collagènes de type I, III ou IV et sont disponibles cliniquement. Chez l'animal, l'efficacité est équivalente à celle obtenue avec une autogreffe.(14,17,18)

○ **Conduits non biologiques**

Les conduits non biologiques résorbables de deuxième génération sont fabriqués à partir d'acide polyglycolique poly lactique acide (P), poly-3-hydroxybutyrate (P) ou acide polylactide co-glycolide (P).(14,17,18) Les conduits non résorbables, dont le silicone et le Gore-Tex, présentent un risque accru de compression par inflammation chronique nécessitant parfois une ablation secondaire.(14) Les conduits nerveux PGA et PHB ont démontré des résultats équivalents aux greffes autologues pour les nerfs sensitifs de petites lacunes < 3 cm. (15,173) Les principaux guides synthétiques utilisés en clinique humaine sont à base d'acide polyglycolique ou en collagène (Neurotube, Revolvner). Leur inconvénient est un coût souvent élevé.

➤ ***Neurotisation motrice***

La sélection des nerfs donneurs doit inclure les considérations suivantes :

- S'il faut réanimer la motricité, le nerf donneur doit être moteur ;
- La fonction perdue par le prélèvement du nerf donneur doit être beaucoup moins importante que la fonction que l'on espère récupérer ;
- La longueur du nerf donneur doit être suffisante pour une suture directe sur le nerf receveur et placé le plus près possible de la plaque motrice ;
- Le diamètre du nerf donneur doit être le plus proche possible de celui du nerf receveur.

La fonction retrouvée par le transfert nerveux doit être synergique du nerf donneur.

Devant les résultats satisfaisants de certaines interventions de neurotisation proximale restaurant la fonction de l'épaule et du coude et les résultats décevants de la réinnervation distale suite à une lésion nerveuse du plexus brachial ou de ses branches terminales, des neurotisations plus distales dans l'avant-bras ont été proposées pour restaurer la fonction du poignet et des doigts.

Il faut bien mesurer les conséquences du prélèvement d'un nerf sain et le résultat escompté devra être supérieur à celui d'un transfert tendineux.(21)

Schéma de neurotisation

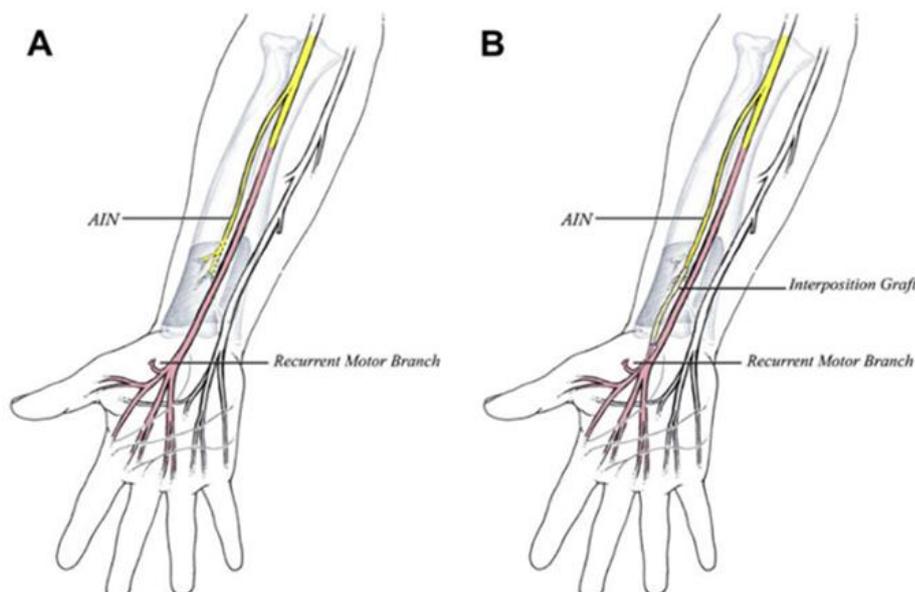


Figure 33 – L'AIN (nerf interosseux antérieur) distal par rapport au transfert médian de la branche motrice récurrente. (A,B) Les axones de l'AIN distale sont redirigés vers la branche motrice récurrente du nerf médian via un greffon d'interposition.

Jaune = nerf fonctionnel ; Rose = région de dysfonctionnement.(174)

○ Paralysie du nerf ulnaire

Les lésions nerveuses hautes du nerf ulnaire (à proximité du coude) entraînent la perte de la force de préhension et de la pince ainsi que de la sensibilité de l'auriculaire et du côté ulnaire de l'annulaire. Même après une réparation précoce, il est difficile d'obtenir une réinnervation fonctionnelle de la musculature intrinsèque. Le nerf médian peut fournir des branches motrices et sensitives dans l'avant-bras et la main qui compensent l'atteinte du nerf ulnaire (Figure 34).(22)

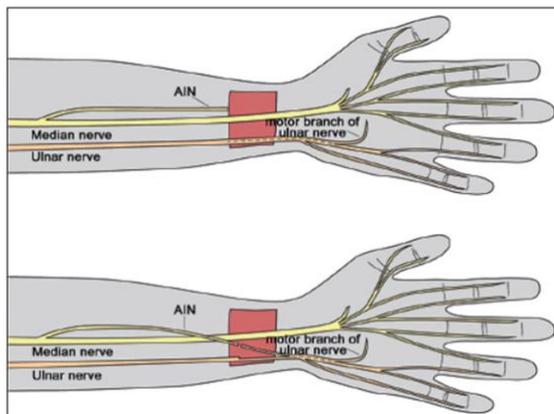


Figure 34 - Déficit du nerf cubital. Transfert de la branche terminale du nerf interosseux antérieur à la branche motrice du nerf cubital. AIN : nerf interosseux antérieur.

En cas de lésion combinée des nerfs ulnaire et médian, les branches motrices du nerf radial sont sélectionnées comme axones donneurs. L'objectif de la neurotisation est de rétablir l'écartement et la stabilisation des doigts en réinnervant la branche profonde du nerf ulnaire.

○ Paralysie du nerf médian

Dans les lésions hautes du nerf médian (en amont du nerf interosseux antérieur), l'objectif premier de la reconstruction est de rétablir (175) :

- La flexion du pouce et de l'index en réinnervant le nerf interosseux antérieur,
- La pronation en réinnervant le rond pronateur
- L'opposition du pouce en réinnervant la branche motrice du pouce

Le donneur le plus fréquent est le nerf radial et ses ramifications vers le supinateur et le court extenseur radial du carpe (ECRB) (Figure 35).(176)

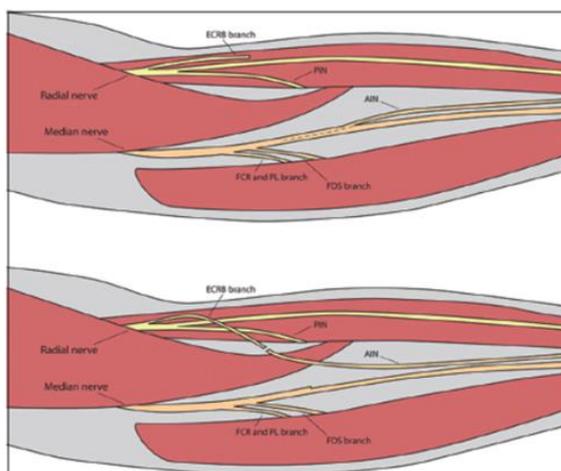


Figure 35 - Paralysie haute du nerf médian. Transfert de la branche motrice à l'ECRB vers le AIN. ECRB : court extenseur radial du carpe, PIN : Nerf interosseux postérieur, AIN : Nerf interosseux antérieur. FCR : Fléchisseur radial du carpe, FDS : fléchisseur superficiel des doigts, PL : Long palmaire

ANNEXE 3 :**Compléments sur la physiopathologie des processus de
dénervation/réinnervation**

La dégénérescence wallérienne concerne l'ensemble du segment d'aval et quelques millimètres du bout proximal jusqu'au 1^{er} nœud de Ranvier. Elle comporte la désintégration de l'axone au niveau de chaque fibre qui contraste avec la conservation de la gaine de Schwann. Le diamètre des tubes endoneuraux diminue d'au moins 10 à 20%, mais il semble que les nouveaux axones qui repoussent soient capables de dilater ces tubes. Cette diminution de diamètre est maximale au 3^{ème} mois.(39)

Il existe en même temps une dégénérescence proximale jusqu'au 1^{er} nœud de Ranvier. Le corps cellulaire subit également des modifications avec notamment une chromatolyse, un œdème cellulaire et une migration du noyau.(177)

Les premiers signes de la régénération nerveuse sont des changements visibles dans le corps cellulaire qui marquent l'inversion de la chromatolyse. La régénération se produit à partir du nœud de Ranvier le plus distal. Lorsque les deux tranches de section sont affrontées par une suture, les ramifications névritiques provenant de la partie proximale sont attirées par des facteurs de croissance produits par les « gaines vides » de la partie distale.(27) Des erreurs d'aiguillage sont responsables de la qualité imparfaite de la récupération et sont d'autant plus nombreuses que le siège de la lésion est haut situé.(30) Il ne faut pas que le délai de réinnervation soit trop long car, comme mentionné précédemment, les muscles dénervés trop longtemps dégènèrent.

Un blocage de la repousse nerveuse peut s'expliquer par un défaut de perméabilité du site de réparation nerveuse ou par un défaut de connexion des différents fascicules. En effet, les fascicules sensitifs peuvent s'appareiller avec des voies motrices et inversement. Cet aléa est dû à la disposition spatiale du nerf dont la répartition topographique des contingents sensitifs et moteurs diffère le long de son trajet.(21)

ANNEXE 4 :**Compléments sur les transferts tendineux et neurotisation sensitive**

Après réparation nerveuse, il faut attendre un délai variable selon le niveau de la lésion, le type lésionnel, l'âge du patient et la qualité de la réparation nerveuse avant de poser l'indication d'une chirurgie secondaire. En pratique, il est préférable de distinguer les lésions ayant un pronostic plutôt bon de réinnervation nerveuse de celles ayant un mauvais pronostic (lésions à double étage, délai important, sujet âgé, lésion proximale). Dans ce dernier cas de figure, une chirurgie palliative complète pourra être proposée précocement afin de ne pas attendre inutilement une récupération qui ne pourra pas survenir ou sera de toute façon incomplète.

➤ ***Transfert précoce***

Ces transferts doivent répondre à certains impératifs, notamment utiliser un minimum de moteur, afin de ne pas affaiblir les fonctions résiduelles. Le moteur est obligatoirement synergique de l'unité tendino-musculaire, pour ne pas la gêner, si la réparation nerveuse est efficace.

○ **Fonctions à suppléer**

Le transfert tendineux va dépendre des **besoins** et va également être variable selon la **gravité de la paralysie**. Par exemple, dans le cadre d'une paralysie ulnaire basse, il faudra considérer le renforcement de la pince pollicidigitale sur les deux versants pouce et index, la restauration de l'harmonie de flexion des doigts longs, la correction de la griffe et la correction éventuelle de l'abduction du 5^{ème} doigt. Lors d'une atteinte du nerf médian basse, la chirurgie s'intéressera à la restauration de l'opposition-antépulsion du pouce. Dans le cadre d'une paralysie combinée médian ulnaire basse, les besoins concernent la restauration de la pince pollicidigitale ou la dysharmonie de flexion des doigts longs et la griffe. Tandis que pour les lésions combinées hautes, l'objectif sera surtout de restaurer la pince pollicidigitale ou de restaurer la flexion du pouce et des doigts longs ou encore de traiter la dysharmonie de flexion des doigts longs et de la griffe.(177)

➤ ***Transfert nerveux sensitif***

L'objectif de la neurotisation sensitive est de *restaurer la sensibilité de protection* sans être trop délétère sur le nerf donneur.(174) Bien que les récepteurs sensitifs aient une plus grande marge de récupération, même plusieurs mois après la blessure, des réparations plus précoces conduisent clairement à de meilleurs résultats.(176,178)

○ **Indication**

Une neurotisation sensitive peut être discutée lorsque la récupération sensitive n'a pas eu lieu au moment attendu.(179)

Le transfert des nerfs sensitifs dans la main est une opération rapide qui peut restaurer une certaine sensibilité dans plus de 80 % des cas.(176)

- **Fonctions à suppléer**

La sensibilité de la main sera rétablie en réinnervant la branche superficielle du nerf ulnaire pour les atteintes ulnaires et la branche sensitive commune du nerf médian pour les atteintes du nerf médian. Le troisième espace interdigital innervé par le nerf médian, le quatrième espace interdigital innervé par le nerf ulnaire et le dos de la main innervé par le nerf radial sont des distributions sensibles moins indispensables et représentent donc les donneurs potentiels d'axones sensitifs.(180)

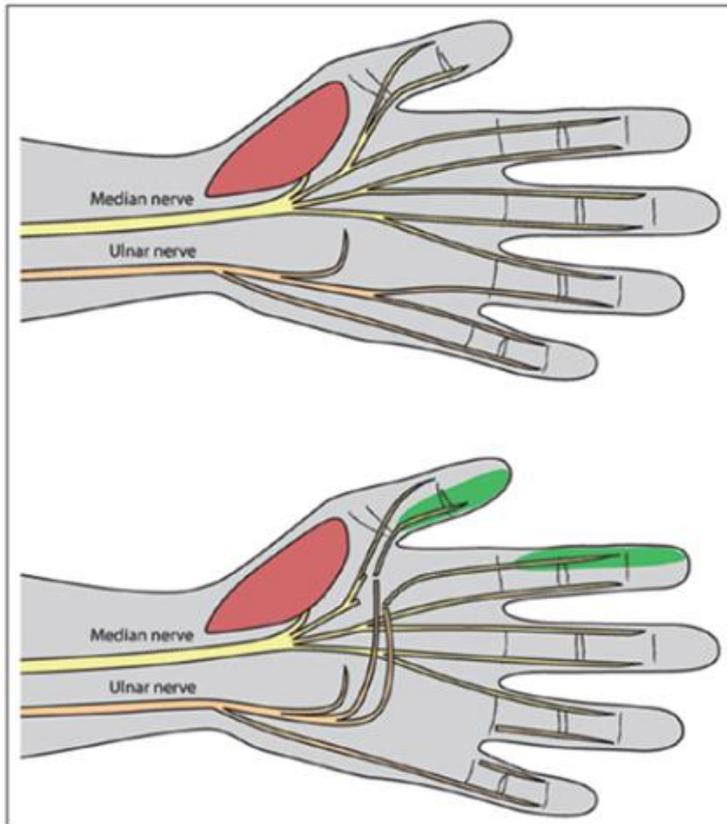


Figure 36 – Exemple : Déficit du nerf médian sensitif. Transfert des branches sensibles du nerf ulnaire au quatrième espace interdigital vers les branches sensitive du premier espace interdigital.

ANNEXE 5 :**Tableau récapitulatif des propriétés psychométriques des différents tests utilisés dans l'évaluation des réparations nerveuses du nerf médian et/ou ulnaire basé sur la méta-analyse menée par Fonseca.(78)**

Tests cliniques	Fidélité			Validité				Sensibilité au changement
	Intra-juge ou test-retest	Inter-juge	Cohérence interne*	Validité de construit** (convergence, divergence)	Validité de contenu ***	Validité prédictive ****	Validité concourante *****	Sensibilité au changement
SENSIBILITE								
S2PD								ES=0 de 3 à 12 mois après réparation médian ou ulnaire ES=0 de 3 à 48 mois après réparation médian ou ulnaire ES= 0.1 de 6 à 18 mois après réparation du médian
M2PD	X	X	X	X		X	X	
SWM		X		X			X	ES=1.5 de 3 à 48 mois après réparation médian ou ulnaire ES= 1.2 de 6 à 18 mois après réparation du médian
Diapason, Vibralgic ®		X		X			X	
Test de locognosie	X			X				ES = 0.9 de 6 à 18 mois après réparation du médian
STI test	X	X	X	X				ES = 1.1 de 6 à 18 mois après réparation du médian
Moberg pick-up test	X	X	X	X			X	ES=0.8 de 6 à 18 mois après réparation du médian
MTT	X			X				
MRC sensibilité	X			X			X	
MOTEUR								
MRC moteur	X			X				
Levame								
Dynamomètre de Jamar	X	X		X				

	Fidélité			Validité				Sensibilité au changement
Pinch test	X	X		X				
Dynamomètre de RIHM	X	X						
FONCTIONNEL								
CSS, CISS et PWES	X		X	X	X			
MHQ	X		X	X				
PRWHE	X			X				
DASH	X		X	X	X			
SF 36	X			X				
Test de Sollerman	X	X		X	X			ES = 0,53 de 3 à 48 mois après réparation médian ou ulnaire
400 points	X	X	X	X	X			
JTHFT	X	X						
SCORES GLOBAUX								
Rosén score	X		X	X				
Cotation de Chanson et Michon modifié								

X : signifie que la propriété psychométrique est validée pour le test

* Indicateur de la fiabilité d'un instrument ou d'une échelle de mesure. La cohérence interne est bonne si chacun des items utilisés permet d'obtenir la mesure du même phénomène ou les mêmes dimensions.

** Vise à s'assurer que l'instrument mesure vraiment le ou les construits qu'il a été conçu pour mesurer et qu'il offre une mesure adéquate du modèle théorique sur lequel il s'appuie.

*** Evalue dans quelle mesure les divers items ou épreuves d'un instrument psychométrique sont représentatifs du ou des construits mesurés et de leurs différentes facettes.

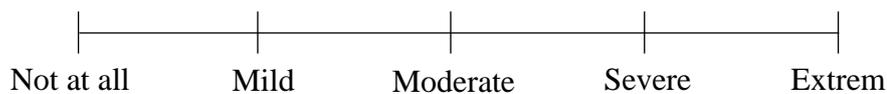
**** Capacité d'un outil de mesure à prédire correctement un événement futur. Elle concerne un critère futur qui peut être corrélé avec la mesure. Il existe donc un délai entre la mesure effectuée avec une épreuve (un test) et l'évaluation sur le critère.

***** Mesure le test à l'encontre d'un test de référence ; une corrélation élevée indique que le test a une validité des critères forte.

ANNEXE 6 :**Questionnaire CSS**

Procedure : The patient was asked to place an x somewhere on a 10 cm line, reflecting the severity of cold intolerance during four different activities of daily living. The score for each item was measured in millimeters from the beginning of the line, with the sum of responses to the four questions giving the cold sensitivity severity score (0-40).

1. How much does cold bother your injured hand while holding a glass of ice water?
2. How much does cold bother your injured hand when you get out of a hot shower or hot bathtub with the air at room temperature?
3. How much does cold bother your injured hand holding a frozen package from the freezer ?
4. How much does cold bother your injured hand when you wash in cold water ?



ANNEXE 7 :**Questionnaire CISS**

Questions	Scores
1. Which of the following symptoms of cold intolerance do you experience in your injured limb when exposed to cold? Pain, numbness, stiffness, weakness, aching, swelling, skin colour change (white/bluish-white/blue) For each symptom, give a score between 0 and 10 : 0 no symptoms and 10 of the most severe symptoms you can imagine.	No scores recorded
2. How often do you experience these symptoms? (Please check)	
Continuous/ all the time	10
Several times a day	8
Once a day	6
Once a week	4
Once a month or less	2
Never	0
3. When you develop cold-induced symptoms, when you return to a warm environment, the symptoms are relieved (please tick):	
Not applicable	0
In a few minutes	2
Within 30 minutes	6
After more than 30 minutes	10
4. What are you doing to alleviate or prevent your symptoms? (Please check)	
Do not take any special measures	0
Keeping your hand in your pocket	2
Wear gloves in cold weather	4
Wear gloves at all times	6
Avoid cold/stay indoors	8
Other (please specify)	10
5. How much does the cold affect your injured hand in the following situations (please rate 0 to 10) :	
Keep a glass of ice water	10
Keeping a package frozen from the freezer	10
Washing in cold water	10
When you get out of a hot bath/shower with air at room temperature	10
During the cold winter months	10
6. Please indicate how each of the following activities was affected by cold-induced symptoms in your injured hand and indicate your score for each:	
Domestic chores	4
Leisure and interests	4
Getting dressed and undressed	4
Tying your shoelaces	4
Your work	4

ANNEXE 8 :
Questionnaire PWES

Procedure : as for the Cold Sensitivity Severity

1. How much of your work requires manipulation of objects with your hand at temperature near or below freezing ?
2. At work, how much time are you required to be working either outside in the cold or in a refrigerated environment ?
3. How much do you do with the temperature at or near freezing when you are not able to wear gloves or mittens ?

|-----|-----|-----|-----|-----|
Never Rarely Occasionally Usually All the time

ANNEXE 9 :**Questionnaire MHQ**

Instructions : Ce questionnaire vous demande d'évaluer l'état de vos mains et de votre santé. Ces informations nous permettront de mieux comprendre ce que vous ressentez et d'apprécier votre niveau de performance en regard de vos activités habituelles.

Veillez, s'il vous plaît, répondre à **TOUTES** les questions en encerclant la réponse la plus appropriée. En cas de doute, encerclez la réponse qui se rapproche le plus de votre état.

I. Les questions suivantes portent sur la fonction de votre main(s)/poignet(s) *au cours de la dernière semaine*. Veuillez n'encercler qu'une seule réponse par question. Veuillez répondre à **CHAQUE** question, même si vous n'éprouvez aucun problème au niveau de votre main et/ou de votre poignet.

A. Les questions suivantes se rapportent à votre main/poignet **droit**.

	Très bien	Bien	Passable	Faible	Très faible
1. Dans l'ensemble, comment évaluez-vous la fonction de votre main <i>droite</i> ?	1	2	3	4	5
2. Comment évaluez-vous la mobilité des doigts de votre main <i>droite</i> ?	1	2	3	4	5
3. Comment évaluez-vous la souplesse de votre poignet <i>droit</i> ?	1	2	3	4	5
4. Comment évaluez-vous la force de votre main <i>droite</i> ?	1	2	3	4	5
5. Comment évaluez-vous la sensation de votre main <i>droite</i> ?	1	2	3	4	5

B. Les questions suivantes se rapportent à votre main/poignet **gauche**.

	Très bien	Bien	Passable	Faible	Très faible
1. Dans l'ensemble, comment évaluez-vous la fonction de votre main <i>gauche</i> ?	1	2	3	4	5
2. Comment évaluez-vous la mobilité des doigts de votre main <i>gauche</i> ?	1	2	3	4	5
3. Comment évaluez-vous la souplesse de votre poignet <i>gauche</i> ?	1	2	3	4	5
4. Comment évaluez-vous la force de votre main <i>gauche</i> ?	1	2	3	4	5
5. Comment évaluez-vous la sensation de votre main <i>gauche</i> ?	1	2	3	4	5

II. Les questions suivantes évaluent votre capacité d'accomplir certaines tâches avec vos mains. Veuillez n'encrer qu'une seule réponse par question. Si vous n'avez pas effectué l'une des tâches suivantes *au cours de la dernière semaine*, veuillez estimer la difficulté que vous auriez éprouvée à l'effectuer.

A. *Au cours de la dernière semaine*, quel niveau de difficulté avez-vous éprouvé à réaliser les activités suivantes en utilisant votre **main droite** ?

	Aucunement difficile	Légèrement difficile	Modérément difficile	Difficile	Très difficile
1. Tourner une poignée de porte?	1	2	3	4	5
2. Soulever une pièce de monnaie?	1	2	3	4	5
3. Tenir un verre d'eau?	1	2	3	4	5
4. Tourner une clé dans la serrure?	1	2	3	4	5
5. Tenir une poêle?	1	2	3	4	5

B. *Au cours de la dernière semaine*, quel niveau de difficulté avez-vous éprouvé à réaliser les activités suivantes en utilisant votre **main gauche** ?

	Aucunement difficile	Légèrement difficile	Modérément difficile	Difficile	Très difficile
1. Tourner une poignée de porte?	1	2	3	4	5
2. Soulever une pièce de monnaie?	1	2	3	4	5
3. Tenir un verre d'eau?	1	2	3	4	5
4. Tourner une clé dans la serrure?	1	2	3	4	5
5. Tenir une poêle?	1	2	3	4	5

C. *Au cours de la dernière semaine*, quel niveau de difficulté avez-vous éprouvé à réaliser les activités suivantes en utilisant *vos deux mains* ?

	Aucunement difficile	Légèrement difficile	Modérément difficile	Difficile	Très difficile
1. Ouvrir un pot?	1	2	3	4	5
2. Boutonner une chemise/blouse?	1	2	3	4	5
3. Manger avec une fourchette/un couteau?	1	2	3	4	5
4. Transporter un sac d'épicerie?	1	2	3	4	5
5. Laver la vaisselle?	1	2	3	4	5
6. Laver vos cheveux?	1	2	3	4	5
7. Lacer vos souliers ou faire des nœuds ?	1	2	3	4	5

III. Les questions suivantes évaluent votre capacité à accomplir des tâches liées à votre profession *au cours des quatre dernières semaines*. Veuillez n'encercler qu'une seule réponse par question.

	Toujours	Souvent	Parfois	Rarement	Jamais
1. À quelle fréquence avez-vous été incapable d'effectuer votre travail à cause de problèmes liés à l'état de votre main ou poignet?	1	2	3	4	5
2. À quelle fréquence avez-vous eu besoin de raccourcir votre journée de travail à cause de problèmes liés à l'état de votre main ou poignet?	1	2	3	4	5
3. À quelle fréquence avez-vous eu besoin de ralentir votre cadence au travail à cause de problèmes liés à l'état de votre main ou poignet?	1	2	3	4	5
4. À quelle fréquence avez-vous accompli moins que prévu au travail à cause de problèmes liés à l'état de votre main ou poignet?	1	2	3	4	5
5. À quelle fréquence avez-vous mis plus de temps à compléter les tâches de votre travail à cause de problèmes liés à l'état de votre main ou poignet?	1	2	3	4	5

IV. Les questions suivantes portent sur la douleur que vous avez ressentie au niveau de votre main ou poignet **au cours de la dernière semaine**. Veuillez n'encercler qu'une seule réponse par question.

A. Les questions suivantes évaluent la **douleur** ressentie au niveau de votre main/poignet **droit**.

1. *Au cours de la dernière semaine*, à quelle fréquence avez-vous ressenti de la douleur au niveau de votre main/poignet **droit** ?

1. Toujours
2. Souvent
3. Parfois
4. Rarement
5. Jamais

Si vous avez répondu « Jamais » à la question IV-A1 ci-dessus, veuillez passer immédiatement à la prochaine page.

2. Quelle était l'intensité de la douleur que vous avez ressentie au niveau de votre main/poignet **droit** ?

1. Très légère
2. Légère
3. Modérée
4. Sévère
5. Très sévère

	Toujours	Souvent	Parfois	Rarement	Jamais
3. À quelle fréquence la douleur ressentie au niveau de votre main/poignet droit a-t-elle nui à votre sommeil?	1	2	3	4	5
4. À quelle fréquence la douleur ressentie au niveau de votre main/poignet droit a-t-elle nui à vos activités quotidiennes (e.g. manger ou se laver)?	1	2	3	4	5
5. À quelle fréquence la douleur ressentie au niveau de votre main/poignet droit vous a-t-elle rendu(e) malheureux(euse)?	1	2	3	4	5

B. Les questions suivantes évaluent la **douleur** ressentie au niveau de votre main/poignet **gauche**.

1. *Au cours de la dernière semaine*, à quelle fréquence avez-vous ressenti de la douleur au niveau de votre main/poignet **gauche** ?

1. Toujours
2. Souvent
3. Parfois
4. Rarement
5. Jamais

Si vous avez répondu « **Jamais** » à la **question IV-B1** ci-dessus, veuillez passer immédiatement à la prochaine page.

2. Quelle était l'intensité de la douleur que vous avez ressentie au niveau de votre main/poignet **gauche** ?

1. Très légère
2. Légère
3. Modérée
4. Sévère
5. Très sévère

	Toujours	Souvent	Parfois	Rarement	Jamais
3. À quelle fréquence la douleur ressentie au niveau de votre main/poignet gauche a-t-elle nui à votre sommeil?	1	2	3	4	5
4. À quelle fréquence la douleur ressentie au niveau de votre main/poignet gauche a-t-elle nui à vos activités quotidiennes (e.g. manger ou se laver)?	1	2	3	4	5
5. À quelle fréquence la douleur ressentie au niveau de votre main/poignet gauche vous a-t-elle rendu(e) malheureux(euse)?	1	2	3	4	5

V. A. Les questions suivantes portent sur l'apparence de votre main **droite** au cours de la dernière semaine. Veuillez n'encercler qu'une seule réponse par question.

	Très en accord	En accord	Ni en accord ni en désaccord	En désaccord	Très en désaccord
1. Je suis satisfait(e) de l'apparence de ma main droite .	1	2	3	4	5
2. L'apparence de ma main droite m'a parfois rendu(e) inconfortable en public.	1	2	3	4	5
3. L'apparence de ma main droite m'a déprimé(e).	1	2	3	4	5
4. L'apparence de ma main droite m'a gêné(e) lors de mes activités sociales habituelles.	1	2	3	4	5

B. Les questions suivantes portent sur l'apparence de votre main ***gauche*** au cours de la dernière semaine. Veuillez n'encrer qu'une seule réponse par question.

	Très en accord	En accord	Ni en accord ni en désaccord	En désaccord	Très en désaccord
1. Je suis satisfait(e) de l'apparence de ma main <i>gauche</i> .	1	2	3	4	5
2. L'apparence de ma main <i>gauche</i> m'a parfois rendu(e) inconfortable en public.	1	2	3	4	5
3. L'apparence de ma main <i>gauche</i> m'a déprimé(e).	1	2	3	4	5
4. L'apparence de ma main <i>gauche</i> m'a gêné(e) lors de mes activités sociales habituelles.	1	2	3	4	5

VI. A. Les questions suivantes portent sur votre niveau de satisfaction en ce qui concerne votre main/poignet ***droit*** au cours de la dernière semaine. Veuillez n'encrer qu'une seule réponse par question.

	Très satisfait	Satisfait	Ni satisfait ni insatisfait	Insatisfait	Très insatisfait
1. Fonction globale de votre main <i>droite</i>	1	2	3	4	5
2. Dextérité des doigts de votre main <i>droite</i>	1	2	3	4	5
3. Souplesse de votre poignet <i>droit</i>	1	2	3	4	5
4. Force de votre main <i>droite</i>	1	2	3	4	5
5. Niveau d'intensité de la douleur de votre main <i>droite</i>	1	2	3	4	5
6. Sensation (sensibilité) de votre main <i>droite</i>	1	2	3	4	5

B. Les questions suivantes portent sur votre niveau de satisfaction en ce qui concerne votre main/poignet ***gauche*** au cours de la dernière semaine. Veuillez n'encrer qu'une seule réponse par question.

	Très satisfait	Satisfait	Ni satisfait ni insatisfait	Insatisfait	Très insatisfait
1. Fonction globale de votre main <i>gauche</i>	1	2	3	4	5
2. Dextérité des doigts de votre main <i>gauche</i>	1	2	3	4	5
3. Souplesse de votre poignet <i>gauche</i>	1	2	3	4	5
4. Force de votre main <i>gauche</i>	1	2	3	4	5
5. Niveau d'intensité de la douleur de votre main <i>gauche</i>	1	2	3	4	5
6. Sensation (sensibilité) de votre main <i>gauche</i>	1	2	3	4	5

Cette section vise à recueillir des informations plus générales. Veuillez y répondre le plus précisément possible, tout en n'encrer qu'une seule réponse par question.

1. Êtes-vous droitier ou gaucher ?

- a. Droitier
- b. Gaucher
- c. Ambidextre

2. Êtes-vous d'origine hispanique ?

- a. Oui
- b. Non

3. Quelle est votre origine ethnique ?

- a. Autochtone
- b. Asiatique
- c. Hawaïenne
- d. Noire/Afro-américaine
- e. Blanche
- f. Autre (Veuillez spécifier). _____

4. A. Veuillez décrire le type de travail que vous faisiez avant votre blessure à la main/au poignet.

B. Veuillez décrire le type de travail que vous faites maintenant (si différent).

5. Après combien de temps avez-vous réussi à reprendre une forme de travail quelconque après votre chirurgie ?

6. Suite à votre chirurgie, après combien de temps avez-vous réussi à reprendre le même travail que vous faisiez avant de subir votre blessure ?

7. Vous êtes un(e) ?

- a. Homme
- b. Femme

8. Quel est votre niveau d'éducation ?

- a. Diplôme d'Études Collégiales (DEC, BEPC in France)
- b. Diplôme d'Études Secondaires (DES, Baccalauréat) non obtenu
- c. Diplôme d'Études Secondaires (DES, Baccalauréat) obtenu dans une filière professionnelle
- d. Diplôme d'Études Secondaires (DES, Baccalauréat) obtenu dans une filière générale
- e. Diplôme d'Études Universitaires
- f. Diplôme d'Études Postuniversitaires (Maitrise, Doctorat)

9. Quel est votre revenu familial approximatif incluant salaires, paiements d'invalidité, pension de retraite et prestations d'aide sociale ?

- a. Moins de \$10 000 (€6750)
- b. \$10 000 (€6.750) - \$19 999 (€13.500)
- c. \$20 000 (€13.500) - \$29 999 (€20.250)
- d. \$30 000 (€20.250) - \$39 999 (€27.000)
- e. \$40 000 (€27.000) - \$49 999 (€33.750)
- f. \$50 000 (€33.750) - \$59 999 (€40.500)
- g. \$60 000 (€40.500) - \$69 999 (€47.250)
- h. Plus de \$70 000 (€47.250)

ANNEXE 10 :**Questionnaire PRWHE**

Nom et Prénom

:.....

Age :.....

Etes-vous : Droitier(ère) Gaucher(ère) Votre poignet atteint : Droit Gauche

Votre profession :.....

Date :.....

Les questions suivantes nous aideront à évaluer le niveau de difficulté que vous avez eu avec votre poignet au cours de la semaine passée. Pour chaque question, vous devez décrire la gêne moyenne rencontrée avec votre poignet durant la semaine passée sur une échelle de 0 à 10. SVP, essayer de répondre à TOUTES LES QUESTIONS. Si vous n'avez pas effectué une des activités demandées, veuillez ESTIMER la douleur ou la difficulté que vous auriez eu à réaliser cette activité. Si vous n'avez jamais effectué une des activités demandées, vous pouvez ne pas répondre à la question et laissez la ligne vierge.

DOULEUR

Pour chaque question, marquez le niveau moyen de douleur ressentie au niveau de votre poignet au cours de la semaine passée en ENTOURANT le chiffre (UN SEUL CHIFFRE) qui correspond le mieux à votre douleur sur une échelle de 0 à 10. Le zéro correspond à aucune douleur et le 10 à la plus forte douleur que vous avez ressentie en réalisant l'activité demandée.

Echelle exemple (ne rien entourer)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aucune douleur									Douleur extrême	

EVALUEZ VOTRE DOULEUR

Au repos : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

En effectuant une tâche nécessitant des mouvements répétés du poignet :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

En soulevant un objet lourd : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Lorsque la douleur est à son maximum :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Avez-vous souvent mal ? 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(Fréquence de votre douleur) Jamais Tout le temps

EVALUEZ VOTRE FONCTION**a. Activités spécifiques.**

Pour chaque question, marquez le niveau de difficulté rencontrée au cours de la semaine passée pour réaliser l'activité demandée en **ENTOURANT** le chiffre (UN SEUL CHIFFRE) qui correspond le mieux à votre difficulté sur une échelle de 0 à 10. Le zéro correspond à l'absence totale de difficulté et le 10 à l'incapacité complète à réaliser l'activité demandée.

Echelle exemple (ne rien entourer)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Aucune Difficulté										Incapacité à réaliser
Tourner la poignée d'une porte avec votre main atteinte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Couper la viande en utilisant votre main atteinte.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fermer les boutons de votre chemise.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utiliser votre main atteinte pour vous lever d'une chaise ou d'un fauteuil	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Porter un objet de 5 kg avec votre main atteinte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utiliser une serviette de toilette avec votre main atteinte.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

b. Activités courantes.

Pour chaque question, marquez le niveau de difficulté rencontré au cours de la semaine passée pour réaliser l'activité demandée en **ENTOURANT** le chiffre (UN SEUL CHIFFRE) qui correspond le mieux à votre difficulté sur une échelle de 0 à 10. Par activités courantes, nous entendons les activités telles que vous les réalisiez avant d'avoir vos problèmes au poignet. Le zéro correspond à l'absence totale de difficulté et le 10 à l'incapacité complète à réaliser l'activité demandée.

Echelle exemple (ne rien entourer)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Aucune difficulté										Incapacité à réaliser
Hygiène et soins personnels (S'habiller, se laver)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectuer vos travaux ménagers à domicile (ménage, entretien).	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectuer votre travail (activité professionnelle ou travail quotidien habituels)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectuer vos activités de loisirs	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Calcul du score :

Trois modalités de calcul du score total sont possibles.

1) *Analyse globale* : l'addition des chiffres obtenus rapporte un score sur 150.

2) *Analyse combinée* : le score de la fonction est divisé par 2 puis additionné à celui de la douleur afin d'obtenir un score sur 100.

3) *Analyse séparée de la douleur et de la fonction* : le score sur la douleur est multiplié par deux afin d'obtenir un score sur 100, celui de la fonction est interprété tel quel.

ANNEXE 11 :**DASH**

Nom :

Prénom :

date :

		aucune difficulté	difficulté légère	difficulté moyenne	difficulté importante	impossible
1	Dévisser un couvercle serré ou neuf					
2	Écrire					
3	Tourner une clé dans une serrure					
4	Préparer un repas					
5	Ouvrir un portail ou une lourde porte en la poussant					
6	Placer un objet sur une étagère au-dessus de votre tête					
7	Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)					
8	Jardiner, s'occuper des plantes (fleurs et arbustes)					
9	Faire un lit					
10	Porter des sacs de provisions ou une mallette					
11	Porter un objet lourd (supérieur à 5 Kg)					
12	Changer une ampoule en hauteur					
13	se laver ou se sécher les cheveux					
14	Se laver le dos					
15	Enfiler un pull-over					
16	Couper la nourriture avec un couteau					
17	Activités de loisir sans gros effort (jouer aux cartes, tricoter, etc.)					
18	Activités de loisir nécessitant une certaine force au niveau de l'épaule du bras ou de la main avec des chocs, (bricolage, tennis, golf, etc..)					
19	Activités de loisir nécessitant toute la liberté de mouvement (Badminton, lancer de balle, Pêche, Frisbee, etc.)					
20	Déplacements (transports).					
21	Vie sexuelle					

22	Pendant les 7 derniers jours, à quel point votre épaule, votre bras ou votre main a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins ? (entourez une seule réponse)				
	Pas du tout	légèrement	moyennement	beaucoup	extrêmement
23	Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles du fait (en raison, par) de problèmes à votre épaule, votre bras, ou votre main? (Entourez une seule réponse)				
	pas du tout limité	légèrement limité	moyennement limité	beaucoup limité	extrêmement limité
Veuillez évaluer la sévérité des symptômes suivants durant les 7 derniers jours. (Entourez une réponse sur chacune des lignes)					
24	Douleur de l'épaule, du bras ou de la main				
	aucune	légère	moyenne	importante	extrême
25	Douleur de l'épaule, du bras ou de la main en pratiquant une activité particulière Précisez cette activité :				
	aucune	légère	moyenne	importante	extrême
26	Picotements ou fourmillements douloureux				
	aucune	légère	moyenne	importante	extrême
27	Faiblesse du bras, de l'épaule ou de la main				
	aucune	légère	moyenne	importante	extrême
28	Raideur du bras, de l'épaule ou de la main				
	aucune	légère	moyenne	importante	extrême
29	Pendant les 7 derniers jours, votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)				
	Pas du tout	légèrement	moyennement	beaucoup	insomnie complète
30	"Je me sens moins capable, moins confiant ou moins utile à cause du problème de mon épaule, de mon bras, ou de ma main"				
	Pas d'accord du tout	Pas d'accord	ni d'accord, ni pas d'accord	d'accord	tout à fait d'accord

► **Gêne occasionnée lorsque vous jouez d'un instrument ou que vous pratiquez un sport**

Les questions suivantes concernent la gêne occasionnée par votre épaule, votre bras ou votre main lorsque vous jouez d'un instrument ou que vous pratiquez un sport ou les deux. Si vous pratiquez plusieurs sports ou plusieurs instruments (ou les deux), vous êtes priés de répondre en fonction de l'activité qui est la plus importante pour vous.

Indiquez le sport ou l'instrument qui est le plus important pour vous :

Entourez 1 seule réponse par ligne, considérant vos possibilités durant les 7 derniers jours.

Avez-vous eu des difficultés ? :

	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument avec votre technique habituelle	1	2	3	4	5
Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument à cause des douleurs de votre épaule, de votre bras ou de votre main	1	2	3	4	5
Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument aussi bien que vous le souhaitez	1	2	3	4	5
Pour passer le temps habituel à pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument	1	2	3	4	5

► **Gêne occasionnée au cours de votre travail**

Les questions suivantes concernent la gêne occasionnée par votre épaule, votre bras ou votre main **au cours de votre travail**.

Entourez la réponse qui, sur chacune des lignes, décrit le plus précisément vos possibilités **durant les 7 derniers jours**.

Si vous n'avez pas pu travailler pendant cette période, considérez comme « impossible » les quatre propositions suivantes :

Avez-vous eu des difficultés ? :

	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
Pour travailler en utilisant votre technique habituelle	1	2	3	4	5
Pour travailler comme d'habitude à cause de la douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main	1	2	3	4	5
Pour travailler aussi bien que vous le souhaitez	1	2	3	4	5
Pour passer le temps habituellement consacré à votre travail	1	2	3	4	5

ANNEXE 12 :**SF-36****QUESTIONNAIRE GENERALISTE SF36 (QUALITE DE VIE)****Rubrique : auto-administré/généraliste***Note préliminaire : ces repères permettent de s'assurer de l'adéquation entre le patient et l'outil de bilan proposé.***BILAN D'UTILISATION COURANTE :**

International « validé » (3)	International, largement accepté (2)	National (1)	Local (0)
--	--	------------------------	---------------------

Niveau du bilan : 3**POINT DE VUE UTILISATEUR (SI POSSIBLE)**

Simplicité d'utilisation SCORE = 2	Facilité de lecture SCORE = 1	Sensibilité aux très petits écarts SCORE = 3	Fiabilité vérifiée SCORE = 3	Reproductible inter intra SCORE = 3
---	--	--	---	---

Scores appliqués : 3 = excellent 2 = bon 1 = acceptable 0 = questionnable

Présentation :

Ce bilan de santé généraliste peut être utilisé en complément de bilans plus spécifiques.

Critères d'inclusion (les catégories majeures cliniques) :

Toutes catégories de personnes ayant des difficultés de santé.

Critères d'exclusion (ne pas utiliser pour) :

Aucun.

Critères de péjoration (diagnostic associé) :

Dépression, difficultés relationnelles.

Evolution du score :

Varie selon les items, afin de tester la vigilance du patient. La lecture des résultats fournit une appréciation sémantique.

QUESTIONNAIRE GENERALISTE SF36 (QUALITE DE VIE)

1.- En général, diriez-vous que votre santé est : (cocher ce que vous ressentez)

Excellente ___ Très bonne ___ Bonne ___ Satisfaisante ___ Mauvaise ___

2.- Par comparaison avec il y a un an, que diriez-vous sur votre santé aujourd'hui ?

Bien meilleure qu'il y a un an ___ Un peu meilleure qu'il y a un an ___
 A peu près comme il y a un an ___ Un peu moins bonne qu'il y a un an ___
 Pire qu'il y a un an ___

3.- vous pourriez vous livrer aux activités suivantes le même jour. Est-ce que votre état de santé vous impose des limites dans ces activités ? Si oui, dans quelle mesure ? (entourez la flèche).

a. Activités intenses : courir, soulever des objets lourds, faire du sport.

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

b. Activités modérées : déplacer une table, passer l'aspirateur.

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

c. Soulever et transporter les achats d'alimentation.

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

d. Monter plusieurs étages à la suite.

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

e. Monter un seul étage.

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

f. Vous agenouiller, vous accroupir ou vous pencher très bas.

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

g. Marcher plus d'un kilomètre et demi.

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

h. Marcher plus de 500 mètres

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

i. Marcher seulement 100 mètres.

↓ ↓ ↓
 Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

QUESTIONNAIRE GENERALISTE SF36 (QUALITE DE VIE)

j. Prendre un bain, une douche ou vous habiller.

Oui, très limité oui, plutôt limité pas limité du tout

4.- Au cours des 4 dernières semaines, avez-vous eu l'une des difficultés suivantes au travail ou lors des activités courantes, du fait de votre santé ? (réponse : oui ou non à chaque ligne)

	oui	non
Limiter le temps passé au travail, ou à d'autres activités ?		
Faire moins de choses que vous ne l'espérez ?		
Trouver des limites au type de travail ou d'activités possibles ?		
Arriver à tout faire, mais au prix d'un effort		

5.- Au cours des 4 dernières semaines, avez-vous eu des difficultés suivantes au travail ou lors des activités courantes parce que vous étiez déprimé ou anxieux ? (réponse : oui ou non à chaque ligne).

	oui	non
Limiter le temps passé au travail, ou à d'autres activités ?		
Faire moins de choses que vous n'espérez ?		
Ces activités n'ont pas été accomplies aussi soigneusement que d'habitude ?		

6.- Au cours des 4 dernières semaines, dans quelle mesure est-ce que votre état physique ou mental ont perturbé vos relations avec la famille, les amis, les voisins ou d'autres groupes ?

Pas du tout très peu assez fortement énormément

7.- Avez-vous enduré des souffrances physiques au cours des 4 dernières semaines ?

Pas du tout très peu assez fortement énormément

8.- Au cours des 4 dernières semaines la douleur a-t-elle gêné votre travail ou vos activités usuelles ?

Pas du tout un peu modérément assez fortement énormément

9.- Ces 9 questions concernent ce qui s'est passé au cours de ces dernières 4 semaines. Pour chaque question, donnez la réponse qui se rapproche le plus de ce que vous avez ressenti. Comment vous sentiez-vous au cours de ces 4 semaines :

a. vous sentiez-vous très enthousiaste ?

Tout le temps très souvent parfois peu souvent jamais

b. étiez-vous très nerveux ?

QUESTIONNAIRE GENERALISTE SF36 (QUALITE DE VIE)

d. mon état de santé est excellent.

_____ ↓ _____ ↓ _____ ↓ _____ ↓ _____ ↓
Tout à fait vrai assez vrai ne sais pas plutôt faux faux

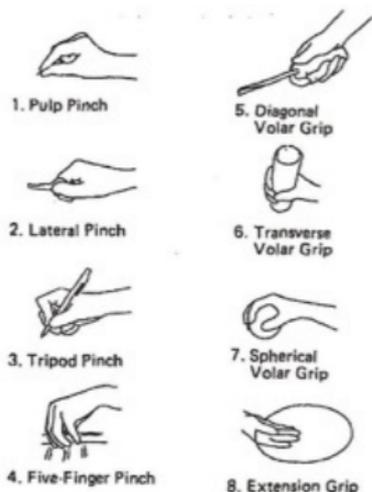
Wade JE, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). Medical Care 1992;30:473-483.

ANNEXE 13 :

Test de Sollerman

Nom : SOLLERMAN HAND FUNCTION TEST

Date :

Les prises autorisées**Cotation : de 0 à 4**

- 4 : tâche accomplie sans aucune difficulté en 20 secondes et avec une prise autorisée.
- 3 : légère difficulté ou exercice réalisé en 40 secondes ou divergence dans la prise
- 2 : beaucoup de difficulté, ou exercice réalisé en 60 secondes, ou autre prise choisie.
- 1 : Exercice en partie réalisé en 60 secondes

- 0 : impossible

Prises autorisées	Tâche	Score	Observations
1-2	1. Mettre la clé dans la serrure et la tourner à 90°		
1	2. Mettre la monnaie dans les porte-monnaie		
1-2	3. Ouvrir et fermer les zips des porte-monnaie		
1	4. Prendre les pièces d'un porte-monnaie		
4	5. soulever les cubes		
6	6. soulever le fer		
5	7. visser à l'aide du tournevis		
1-2-3	8. tourner les écrous sur les vis		
7	9. dévisser les deux couvercles		
1-2	10. mettre les boutons		
3-5	11. Couper la pâte à modeler avec le couteau et la fourchette		
2-4	12. enfiler le tubigrip sur l'autre main		
3	13. Ecrire (nom)		

Nom : SOLLERMAN HAND FUNCTION TEST

Date :

2-4	14. Plier le papier et le mettre dans l'enveloppe		
3	15. mettre un trombone sur l'enveloppe		
5	16. décrocher le combiné du téléphone et le porter à l'oreille		
6	17. tourner la poignée à 30°		
4	18. Verser de l'eau du pack en carton		
6	19. Verser de l'eau du pichet		
1-2	20. Vider l'eau de la tasse		
Total (/80)			

ANNEXE 14 :**Bilan 400 points****BILAN 400 POINTS MAIN**

DATE :

NOM :

PRENOM :

AGE :

PROFESSION :

DOMINANCE :

D G

COTE LESE

D G

ERGO :

TOTAL : / 400

/ / /

%

100

90				
80				
70				
60				
50				
40				
30				
20				
10				
0				

1) MOBILITE DE LA MAIN

C. sain		Côté lésé		
Cote	Mouvements	Cote	Coeff	Note
	Flexion doigts		3	
	Extension doigts		2	
	Ecartement doigts longs		3	
	Rapprochement doigts longs		2	
	Adduction pouce		2	
	Ecartement pouce		3	
	Opposition		3	
	Opposition contre résistance		2	
	Pincés latérales contre résistance		2	
	Pleine main contre résistance		3	
	Flexion du poignet		2	
	Extension du poignet		3	
	Pronation		3	
	Supination		2	
NOTE :		TOTAL /105		

2) FORCE DE PREHENSION

Côté sain		Côté lésé	
Valeur	Dynamomètres	Valeur	Note /50
	JAMAR (Kgf)		
	PINCH (Kgf)		
-10%	+10%	TOTAL :	
NOTE :		/ 100	

3) DEPLACEMENT MONOMANUEL		
Côté sain	Temps	Côté lésé
Cote	Matériel	Cote
	Cube 10 cm	
	Cube 7,5 cm	
	Cube 5 cm	
	Cube 2,5 cm	
	Bille 2,5 cm de diamètre	
	Cylindre 5 cm	
	Cylindre 7,5 cm	
	Cylindre 10 cm	
	Balle 7 cm de diamètre	
	Bille 1,6 cm de diamètre	
	Pièce de 30 mm de diamètre	
	Pièce de 25 mm de diamètre	
	Pièce de 15 mm de diamètre	
	Pointe	
	Briquet	
	Clef plate	
	Fer à repasser 2Kg	
	Verser en pronation	
	Verser en supination	
	Verre	
NOTE :		/60
NOTE :		/100

4) FONCTION BIMANUELLE			
les 2 mains sont utilisées spontanément			
Cote	Items à réaliser	D	Commentaires
	Couper viande		
	Ouvrir une bouteille, la fermer		
	Ouvrir un bocal		
	Déboucher un tube, le fermer		
	Ôter 3 boutons		
	Mettre 3 boutons		
	Ôter 3 lacets		
	Faire 3 lacets		
	Dévisser, visser écrou de 4mm		
	Enfiler fil dans une aiguille		
	Sortir une allumette		
	L'allumer, l'éteindre		
	Porte monnaie (pièces et billet)		
	Ecrire 15 mots		
	Tracer un trait (règle)		
	Plier feuille sur trait		
	Déchirer sur la pliure		
	Couper du carton		
	Couper du métal		
	Déchirer un journal		
TOTAL :		/60	
NOTE :			/100

COTATION

3 : Mouvement, action ou geste normal

2 : Mouvement, action ou geste lent, imprécis, disharmonieux

1 : Mouvement, action ou geste incomplet, ou avec exclusion ou compensation

0 : Mouvement, action ou geste impossible

Epreuve 4 : "D" = Dominance

Noter "+" pour respect de dominance

Noter "-" pour transfert de dominance

ANNEXE 15 :

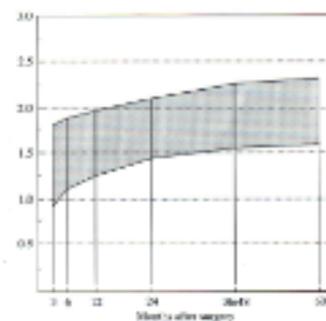
Score de Rosén

Model Instrument for Outcome after Nerve Repair

Name:.....

Domain	Instrument and quantification	Months/ days	Score (scoring key / normal)				
Sensory Innervation 	Semmes-Weinstein Monofilament 0-not testable 1-filament 6.65 2-filament 4.56 3-filament 4.31 4-filament 3.61 5-filament 2.83 Result:0-15 Normal median:15 Normal ulnar:15						
	Tactile gnosis S2PD (digit II or V) 0-≥16 mm 1-11-15 mm 2-6-10 mm 3≤5 mm Result:0-3 Normal:3						
	STI-test (digit II or V) Result:0-6 Normal:6						
	Dexterity Sollerman test (task 4,8,10) Result:0-12 Normal:12						
Mean sensory domain:							
Motor Innervation	Manual muscle test 0-5 Median:palmarabd Ulnar: abd dig II, V add dig V Result median:0-5 Result ulnar: 0-15 Normal median:5 Normal ulnar:15						
	Grip strength Jamar dynamometer Mean of 3 trials in second position, right and left Normal: Result uninjured hand						
Mean motor domain:							
Pain/discomfort Hyperaesthesia/ Allodyni	The patient's estimation of problem 0-Hinders function 1-Disturbing 2-Moderate 3-None/minor Result:0-3 Normal:3						
	Cold intolerance As for Hyperaesthesia/Allodyni						
Mean pain/ discomfort domain:							
Total score: sensory + motor + pain/discomfort							

Estimated predicted values for "total score" after repair of the median or ulnar nerve in the distal forearm or at the wrist in adults. The shaded area represents the 95% individual prediction interval.
J Hand Surg 2000;25A:535-43, J Hand Surg 2001;26B:196-200.



ANNEXE 16 :**Rappel sur les paramètres électrophysiologiques****A. STIMULODÉTECTION**

L'examen électrophysiologique commence habituellement par l'étude de la conduction motrice puis sensitive.

→ **Conduction motrice**

L'étude de la conduction nerveuse motrice a pour but de dépister, de typer, de quantifier et éventuellement de localiser des anomalies du fonctionnement des fibres nerveuses motrices. Son principe est de délivrer une stimulation électrique supramaximale à un nerf en divers points de son trajet et d'analyser les réponses induites dans l'un des muscles de son territoire. La réponse motrice enregistrée sur un muscle représente la somme des contributions de chacune des unités motrices activées par la stimulation du nerf. Chaque fibre nerveuse motrice stimulée engendre un potentiel d'action dans chacune des fibres musculaires qu'elle innerve : l'ensemble des potentiels de fibres musculaires de l'unité motrice s'ajoute et compose un potentiel d'unité motrice (PUM). C'est la somme des PUM élémentaires engendrée par les différentes fibres nerveuses motrices activées qui constitue la réponse motrice (PAMC).

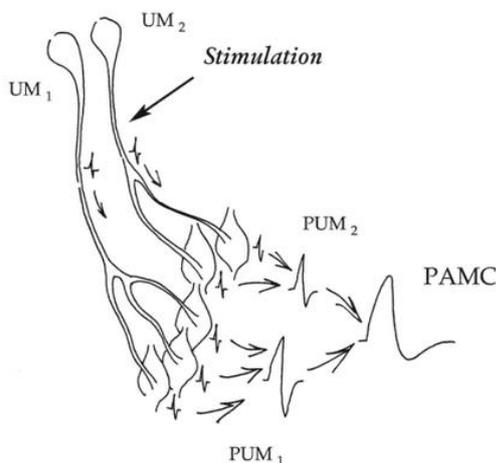


Figure 37 - Schéma de composition des potentiels de fibres musculaires en PUM et PAMC d'après (125)

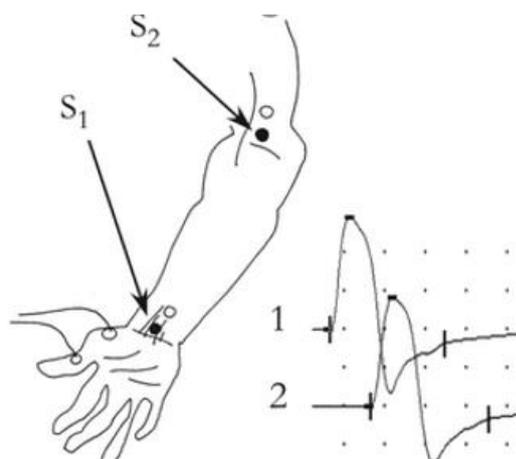
Lors de l'évaluation de la conduction motrice, trois types de paramètres sont mesurés pour chaque réponse enregistrée.

L'**amplitude et la surface** de la réponse dépendent du nombre de fibres musculaires activées. Leur mesure vise à apprécier le nombre de fibres musculaires fonctionnelles dans le muscle enregistré et le nombre de fibres nerveuses fonctionnelles dans le segment nerveux compris entre le point de stimulation et le point de recueil.

La **latence de la réponse** correspond à son délai d'apparition après la stimulation. On l'appelle latence distale (LD) pour la réponse distale. Sa mesure vise à apprécier la vitesse de conduction dans la partie terminale des fibres nerveuses motrices. Elle comprend l'évaluation de la jonction neuromusculaire.

La **vitesse de conduction motrice (VCM)** correspond à la vitesse du segment nerveux compris entre les deux points de stimulation en divisant la distance qui sépare ces deux sites par la différence de latence des réponses engendrées.

Figure 38 : Étude de la conduction motrice standard du nerf médian par stimulation au poignet (S_1) et au coude (S_2), recueil court abducteur du pouce. (125)



→ Conduction sensitive

La conduction nerveuse sensitive correspond à l'analyse de la réponse d'un nerf à la stimulation de l'une de ses branches sensibles. Le but de cette étude est avant tout de mettre en évidence une dysfonction des fibres nerveuses sensibles. On appelle potentiel sensitif la réponse électrique enregistrée. En fait, il s'agit d'un potentiel de nerf (ou potentiel d'action nerveux composé), c'est-à-dire de la somme des contributions de chacune des fibres nerveuses activée et enregistrée (qu'elles soient sensibles ou motrices) parmi celles qui composent le nerf. Pour que le potentiel enregistré soit purement « sensitif », il faut, soit que la stimulation soit purement sensitive (nerf sensitif pur), soit que l'enregistrement soit purement sensitif sans contamination par des activités nerveuses motrices ou musculaires (patient détendu).

L'enregistrement des potentiels sensitifs permet des mesures de **vitesse de conduction sensitive (VCS)** et d'**amplitude** qui nécessitent une analyse sémiologique voisine de celle de l'étude des réponses motrices. L'interprétation est néanmoins simplifiée, parce que les réponses électriques analysées ne font intervenir que les fibres nerveuses (et non la jonction neuromusculaire et le muscle).

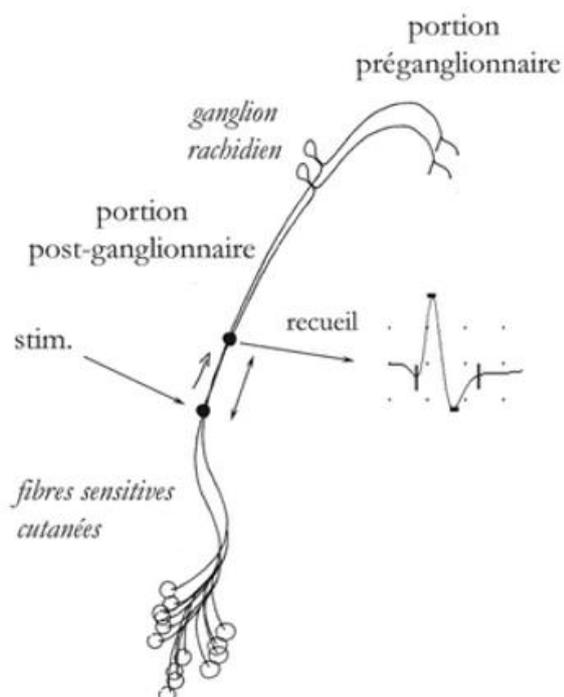


Figure 39 : Principe d'enregistrement d'un potentiel sensitif post-ganglionnaire des fibres sensibles d'un nerf cutané. (125)

B. DÉTECTION À L'AIGUILLE

Le principe de l'examen électromyographique proprement dit EMG est d'implanter une électrode-aiguille à l'intérieur d'un muscle pour y enregistrer les activités électriques d'un territoire délibérément restreint. Contrairement à l'étude de la conduction nerveuse motrice qui cherche à évaluer les capacités fonctionnelles globales du nerf et du muscle, le but de l'examen EMG est d'individualiser les activités qui proviennent d'unités motrices distinctes (voire de fibres musculaires distinctes) afin d'analyser les caractéristiques de chacune et d'étudier les modalités de groupement de ces activités élémentaires.

A chaque insertion d'aiguille, on enregistre les activités électriques dites de repos, qu'elles soient spontanées ou provoquées, puis les activités électriques provoquées par les efforts de contraction volontaire du muscle enregistré.

L'analyse des tracés EMG de repos et de contractions volontaires repose sur la distinction des potentiels de fibres musculaires et des potentiels d'unité motrice. L'aiguille enregistre l'ensemble des potentiels de fibres musculaires de l'unité motrice qui se trouvent dans son volume d'enregistrement. Comme toutes les fibres musculaires de l'unité motrice engendrent leur activité à peu près en même temps, les contributions de chacune s'ajoutent et forment un potentiel global qu'on appelle PUM.

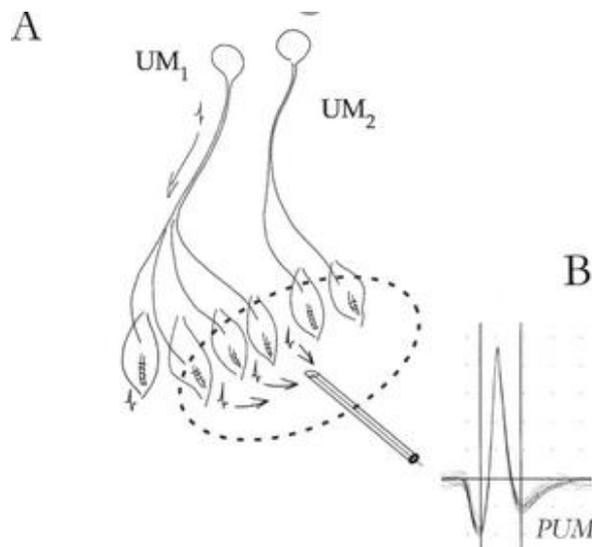


Figure 40 - Représentation du volume d'enregistrement de l'aiguille (A) des potentiels de fibre musculaire (PFM) engendrés par l'unité motrice UM₁ et 2 ; (B) PUM capté par l'aiguille.(125)

Au repos, les unités motrices saines sont inactives et il n'existe normalement **pas d'activité électrique**. Dans les muscles innervés antérieurement par le nerf sectionné, on retrouve une activité de dénervation de repos sur l'ENMG sous forme de fibrillations ou d'autres activités spontanées en particulier des ondes lentes. L'abondance des potentiels de fibrillation est classée qualitativement de 0 à 4+ mais il n'existe pas de méthode précise pour compter le nombre de potentiels de fibrillation différents dans un muscle, pour comparer l'abondance de l'activité de fibrillation d'un examen à l'autre, ou pour déterminer si toutes les fibres musculaires d'un muscle sont en fibrillation. En l'absence de mesure quantitative précise de fibrillation, la comparaison des nombres de fibrillations d'un examen à l'autre n'est pas fiable.

Lors de la contraction musculaire volontaire, l'examineur s'intéresse à deux paramètres : la fréquence des potentiels et la richesse des tracés en lien avec la force musculaire développée. L'absence de réinnervation se traduit par l'absence d'activité volontaire.

Fréquence des PUM : dans un muscle sain pour une contraction volontaire faible, une seule unité motrice est détectable au voisinage de l'aiguille. Son potentiel de charge à fréquence régulière. Si l'effort s'accroît la fréquence de décharge augmente (sommation temporelle) et d'autres unités motrices sont recrutées (sommation spatiale). Dans un muscle dénervé, pour compenser la perte d'unité motrice, les unités motrices réinnervées augmentent leur fréquence de décharge. Ce phénomène de sommation temporelle est visible sur les tracés et audible au haut-parleur.

Richesse du tracé : dans un muscle sain la contraction volontaire maximale permet d'obtenir des tracés dits interférentiels, ou les PUM ne peuvent être visuellement individualisés. S'il y a une perte d'unités motrices, le nombre de PUM différents diminue et la ligne de base n'est plus constamment interrompue par les PUM. On parle de tracé simple ou élémentaire, intermédiaire pauvre ou riche.(134)

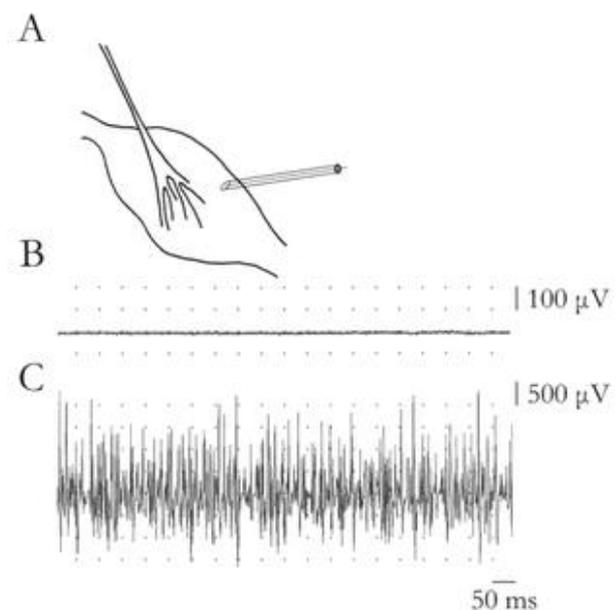


Figure 41 - Étude EMG d'un deltoïde chez un **sujet normal**.

A : insertion de l'aiguille électrode dans le muscle.

B : enregistrement de l'activité électrique de repos. Échelle : 100 µV - 50 ms / div.

C : enregistrement de l'activité électrique durant une contraction volontaire du muscle. Echelle : 500 µV - 50 ms / div. Les tracés représentent une durée totale d'enregistrement de 1 seconde (20 divisions).(125)

ANNEXE 17 :**Tableau récapitulatif des facteurs pronostics de récupération après réparation nerveuse d'après Ruijs et al. (52) et Hundepool et al. (7)**

Facteurs	Pronostic positif	Pronostic négatif
Age	≤ 16 ans	> 40ans
Sexe	Féminin	Masculin
Délai entre la lésion et la réparation	Absence de délai	> 6 mois
Site de la lésion	Distal	Proximal
Nerf atteint	Médian	Ulnaire
Lésions nerveuses multiples	Non	Médian et ulnaire lésés
Présence de lésions associées	Non	Lésion concomitante des os et tissus mous
Expérience du chirurgien	Expérimenté	Inexpérimenté
Succès de la réparation	Très bonne qualité	Mauvaise qualité
Stress post-traumatique	Absent	Présent
Tabagisme* _(non significatif)	Non-fumeur	Fumeur

ANNEXE 18 :**Questionnaire remis aux intervenants****Questionnaire**Chirurgien de la main Ergothérapeute Médecin MPR

Ancienneté de pratique :

1- Savez-vous s'il existe des recommandations sur le suivi des réparations nerveuses après section du nerf ulnaire et/ou médian au niveau du poignet et/ou de l'avant-bras ?

.....

2- Si oui, quelles sont-elles ?

.....

3- A quelles échéances voyez-vous le patient après la réparation nerveuse ? Selon l'échéance, qu'évaluez-vous ? Et quel est l'objectif de cette évaluation ?

.....

4- Savez-vous s'il existe des recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative ?

.....

5- Si oui, quelles sont-elles ?

.....

6- A quelle échéance envisagez-vous une chirurgie palliative ? De quel type et sur quels critères ? Comment incluez-vous le patient dans cette décision ?

.....

7- Sur quels critères considérez-vous que la situation est consolidée ?

.....

ANNEXE 19 :**Réponses données aux questionnaires****Questionnaire N°1**Chirurgien de la main Ergothérapeute Médecin MPR Ancienneté de pratique : 2 ans.Recommandations sur le suivi : **Non**.Échéances du suivi : 15 jours pour contrôler le pansement, 3 mois, 6 mois et +/- 12 mois en fonction de la récupération et de la présence d'une atteinte motrice ; le suivi sensitif étant plus court que le suivi moteur.Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Sensibilité à l'aide d'un trombone, testing moteur BMRC, test de Tinel pour évaluer où en est la repousse nerveuse.
- ⇒ *Paraclinique* : EMG à 3 mois, 6 mois et +/- 12 mois en fonction de l'atteinte et de la récupération.

Objectif du suivi : De voir où se situe la repousse nerveuse.Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : **Non**, énormément de techniques chirurgicales.Échéance de la chirurgie palliative : 12-18 mois, dépend de la repousse nerveuse (si atteinte proximale, plus 18 mois).Types de chirurgie palliative : Transferts tendineux, arthrodèse en cas de paralysie de plusieurs nerfs (pouce ou poignet en fonction des nerfs touchés), neurotisation motrice (de préférence avant 6 mois)Critères pour une chirurgie palliative : Absence de récupération et en fonction du déficit retrouvé.Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Evoque surtout la rééducation post-opératoire qui doit être acceptée par le patient pour envisager la chirurgie. Les différentes techniques ne sont pas proposées au patient car l'indication est posée en staff.Critères d'une situation consolidée : En l'absence d'amélioration au-delà de 6 mois, les transferts tendineux constituent la dernière chance.

Questionnaire N°2

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 3 ans d'internat et 2 ans chef de clinique.

Recommandations sur le suivi : Non.

Échéances du suivi : A 15 jours pour la cicatrisation. Le suivi est espacé tous les 3 mois dans un premier temps puis tous les 6 mois jusqu'à 18-24 mois de suivi.

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Evaluation de la sensibilité épicroticienne, de la douleur, du type de douleurs, du testing moteur BMRC et des amplitudes articulaires. Il n'y a pas de score fonctionnel utilisé du fait du manque de temps.
- ⇒ *Paraclinique* : Le 1^{er} EMG est fait à 3-4 mois de manière systématique et répéter tous les 3 mois puis 6 mois.

Objectif du suivi : Le suivi clinique post-opératoire va permettre d'évaluer la cicatrisation, la récupération de la mobilité et d'initier les protocoles de rééducation.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : Non. Peu de patients. Indication au cas par cas en fonction de la récupération nerveuse et de la demande fonctionnelle du patient.

Échéance de la chirurgie palliative : Au bout de la récupération nerveuse. Elle s'estompe vers 18-24 mois.

Types de chirurgie palliative : Transfert tendineux, neurotisation motrice.

Critères pour une chirurgie palliative : Lorsqu'il existe une stagnation sans signe de récupération couplée à un impératif de travail. L'intervention se fera avant la fin de la repousse nerveuse théorique. L'indication se pose sur l'évolution de l'EMG. Néanmoins, si l'EMG suggère des signes de récupération et si cliniquement il n'y a pas d'amélioration, il est possible de proposer une chirurgie. Si le patient est demandeur, on peut également accélérer les choses. La chirurgie palliative sera discutée en fonction de la gêne fonctionnelle du patient et du risque de déformation ultérieure.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : La gêne ressentie et la sévérité du tableau (récupération partielle ou non) sont prises en compte.

Critères d'une situation consolidée : Sur l'EMG et sur le temps. Si au bout de 2 ans, il n'y a pas d'amélioration, on pense qu'il y en aura plus.

Questionnaire N°3

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : Assistant spécialiste 4 ans d'expérience chirurgie de la main.

Recommandations sur le suivi : Hormis l'immobilisation post-opératoire, **non**.

Échéances du suivi : En fonction des atteintes associées. Si la plaie nerveuse est seule, le patient est revu à 3 semaines-1 mois, 3 mois et 6 mois. Les résultats définitifs sont retrouvés à 2 ans.

Evaluations faites lors de ce suivi : L'évaluation se porte essentiellement sur l'aspect local et le signe de Tinel à la cicatrice.

Objectif du suivi : Suivre la repousse nerveuse.

Échéance de la chirurgie palliative : Avant 6 mois pour le transfert nerveux moteur ou après 12 mois en général pour le transfert tendineux.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : **Oui**, la reprise de névrome par résection suture si possible ou enfouissement à distance dès que le signe de Tinel reste inchangé pendant 1 mois au niveau de la zone de suture.

Types de chirurgie palliative : Transfert nerveux moteur, transfert tendineux.

Critères pour une chirurgie palliative : L'âge, le délai par rapport au traumatisme, le tabagisme, le niveau d'atteinte lésionnel sont des critères importants dans la prise de décision.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Discussion avec le patient sur les objectifs à atteindre dans sa vie quotidienne pour réaliser les transferts nerveux ou tendineux les plus adaptés à ses besoins fonctionnels.

Critères d'une situation consolidée : Le temps, après 2 ans de prise en charge d'une chirurgie nerveuse. Le signe de Tinel qui ne se distalise plus depuis plus d'un mois. Une stagnation des progrès moteur et/ou sensitif depuis plus de 6 mois.

Questionnaire N°4

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 3 ans.

Recommandations sur le suivi : **Non**.

Échéances du suivi : Au 1^{er} pansement à J3-J5, à J15 à la fin de cicatrisation, à 3 mois, à 6 mois, à 9 mois et à 12 mois. Après 12 mois, en général, pas de suivi. Il sera effectué en fonction du geste secondaire réalisé ou de la récupération. Le suivi s'arrête à 12 mois s'il existe une bonne récupération et que le patient n'est pas demandeur d'un autre geste. La ré-exploration du nerf se fait avant 6 mois et ne se fait que quand le patient est adressé par un autre centre (chirurgie non faite dans le même centre).

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Evaluation subjective par l'interrogation du patient sur son ressenti concernant sa récupération, test sensibilité épicrotique des 3 premiers doigts, test de l'opposition, recherche du signe de Froment, recherche du signe de Wartenberg, test de Weber à chaque échéance et ajout du Pinch et Jamar à 12 mois.
- ⇒ *Paraclinique* : EMG à 3 mois, à 6 mois, à 9 mois et à 12 mois. Pas d'EMG après 1an.

Objectif du suivi : Suivre la récupération.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : **Non**.

Échéance de la chirurgie palliative : Dépendant de l'EMG. Si à 6 mois, il n'existe pas de récupération, un geste peut être fait. S'il existe peu de récupération entre 6-12 mois, une chirurgie palliative sera faite à 1an. Les transferts tendineux sont en général réalisés entre 9 mois-12mois. La neurotisation doit être faite avant 1 an.

Types de chirurgie palliative : Essentiellement pour pallier le nerf ulnaire (le plus souvent déficitaire), neurotisation du nerf ulnaire sur la branche motrice du carré pronateur, lasso Zancolli pour la correction de la griffe, transfert d'extenseur des bandelettes de l'extenseur du IV pour la correction du Wartenberg, transfert du fléchisseur superficiel du IV pour restaurer l'opposition quand il existe une lésion du poignet.

Critères pour une chirurgie palliative : En fonction du déficit retrouvé.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Après rééducation et bilan fonctionnel, connaître la gêne et la demande du patient. Explication de ce qui peut être pallié en déficit.

Critères d'une situation consolidée : Une fois la cicatrisation du dernier geste, l'obtention de la rééducation bien conduite avec le maximum des capacités, la reprise d'une activité professionnelle et une fois que la main convient au patient.

Questionnaire N°5

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 35 ans.

Recommandations sur le suivi : **Oui**, l'immobilisation post-opératoire pendant 3-4 semaines avec légère détente.

Échéances du suivi : 10 jours pour voir la cicatrisation, vérifier l'orthèse et la modifier car la main aura dégonflé ; 3-4 semaines pour la libération progressive et le début de la rééducation puis à 2 mois, à 3 mois, à 4 mois à 6 mois et à 12 mois. Le suivi reste aléatoire. Il va être dépendant de l'éloignement du domicile du patient, des pertes de vue, des lésions associées et de la reprise du travail. Les neurolyses isolées ne se font plus car d'une part, il y a moins de réparation nerveuse qu'avant et d'autre part, ils sont tous réparés par des gens compétents. Quand une neurolyse est faite, c'est qu'on se dit que le nerf ne veut pas repousser ou que la réparation n'a pas été faite. La greffe de nerf ne se fait aussi quasiment plus. Le transfert palliatif est également peu fait.

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Evaluation clinique grossière avec tact grossier, test de Weber rarement, testing moteur global, la douleur, interrogatoire du patient sur l'impression d'avoir progressé, test de Tinel.
- ⇒ *Paraclinique* : L'EMG n'est pas fait systématiquement. Un ENMG peut être demandé à 6 mois lorsque l'évaluation clinique est décevante.

Objectif du suivi : Tester l'efficacité de la réparation.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : **Non**, peu fait.

Échéance de la chirurgie palliative : 12 mois. L'ENMG est très important pour être sûr qu'il n'y ait plus de repousse nerveuse et qu'on entre dans un stade séquellaire. L'ENMG aura également un intérêt pour déterminer si les muscles transférables sont sains.

Types de chirurgie palliative : Transfert tendineux (antépulsion pour le médian, la pince pouce index, la griffe et l'abduction du V pour l'ulnaire), neurotisation distale peu d'expérience.

Critères pour une chirurgie palliative : Bilan fonctionnel, ENMG et examen clinique.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : C'est une chirurgie fonctionnelle. Elle va être en fonction de la demande du patient et lorsqu'on est sûr qu'il y ait un besoin.

Critères d'une situation consolidée : La stabilité de l'ENMG, du bilan fonctionnel et clinique et en fonction de la perception de l'évolution par le patient.

Questionnaire N°6

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 30 ans.

Recommandations sur le suivi : **Oui**, sur les grilles d'évaluation notamment BMRC pour l'évaluation de la fonction mais non sur la périodicité.

Échéances du suivi : Quelques jours en post-opératoire pour le suivi de la cicatrisation immédiate des parties molles. Elle est fonction du siège de la lésion : la lésion du nerf collatéral digital se répare en peu de mois alors qu'une atteinte proximale mettra plusieurs mois. Le suivi de ces patients varie peu entre le poignet et l'avant-bras. Le schéma moyen proposé est : 3 mois, 6 mois, 12mois et 18 mois.

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Testing sensitif sur le territoire autonome du nerf médian ou ulnaire (sensibilité discriminative en 2 points et/ou monofilament) et testing moteur dans le territoire intrinsèque du nerf médian ou nerf ulnaire, score d'opposition, fonction des interosseux, évaluation de la trophicité, test de Tinel. Le signe de Tinel est recherché surtout lors de la phase de réinnervation. La migration distale du Tinel est un signe de progression de la réinnervation mais qui ne préjuge pas de la qualité finale (par exemple, un signe de Tinel qui se déplace très vite peut donner un résultat nul à terme).
- ⇒ *Paraclinique* : L'EMG n'est pas fait de manière systématique (par exemple : si section du nerf médian au niveau du poignet, l'évaluation clinique suffit pour révéler la qualité motrice du résultat).

Objectif du suivi : Tester l'efficacité de la réparation et évaluer le score fonctionnel du patient après réinnervation. Evaluer si nécessité ou non d'une chirurgie palliative plutôt sur le versant moteur que sensitif (rarement chirurgie secondaire à visée sensitive) par transfert d'opposition, réinnervation des intrinsèques.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : **Non**.

Échéance de la chirurgie palliative : En général, après 12 mois et parfois après 18 mois, le temps de laisser le patient d'aller au bout du processus de rééducation, d'être certain qu'il n'y a plus de réinnervation en cours, d'évaluer la gêne fonctionnelle et de rééduquer les autres lésions associées.

Types de chirurgie palliative : Si on fait abstraction des lésions associées, il y a des gestes de transferts tendineux, neurotisation sensitive (très rare, peut fonctionner sans être jamais capable de restaurer un score normal de discrimination sensitive), neurotisation motrice (restaurer la fonction intrinsèque du médian et la fonction intrinsèque de l'ulnaire). Les échéances sont plus limitées et le programme doit être aboutit avant 18 mois.

Critères pour une chirurgie palliative : L'analyse du déficit guidera le type de chirurgie palliative proposée.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : On évalue le retentissement fonctionnel et la gêne ressentie par le patient dans l'indication de la chirurgie palliative.

Critères d'une situation consolidée : La stagnation complète de toute progression clinique sensitive, motrice et le signe de Tinel qui ne bouge plus.

Questionnaire N°7

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 28 ans (spécialisée dans la main depuis 4ans).

Recommandations sur le suivi : Non.

Échéances du suivi : A 3 mois et en fonction des demandes EMG.

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Bilan sensitif (test au monofilament SW (5 monofilaments) en partant du distal vers le proximal, la recherche de douleurs (paresthésie, dysesthésie, allodynie) et le test de Weber statique). Il existe parfois des difficultés à distinguer les dysesthésies de la sensibilité perçue. Un bilan fonctionnel comportant le bilan 400 points pour évaluer la dextérité, la force et l'utilisation, l'intégration, l'exclusion, l'anesthésie tridigitale handicapante ou les moyens de compensation. Un bilan moteur (pinch et Jamar inclus dans le 400 points) avec le testing moteur BMRC évaluant l'opposant du pouce, la pince et les interosseux.

Objectif du suivi : Etudier la récupération, voir l'évolution et être un complément de l'EMG.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : Non.

Échéance de la chirurgie palliative : Question adaptée au chirurgien.

Types de chirurgie palliative : Question adaptée au chirurgien.

Critères pour une chirurgie palliative : Question adaptée au chirurgien.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Les ergothérapeutes sont notamment sollicités pour évaluer la gêne fonctionnelle avec la gêne de l'anesthésie. Ils ont un rôle d'exécutant, ce qui les amène à avoir peu de recul sur la situation et l'évolution. Leur fonction est surtout de faire remonter la gêne fonctionnelle et les compensations mises en jeu et si elles sont efficaces ou non. Il arrive quelquefois que des orthèses de suppléance soient suffisantes malgré l'anesthésie et présentent des résultats concluants avec un patient qui s'en sert bien.

Critères d'une situation consolidée : Question adaptée au chirurgien.

Questionnaire N°8

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 4 ans.

Recommandations sur le suivi : **Non**, juste le protocole d'ergothérapeute selon 3 phases. Pas de test de suivi spécifique.

Échéances du suivi : Difficulté de donner un ordre de temps entre les différentes phases et de donner une cinétique de récupération. Le patient est en général vu à 3 mois.

Evaluations faites lors de ce suivi :

⇒ *Clinique* : Test au monofilament, S2PD, bilan 400 points et recherche des douleurs.

Objectif du suivi : Lors de la phase d'attente de repousse nerveuse (0 à 3 mois), l'objectif est à visée prophylactique avec vigilance sur les risques de brûlure/entretien trophicité, prévention articulaire/orthèse de suppléance des muscles atteints. Lors de la phase de repousse nerveuse (à 3 mois), le patient est vu plusieurs fois pour initier la rééducation afin de récupérer les mobilités et la motricité. La phase séquellaire est fonction de l'EMG, l'ergothérapeute recherche le développement de compensations dans la vie quotidienne, l'inclusion dans la vie quotidienne. Il revoit avec le patient son travail et la conduite automobile.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : **Non**.

Échéance de la chirurgie palliative : Lors de la phase séquellaire mais difficile de donner une échéance.

Types de chirurgie palliative : Question intéressant les chirurgiens.

Critères pour une chirurgie palliative : Question intéressant les chirurgiens.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Persistance d'une gêne dans la vie quotidienne et si certaines chirurgies pourraient pallier la situation de handicap qui persiste.

Critères d'une situation consolidée : Si absence d'évolution et de progression dans les bilans réalisés.

Questionnaire N°9

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 34 ans.

Recommandations sur le suivi : Non

Échéances du suivi : En l'absence de contre-indication, à 3 mois (sauf si atteintes des fléchisseurs).

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Inspection à la recherche de déformation, bilan sensitif (test au monofilament SW (5 monofilaments), recherche de douleurs (paresthésie, dysesthésie, allodynie), se méfier du piège des dysesthésies et de la sensibilité perçue, test de Weber en partant du distal vers le proximal (faire les 3 zones autonomes de l'autre main avant), bilan fonctionnel comportant le bilan 400 points pour évaluer la dextérité, la force et l'utilisation, l'intégration, l'exclusion, l'anesthésie tridigital handicapante ou non et moyen de compensation. Bilan moteur (pinch et Jamar inclus dans le 400 points) avec le testing moteur de l'opposant, de la pince et de l'IO.
- ⇒ *Paraclinique* : EMG en association du bilan clinique.

Objectif du suivi : Etudier la réinnervation. En fonction du nerf, il n'existe pas le même handicap : avec le nerf ulnaire on aura plus une atteinte de la force de la main et avec le nerf médian, plus une anesthésie tridigitale.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : Non.

Échéance de la chirurgie palliative : Question adaptée au chirurgien.

Types de chirurgie palliative : Question adaptée au chirurgien.

Critères pour une chirurgie palliative : Question adaptée au chirurgien.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : En évaluant la gêne fonctionnelle et le but de la chirurgie (restaurer la flexion des MP ou l'opposition du pouce). Il arrive qu'il y ait des transferts même s'il existe une anesthésie car cette dernière sera compensée par un contrôle visuel.

Critères d'une situation consolidée : Question adaptée au chirurgien.

Questionnaire N°10

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 6 ans.

Recommandations sur le suivi : Non.

Échéances du suivi : En fonction des consignes chirurgicales, à 4 semaines/3 mois dans l'attente de la repousse nerveuse, à 6 mois et à 12 mois.

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Test au monofilament, test de discrimination statique, test chaud/froid, recherche du Tinel, recherche opposant et IO, Jamar et pinch test et bilan 400 points.
- ⇒ *Paraclinique* : EMG.

Objectif du suivi : A 4 semaines/3 mois, l'objectif est de vérifier l'absence de troubles trophiques (escarre, contre-appui), d'éduquer le patient sur les précautions (brûlure), de le rendre le plus autonome possible avec la possibilité de proposer des orthèses de suppléance pour l'opposition du pouce, et de surveiller l'absence d'apparition de griffe ulnaire. Si le patient présente une griffe souple, l'ergothérapeute peut proposer la mise en place d'un lasso. Si cette dernière est enraidie, une orthèse dynamique sera proposée. A 6 mois, l'objectif est d'initier la rééducation et de faire le bilan de la réinnervation. A 12 mois, l'objectif est de rechercher une gêne fonctionnelle.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : Non.

Échéance de la chirurgie palliative : Question adaptée au chirurgien.

Types de chirurgie palliative : Question adaptée au chirurgien.

Critères pour une chirurgie palliative : Stabilisation de la repousse nerveuse selon l'EMG.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Evaluer la gêne fonctionnelle avec le bilan 400 points.

Critères d'une situation consolidée : Question adaptée au chirurgien.

Questionnaire N°11

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 20 ans.

Recommandations sur le suivi : Non.

Échéances du suivi : A 3 semaines si associés à des lésions tendineuses, à 3 mois, à 6 mois et à 12 mois ou à 18 mois selon la localisation jusqu'à 24 mois parfois.

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Testing moteur BMRC, sensibilité épicrotique, bilan 400 points et bilan sensitif.
- ⇒ *Paraclinique* : EMG.

Objectif du suivi : A 3 mois, avoir un examen de référence. A 6 mois, contrôler la repousse nerveuse. A 12 ou 18 mois, contrôler la repousse nerveuse et la nécessité ou non de poursuivre le suivi. En l'absence d'évolution, les patients seront orientés vers une chirurgie palliative.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : Non.

Échéance de la chirurgie palliative : 12-18 mois.

Types de chirurgie palliative : Neurotisation motrice ou sensitive avant 6 mois, transfert tendineux.

Critères pour une chirurgie palliative : Stabilisation de la repousse nerveuse selon l'EMG.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Evaluer la gêne fonctionnelle avec bilan des capacités sur 5 jours sur les activités (port de charge par le PILE, dextérité en activité, endurance gestuelle, force Jamar, Pinch) et bilan 400 points.

Critères d'une situation consolidée : EMG stable retrouvant une atrophie chronique.

Questionnaire N°12

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 10 ans.

Recommandations sur le suivi : **Non**.

Échéances du suivi : Vers 3-4 mois (sauf si lésion tendineuse associée), entre 4 et 6 mois, entre 12 et 18 mois et jusqu'à 24 mois.

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Bilan des complications articulaires et douloureuses, testing moteur selon l'échelle de LEVAME pour les muscles intrinsèques et test de la sensibilité épicroticienne.
- ⇒ *Paraclinique* : EMG à chaque échéance.

Objectif du suivi : A 3-4 mois, pour rechercher des complications (raideur, adhérence, douleur) et les premiers signes de réinnervation motrice, sensibiliser le patient à l'auto-prise en charge (par rapport à la raideur et au trouble sensitif) et au sevrage tabagique. A 4-6 mois, pour rechercher des complications, commencer à aborder la problématique professionnelle, rechercher la poursuite réinnervation motrice et l'amélioration sur le plan de la sensibilité. A 12-18 mois, pour rechercher des troubles de la commande, une dissociation analytico-fonctionnelle et initier une réflexion vers une orientation chirurgicale secondaire selon la gêne fonctionnelle. L'EMG permettra de rechercher la présence de grands potentiels marquant une réinnervation déjà avancée et orientant plus rapidement vers un chirurgien ou la présence de petits potentiels avec polyphasismes traduisant un potentiel de réinnervation résiduel et donc laissant du temps avant d'adresser le patient au chirurgien.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : **Non**.

Échéance de la chirurgie palliative : Vers 12-18 mois.

Types de chirurgie palliative : Capsulodèse, transfert tendon, neurotisation sensitive.

Critères pour une chirurgie palliative : Selon la localisation de l'atteinte initiale, selon l'EMG, selon le retentissement fonctionnel.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Par l'interrogatoire sur la gêne fonctionnelle et pour la cibler : moteur ? sensitive ? Le médecin MPR lui propose d'aller voir le chirurgien pour discuter d'une chirurgie palliative. La décision revient au patient. La chirurgie palliative n'est pas une chirurgie vitale ; elle peut être faite à des délais longs.

Critères d'une situation consolidée : Stabilité du testing analytique, des résultats fonctionnels et si l'EMG ne retrouve plus d'évolution : latence stable, amplitude stable ou surface sous la courbe stable, diminution du polyphasisme et augmentation des amplitudes des réponses.

Questionnaire N°13

Chirurgien de la main

Ergothérapeute

Médecin MPR

Ancienneté de pratique : 43 ans.

Recommandations sur le suivi : **Non**.

Échéances du suivi : 3 mois, +/- 4-5 mois (si absence de réinnervation à 3 mois), 6 mois et 12 mois.

Evaluations faites lors de ce suivi :

- ⇒ *Clinique* : Testing moteur, sensibilité épicrotique, si présence ou non d'un Tinel (si absence de Tinel retrouvé en dessous de la cicatrice) et suivi de sa progression, recherche de douleurs, demande de bilan 400 points et bilan sensitif par l'ergothérapeute, recherche de la présence de crampe ou non (mauvais pronostic), d'une fatigabilité et d'une amyotrophie.
- ⇒ *Paraclinique* : L'EMG à 3 mois retrouve des tracés avec des petits potentiels. L'EMG à 6 mois montre des tracés pauvres mais avec de grands potentiels. L'EMG à 12 mois permet de vérifier si le tracé se normalise ou s'enrichit, avec polyphasisme, ou de voir si ce dernier reste pauvre, accéléré avec de grands potentiels. Souvent, il n'y a plus d'activité de repos à ce moment-là.

Objectif du suivi : La 1^{ère} année est à visée pronostique et la 2^{ème} année s'intéresse à la prévention secondaire. A 3 mois, l'objectif est de rechercher une réinnervation motrice essentiellement à l'EMG sur les muscles les plus proximaux par rapport à la réparation nerveuse. A 4-5 mois, s'il n'y a pas de réinnervation à 3 mois, un EMG peut être discuté si les chirurgiens souhaitent réaliser une ré-exploration. A 6 mois, l'objectif est de voir si la réinnervation objectivée à 3 mois se confirme. S'il n'y avait pas de réinnervation à 3 mois, l'EMG permet de voir si une réinnervation est apparue. A 12 mois, l'objectif est de contrôler l'évolution de l'enrichissement des tracés. Si le tracé ne s'est pas enrichi, cela est en faveur d'une évolution vers une atrophie chronique (peu de réinnervation, des grands potentiels traduits par des crampes et la diminution de la force). Si le patient ne récupère pas et qu'il n'y a pas d'évolution, il faudra orienter le patient vers une chirurgie palliative. A ce délai, le bilan fonctionnel de la repousse nerveuse sera effectué et permettra de dire s'il est nécessaire ou non de poursuivre le suivi.

Recommandations sur l'indication de la chirurgie palliative : **Non**.

Échéance de la chirurgie palliative : 18-24 mois.

Types de chirurgie palliative : Neurotisation sensitive, transfert tendineux (utilité de l'EMG pour étudier si le muscle est sain) pour restaurer l'opposition pollici-digitale, l'abduction du V et corriger la griffe ulnaire.

Critères pour une chirurgie palliative : Stabilisation de la repousse nerveuse selon l'EMG.

Inclusion du patient dans la décision d'une chirurgie palliative : Evaluer la gêne fonctionnelle dans sa vie personnelle, familiale, sportive et si le patient est demandeur.

Critères d'une situation consolidée : Stagnation au 400pts, au bilan sensitif et moteur. EMG stable retrouvant une atrophie chronique. L'EMG a une importance du point de vue médico-légal.

ANNEXE 20 :**Tableau récapitulatif des différents tests/questionnaires proposés par la littérature et effectués à Nancy**

MOYENS D'EVALUATION PROPOSES PAR LA LITTERATURE	MOYENS ACTUELS UTILISES A NANCY
Test de la sensibilité thermique	
Test sensibilité à la douleur (pique touche, auto-questionnaire, cartographie allodynique, algésimètre)	X
Questionnaire douleur	X
Test au diapason ou Vibralgic ®	
Test SWM	X
S2PD	X
M2PD	
Test de locognosie	
STI test	
Moberg pick up test	
MTT	
Test de Tinel	X
Testing moteur MRC	X
Testing selon Levame	X
Dynamomètre de Jamar, Pinch test	X
Dynamomètre de RIHM	
Questionnaires (CSS, CISS, PWES, MHQ, PRWHE, DASH, SF 36)	
Test de Sollerman	
Bilan 400 points	X
JTHFT	
Rosén score	
Cotation Chanson et Michon	
ENMG	X

X : signifie que le test est effectué à Nancy

ANNEXE 21 :**Proposition de suivi après réparation du nerf médian et/ou ulnaire au niveau du poignet ou de l'avant-bras**

	Bilan initial	Bilan intermédiaire	Bilan final
OBJECTIFS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prévenir les complications ▪ Dépister les 1^{ers} signes de réinnervation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prévenir les complications ▪ Suivre les signes de réinnervation ▪ Dépister les troubles de la commande, les exclusions 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prévenir les complications ultérieures ▪ Évaluer le retentissement fonctionnel ▪ +/- Confirmer la fin de réinnervation ▪ +/- Décider d'une chirurgie palliative
DELAIS	2-4 mois	4-6 mois puis tous les 3 mois	12-24 mois
MOYENS D'ÉVALUATION PROPOSES	<p><u>Sensitif :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluation de la douleur ▪ +/- Cartographie allodynique ▪ Test de Tinel ▪ Test de sensibilité au Vibralgic® <p><u>Moteur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Testing musculaire selon l'échelle BMRC et Levame ▪ Dynamomètre de Jamar et Pinch test <p><u>Fonctionnel :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Questionnaire CISS ou CSS ou PWES ▪ DASH ou QuickDASH ▪ Bilan 400 points <p><u>Paraclinique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EMG détection 	<p><u>Sensitif :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Évaluation de la douleur ▪ +/- Cartographie allodynique ▪ Test de Tinel ▪ Test de sensibilité au Vibralgic ® <p>Si pas d'anesthésie au Vibralgic ® :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SWM ▪ S2PD (si pas d'anesthésie tactile) <p><u>Moteur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Testing musculaire selon l'échelle BMRC et Levame ▪ Dynamomètre de Jamar et Pinch test ▪ Dynamomètre de RIHM <p><u>Fonctionnel :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Questionnaire CISS ou CSS ou PWES ▪ DASH ou QuickDASH ▪ Bilan 400 points <p><u>Paraclinique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EMG détection et stimulodétection avec stimulation proximale 	<p><u>Sensitif :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Évaluation de la douleur ▪ +/- Cartographie allodynique ▪ Test de Tinel ▪ Test de sensibilité au Vibalgitic ® (si anesthésie vibratoire au bilan intermédiaire) <p>Si pas d'anesthésie au Vibralgic ® :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SWM ▪ S2PD (si pas d'anesthésie tactile) ▪ +/- STI test (en fonction de la profession) <p><u>Moteur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Testing musculaire selon l'échelle BMRC et Levame ▪ Dynamomètre de Jamar et Pinch test ▪ Dynamomètre de RIHM <p><u>Fonctionnel :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Questionnaire CISS ou CSS ou PWES ▪ DASH ou QuickDASH ▪ Bilan 400 point <p><u>Paraclinique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EMG détection et stimulodétection

VU

NANCY, le **27 août 2020**
Le Président de Thèse

NANCY, le **18 septembre 2020**
Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur Jean PAYSANT

Professeur Marc BRAUN

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ **11399C**

NANCY, le **24 septembre 2020**

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

Professeur Pierre MUTZENHARDT

RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Les lésions nerveuses de la face antérieure du poignet ou de l'avant-bras peuvent entraîner des séquelles fonctionnelles importantes avec un retentissement socio-professionnel. Des procédures d'adaptation et de reclassement professionnel peuvent être nécessaires. Les progrès des techniques microchirurgicales ont amélioré les résultats des réparations des lésions nerveuses. Cependant, les résultats peuvent être insatisfaisants par rapport aux besoins malgré une réparation nerveuse techniquement bien exécutée. Dans ce cas, il convient d'analyser toutes les options en s'appuyant sur un suivi documenté et régulier à l'aide d'outils d'évaluation adaptés, d'informer le patient pour une décision partagée.

Des rappels utiles aux rééducateurs, médecins de Médecine Physique et de Réadaptation et aux chirurgiens concernant la séméiologie clinique, la chirurgie adaptée des nerfs médians et ulnaires, et les outils d'évaluation cliniques, fonctionnels et électrophysiologiques sont présentés. L'évaluation de la récupération après une lésion du nerf médian et/ou du nerf ulnaire est complexe. Les méthodes utilisées et les résultats de très nombreuses études, expérimentales ou cliniques, sont difficilement comparables en raison de la diversité des protocoles et critères de notation. Les données concernant la cinétique de récupération et les résultats fonctionnels après ces lésions sont pauvres. Il n'existe pas de consensus clair sur le suivi clinique et électrophysiologique permettant de décider à quel moment et sur quelle indication proposer une chirurgie secondaire/palliative.

Face à cette absence de consensus, la méthode a été d'analyser les données de la littérature et d'interroger les pratiques d'une équipe pluridisciplinaire à l'aide d'entretiens dirigés : chirurgiens de la main, médecins MPR et ergothérapeutes. Les avis concernant les échéances du suivi diffèrent selon les intervenants mais les objectifs restent les mêmes, et la batterie de tests décrite est identique. La protocolisation est complexe du fait du besoin majeur de personnalisation aux lésions et au contexte.

Une proposition de modification du protocole nancéen basée sur l'analyse de la littérature (échéances, objectifs de suivi, outils d'évaluation) est faite. Le calendrier de suivi doit prendre en compte les lésions associées, les critères pronostics et de la singularité du patient.

TITRE EN ANGLAIS : Proposition of clinical, functional and electrophysiological follow-up after median and/or ulnar nerve repair in the forearm or wrist.

THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE – ANNÉE 2020

MOTS CLEFS : Réparation nerveuse nerf ulnaire, nerf médian suivi clinique, suivi fonctionnel, suivi électrophysiologique, ENMG, chirurgie palliative

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex
