



HAL
open science

Hypothèse sur la participation des troubles sensitifs tactiles dans le syndrome d'exclusion segmentaire

Fabien Evra

► **To cite this version:**

Fabien Evra. Hypothèse sur la participation des troubles sensitifs tactiles dans le syndrome d'exclusion segmentaire. Médecine humaine et pathologie. 2022. hal-04042699

HAL Id: hal-04042699

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04042699>

Submitted on 23 Mar 2023

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.



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

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 bibliothèque : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

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>

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

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

Fabien EVRA

le 8 avril 2022

**Hypothèse sur la participation des troubles sensitifs
tactiles dans le syndrome d'exclusion segmentaire**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur Jean PAYSANT

Président du jury

Mme. la Professeure Louise TYVAERT

Juge

Mme le Docteur Amélie TOUILLET

Directrice de thèse

Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen de la Faculté de Médecine
Professeur Marc BRAUN

Vice-doyenne
Pr Louise TYVAERT

Assesseurs :

- *Premier cycle* : Dr Nicolas GAMBIER, Dr Thomas SCHWITZER
- *Deuxième cycle* : Pr Antoine KIMMOUN
- *Troisième cycle hors MG* : Pr Marie-Reine LOSSER
- *Troisième cycle MG* : Pr Paolo DI PATRIZIO
- *Vie hospitalo-universitaire* : Pr Stéphane ZUILY
- *Interface avec la Grande Région* : Pr Thomas FUCHS-BUDER
- *Relations Internationales* : Pr Jacques HUBERT
- *Valorisation* : Pr Pascal ESCHWEGE
- *Interface avec les métiers de la santé* : Pr Céline HUSELSTEIN
- *Docimologie* : Dr Jacques JONAS
- *ECOS* : Drs Eva FEIGERLOVA et Patrice GALLET
- *Service sanitaire* : Pr Nelly AGRINIER
- *Lecture critique d'articles* : Drs Jonathan EPSTEIN et Aurélie BANNAY
- *Interface HVL & Réseau Nasce* : Pr Pablo MAUREIRA, Drs Nicla SETTEMBRE et Fabienne LIGIER
- *Etudiant* : Mehdi BELKHITER

Chargés de mission

Orthophonie : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER
PASS : Pr Mathias POUSSSEL

=====

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 - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE - Bernard FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Pierre GAUCHER - Jean-Luc GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - 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 - Bruno LEHEUP - 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 - 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 - Jean-François STOLTZ – Michel STRICKER - Gilbert

THIBAUT - Paul VERT - Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET – Jean-Pierre VILLEMOT
- Denis ZMIROU - Faïez ZANNAD

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Etienne ALIOT - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE - Gilbert FAURE -
Jean-Pierre KAHN - Michèle KESSLER - Alain LE FAOU - Bruno LEHEUP - Thierry MAY - Patrick NETTER -
Jean-Pierre NICOLAS - Jean-Luc SCHMUTZ - Paul VERT - Faïez 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 – Professeur Hervé SARTELET

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 – Professeur Thomas LECOMPTE

2^e sous-section : Cancérologie ; radiothérapie

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT

3^e sous-section : Immunologie

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

4^e sous-section : Génétique

Professeur Philippe JONVEAUX

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 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 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 : Pédiopsychiatrie ; 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 Olivier HUTTIN
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 ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

53^e 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^e sous-section : Médecine générale

Professeur Jean-Marc BOIVIN - Professeur Paolo DI PATRIZIO

54^e 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^e sous-section : Chirurgie infantile

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^e sous-section : Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

4^e sous-section : Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

55^e 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^e sous-section : Ophtalmologie

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Jean-Baptiste CONART

3^e sous-section : Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61^e Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64^e Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

65^e Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeure Céline HUSELSTEIN

66^e Section : PHYSIOLOGIE

Professeur Nguyen TRAN

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

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

Professeure associée Sophie SIEGRIST

Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^e Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : Anatomie

Docteur Bruno GRIGNON

44^e 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^e sous-section : *Physiologie*

Docteure Iulia-Cristina IOAN (stagiaire) - Docteur Jacques JONAS

45^e Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

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

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2^e sous-section : *Parasitologie et mycologie*

Docteure Anne DEBOURGOGNE

46^e Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

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

Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Arnaud FLORENTIN - Docteur Jonathan EPSTEIN – Docteur Abdou OMOROU (stagiaire)

2^e sous-section *Médecine et Santé au Travail*

Docteure Isabelle THAON

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

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

Docteur Julien BROSEUS – Docteure Maud D'AVENI

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

Docteure Lina BOLOTINE

3^e sous-section : *Immunologie*

Docteure Alice AARNINK

4^e sous-section : *Génétique*

Docteure Céline BONNET - Docteure Mathilde RENAUD

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

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

Docteur Philippe GUERCI

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

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

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

2^e sous-section : *Neurochirurgie*

Docteur Fabien RECH

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

Docteur Thomas SCHWITZER

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

Docteur Fabienne ROUYER-LIGIER

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

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

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51^e Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3^e sous-section : *Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire*

Docteur Fabrice VANHUYSE

4^e sous-section : *Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire*

Docteure Nicla SETTEMBRE

52^e Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

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

Docteur Anthony LOPEZ

54^e Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{re} sous-section : *Pédiatrie*

Docteure Cécile POCHON – Docteur Amandine DIVARET-CHAUVEAU (stagiaire)

3° sous-section : Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

Docteur Charline BERTHOLD (stagiaire)

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

Docteure Eva 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° Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

7° Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

19° Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

63° Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE, ÉLECTRONIQUE, PHOTONIQUE ET SYSTÈMES

Madame Pauline SOULET LEFEBVRE

64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET – Madame Rümeyza BASCETIN (stagiaire) - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ –
Monsieur Christophe NEMOS – Monsieur Simon TOUPANCE (stagiaire)

69° Section : NEUROSCIENCES

Madame Sylvie MULTON

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

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

Docteur Cédric BERBE – Docteur Antoine CANTON - Docteur Jean-Charles VAUTHIER

=====

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)

A notre Maître et Président du Jury,

Mr le Professeur Jean PAYSANT,

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier en Médecine Physique et Réadaptation

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse.

Merci pour vos conseils et votre temps accordé à ce travail. Je vous remercie pour votre accompagnement et votre écoute tout au long de mon internat et dans la construction de mon avenir professionnel. Veuillez trouver ici l'expression de mon plus profond respect.

A notre Maître et Juge,

Mme la Professeure Louise TYVAERT,

Professeure des universités – Praticienne Hospitalier en Neurologie

Vous me faites l'honneur de juger ce travail. J'espère qu'il saura retenir votre attention.

Veuillez recevoir l'expression de mon entière gratitude.

A notre Maître et Juge,

Mme le Docteur Amélie TOUILLET,

Docteur en Médecine Physique et de Réadaptation

Merci pour ton expertise et ton immense soutien dans ce travail. Ta disponibilité et ton écoute m'ont été d'une grande aide. Merci également pour ton enseignement lors de mon semestre au centre Louis Pierquin.

A l'ensemble des acteurs ayant joué un rôle dans ma formation d'externe à Reims, et tout particulièrement au Dr LAVRARD : merci de m'avoir fait découvrir et apprécier cette spécialité. Ton intérêt pour l'appareillage et ta dévotion pour la formation des externes ne sont pas pour rien dans mon choix de spécialité.

A l'équipe du centre Louis Pierquin : Amélie, Cécile, Anne, Isabelle, Baptiste, Noël, Ange, Benoitte, Nadine, ainsi que l'ensemble des thérapeutes. Merci pour votre encadrement, vos enseignements et votre disponibilité tout au long de ma formation au centre Louis Pierquin.

A l'équipe du CMPRE de Flavigny-Sur-Moselle : Jennifer, Sandrine. Merci pour votre accueil et votre formation. Merci de m'avoir fait apprécier la rééducation pédiatrique.

A l'équipe du centre de réadaptation de Lay-Saint-Christophe : Alice, Nathalie, Perrine, Hélène, Loïc. Merci pour votre disponibilité au cours de ce semestre passé à vos côtés et merci pour les multiples toxines que vous m'avez laissé réaliser.

A l'équipe du service de Rhumatologie de l'Hopital Robert Schumann : Nicolas, Annalisa, Gaëlle. Merci de m'avoir accueilli dans votre spécialité. Un grand merci pour votre pédagogie et pour l'apprentissage des infiltrations. Merci encore pour votre disponibilité pendant le semestre mais également dans les suites.

A l'équipe du service de MPR de l'HIA Legouest : Armelle, Coralie. Ce premier semestre n'aurait pas pu être mieux et ce grâce à vous. Merci.

A l'équipe du service de rééducation de Freyming-Merlebach : Catherine, Virginie, Frédérique, Elise, Laure. Merci pour votre confiance, votre gentillesse et vos enseignements.
Au plaisir de peut être retravailler avec vous un jour.

Merci à l'ensemble des thérapeutes avec qui j'ai pu travailler au cours de mon internat. Ce fût toujours avec plaisir.

Merci à **Jonathan et Hadrien** pour l'expertise statistique et méthodologique pour ce travail.

A Victoria, ma puce, mon amour, ma pepette.

Je ne te remercierai jamais assez pour ton soutien inconditionnel, ton écoute et tes précieux conseils tant pour la réalisation de ce travail que pour tout le reste. Merci de m'accompagner depuis la Bolivie et pour le reste des aventures à vivre ensemble. Merci d'être toi.

Je t'aime.

A Papa, Maman, Adeline et Diogo, Claire et Orel.

Merci pour tout, absolument tout. Merci pour l'athlétisme, l'équitation, les chiens. Merci pour les allers-retours à Reims (qui continuent encore !), pour m'avoir appris à lire (coucou les filles), pour les voyages, les colos, le ski, et j'en oublie. Merci pour tout ce qui est passé et merci pour tout ce qui viendra.

Merci pour votre soutien et merci de m'avoir supporté. Je n'en serai pas là aujourd'hui sans vous.

Je vous aime.

A Mia, Edouard, Guilherme et Arthur. Vous venez d'arriver mais vous prenez déjà une place importante dans nos vies. Profitez bien de chaque moment.

A mes grands-parents. Merci pour tous ces moments passés à vos côtés, votre affection et vos petits plats.

A Lexou et Valou, ces années à vos côtés resteront inoubliables et restent mes plus beaux souvenirs de Reims. On aura tout fait ensemble mais il reste tant à faire. Merci les petits poulets.

A Elodie et Wiwi, vous êtes géniaux, prenez bien soins des mes acolytes.

A la team Soissonnaise : Benoit, Paul, Corentin, Martin, Florian, Stéphane. Je vous connais depuis tellement de temps que j'ai l'impression d'avoir tout fait avec vous. Malgré tout on

arrive encore à inover, à rigoler et à fêter ensemble. A toutes ces soirées jardins, colos, sorties VTT, TMB, Italie, Auvergne, Fifa et pour tout ce qui viendra. Pour tout ce que vous êtes et ce que vous représentez pour moi : Merci.

A mes co-internes :

Pierrick, on va grimper ou bien ?

A la promo de folie : Marion, le temps est bon le ciel est bleu, **Arthur**, toujours présent pour un verre ! **Laure**, ce semestre en pédiatrie fût riche de folie à tes côtés, profite bien de la Lorèze.

Adeline, une petite sieste ? Merci à vous pour ces escapades DES, ces cours de DU où l'on aura bien rigolé !

A Magali, Pauline, Gaellouts', Alexandre, Reema, Rémi, Fab muscu, Margaux, Benjamin, Bouchra, Manon, Mathilde, Dorian, Yanis, Sarah, Emma, Estelle, Jessie, Julie, Marina, Nicolas, Pauline B, Pauline T.

SERMENT

«Au moment d'être admis 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. Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu 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 déshonoré et méprisé si j'y manque ».

Liste des abréviations

- SDRC = Syndrome Dououreux Régional Complexe
- PEC = Potentiels Evoqués Cognitifs
- PEM = Potentiels Evoqués Moteurs
- PES = Potentiels Evoqués Somesthésiques
- GOT = Grating Orientation Task
- M2PD = Moving Two-Points Discrimination Test
- M1 = Aire motrice primaire
- S1 = Aire somesthésique primaire
- S2PD = Static Two-Points Discrimination Test

Table des matières

PARTIE 1 : Présentation du sujet	20
I- Le syndrome d'exclusion segmentaire	20
a. Définition et clinique	20
b. Examens complémentaires	21
c. Apparition et évolution	22
d. Diagnostics différentiels	22
II- La boucle sensori-motrice.....	24
III- Conséquences de l'immobilisation d'un membre sur le fonctionnement de la boucle sensori-motrice.....	31
IV- Contexte de l'article	33
V- Présentation de l'étude	37
PARTIE II : Présentation du protocole.....	38
PARTIE III : Discussion et perspectives	38
I- Discussion autour des tests utilisés et des données recueillies.....	53
a. Tests utilisés pour explorer la perception tactile.....	53
i. Grating Orientation Task.....	53
ii. Moving Two-Points Discrimination Task.....	53
iii. Test des barrettes.	54
II- Discussion concernant le protocole	57
III- Résultats attendus.....	58
IV- Perspectives	60
BIBLIOGRAPHIE	62
ANNEXES	66

Table des figures

Figure 1. Schéma de la boucle sensori-motrice	30
Figure 2. Schéma représentant les différents niveaux de la perception tactile	35

Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des différents mécanorécepteurs à bas seuil d'activation mis en jeu dans la sensibilité tactile épicrotique	28
--	----

I- Le syndrome d'exclusion segmentaire

a. Définition et clinique

Le syndrome d'exclusion segmentaire correspond à un trouble du comportement moteur défini par la non utilisation ou la sous-utilisation d'un segment distal de membre avec parfois une atteinte proximale associée. Cette atteinte est le plus souvent, au moins au début, réversible sous stimulation verbale, témoignant de l'implication de l'attention dans la physiopathologie. (1)

Ce syndrome a été très peu étudié mais on peut le retrouver décrit dans la littérature sous différents termes tel que le « neglect-like syndrom » (2), « alien hand » (3).

Il s'agit d'un phénomène apparaissant après une affection traumatique, infectieuse ou inflammatoire du segment concerné, le plus souvent un doigt ou la main sans atteinte du système nerveux central. (1)

Ce syndrome peut être observé à tout âge, sans influence du sexe et de manière proportionnelle à gauche et à droite (1). La faible littérature existante sur le sujet ne rapporte que peu d'éléments épidémiologiques.

L'examen clinique des patients atteints du syndrome d'exclusion segmentaire retrouve un trouble du comportement moteur parfois associé à un trouble sensitif, à des limitations d'amplitudes articulaires et à un syndrome douloureux. A noter cependant que les douleurs spontanées sont rares, notamment en l'absence de syndrome douloureux régional complexe (SDRC) associé. Les amplitudes articulaires sont le plus souvent conservées, sans déficit moteur systématisé mais avec des troubles de la commande motrice fréquents. Sur le plan sensitif, l'hyperesthésie n'est pas rare, pouvant aller jusqu'à l'allodynie. Les sensibilités

tactile, algique voir thermique sont parfois perturbées de manière subjective et des distorsions sensitives avec sentiment d'étrangeté peuvent être décrites (1).

A ces différents éléments peuvent s'associer des troubles vasomoteurs (augmentation du temps de recoloration cutanée, cyanose, hypersudation, troubles thermiques,...), des troubles trophiques (atrophie de la pulpe du doigt, disparition des plis cutanés,...), des troubles du schéma corporel (agnosie, anosognosie, anosodiaphorie,...). (1)

La présence de troubles de la stratégie exploratoire des objets avec la réduction des mouvements et l'absence de déplacement de l'objet vers les zones les plus informatives comme la pulpe de l'index est parfois décrite. On ne retrouve pas d'autres troubles cognitifs, notamment pas de trouble des praxies (1,4).

b. Examens complémentaires

Le diagnostic de ce syndrome repose sur la clinique et est basé sur l'observation. Cependant des explorations électrophysiologiques ont déjà été réalisées retrouvant des perturbations des potentiels évoqués cognitifs (PEC) avec une augmentation de la latence du P300 et une anomalie morphologique des courbes en faveur d'un trouble du traitement de l'information sensitive d'origine attentionnelle (Annexe 1). En effet, le P300 est connu pour être influencé par l'attention (5,6). Les potentiels évoqués moteurs (PEM) sont normaux, témoignant de voies motrices intactes. Les potentiels évoqués somesthésiques (PES) sont également normaux témoignant de l'intégrité des voies sensitives (1,7).

c. Apparition et évolution

L'apparition de ce syndrome est observée entre 0 et 14 mois post lésionnel avec une moyenne autour de 3 mois.

La récupération spontanée est possible, parfois très rapide, mais il peut exister des évolutions autres telles que le transfert de l'exclusion aux segments adjacents ou même l'évolution en proximal jusqu'à une exclusion du membre complet. Dans l'étude de Viehl et al. (8), la durée d'évolution du syndrome s'étend de 6 semaines à 4 ans avec une moyenne d'environ 3 mois et demi. Parmi les patients inclus, seuls 30% environ ont présenté une récupération spontanée et 70% ont présenté une évolution défavorable allant jusqu'à l'amputation, à la demande du patient et après décision collégiale. La reprise du travail était en moyenne effective à 9 mois.

L'existence de telles complications justifie une prise en charge précoce, efficace et adaptée. Cependant il s'agit d'une affection dont la physiopathologie reste inconnue et qui a été très peu étudiée par le passé ce qui rend difficile le choix de thérapeutiques adaptées. Cela entraîne une prise en charge thérapeutique qui ne peut être spécifique.

d. Diagnostics différentiels

Le syndrome d'exclusion peut présenter un tableau proche de certaines pathologies qu'il faudra exclure :

- La conversion hystérique devra être éliminée. L'avis d'un psychiatre peut être nécessaire. En cas d'hystérie, le tableau est plutôt marqué par une exclusion du doigt en attitude de flexion irréductible (1).
- Une négligence motrice d'origine centrale : le tableau clinique peut alors aider le praticien avec, souvent, une atteinte hémicorporelle. D'autres éléments peuvent

permettre de faire la différence, notamment le contexte clinique (signes d'atteinte du système nerveux central) et l'imagerie cérébrale.

- Une simulation à la recherche de bénéfices secondaires, notamment dans les contextes d'accident du travail ou avec tiers responsables.

Ces diagnostics différentiels et le syndrome d'exclusion présentent des spécificités qui sont plus facilement identifiables à la phase précoce, mais peuvent s'intriquer ensuite et peuvent donc devenir beaucoup plus difficile à identifier en phase chronique. Il est donc important de réaliser un démembrement précoce afin de différencier ces différents tableaux dès le début de l'évolution.

Éléments clés

- **L'exclusion segmentaire est marquée par la non-utilisation ou la sous-utilisation d'un segment de membre.**
- **Elle apparaît après une lésion périphérique.**
- **Les voies nerveuses sensitives et motrices fonctionnent normalement.**
- **La physiopathologie reste inconnue.**

II- La boucle sensori-motrice

Le symptôme principal du syndrome d'exclusion segmentaire est l'existence de troubles de la motricité volontaire. L'ensemble du système moteur est régi par la boucle sensori-motrice qui comprend l'ensemble des structures impliquées de près ou de loin dans la réalisation d'un mouvement. Une perturbation du fonctionnement de cette boucle peut donc être responsable du syndrome d'exclusion.

Le cortex fait partie du système nerveux central et compose un élément de l'encéphale. Il est divisé en différentes parties appelées « aires ». Plusieurs d'entre elles font partie de la boucle sensori-motrice : l'aire motrice primaire (M1), le cortex prémoteur, le cortex somesthésique, le cortex pariétal postérieur et le cortex préfrontal.

La moelle épinière fait également partie du système nerveux central. Elle constitue, dans la boucle sensori-motrice, un relais pour les commandes motrices centrales supérieures mais est également un centre d'intégration des afférences sensitives transmises depuis les différents récepteurs décrits précédemment par l'intermédiaire des différentes fibres nerveuses.

Les derniers constituants du versant moteur de la boucle sensori-motrice sont les muscles. Leur fonction consiste en la transformation d'une activité nerveuse (électrique-chimique) en une énergie mécanique. Le fonctionnement musculaire est décrit dans l'Annexe N°2.

La réalisation d'un mouvement volontaire implique différentes étapes successives (9). Tout d'abord une planification du mouvement est nécessaire. Cette planification va prendre en compte la motivation, l'intention, la mémoire et la décision. Ces différents éléments peuvent être déclenchés en réponse aux afférences sensorielles extérieures, ou directement par une commande centrale (10). La seconde étape est la programmation. Cette dernière aura pour but d'établir la séquence motrice, la coordination et le rythme de contraction qui seront

nécessaires à la réalisation du mouvement planifié. Ces deux premières étapes sont principalement contrôlées par le cortex pré-frontal et le cortex pariétal postérieur. Les informations sont ensuite transmises au système effecteur par l'intermédiaire du cortex prémoteur et de l'aire M1.

Lors de l'exécution, l'aire M1 va envoyer une copie des informations transmises à l'aire somesthésique primaire (S1). Cette aire S1 va également recevoir des afférences périphériques provenant du système effecteur qui est en train de réaliser le mouvement. Ce rétrocontrôle, appelé « rétrocontrôle périphérique » permet une comparaison entre le mouvement attendu et les sensations résultant du mouvement en cours d'exécution. Cette comparaison est ensuite transmise à l'aire M1 pour l'adaptation du mouvement réalisé par rapport au mouvement attendu.

Il existe un autre rétrocontrôle, interne cette fois, entre la moelle et l'aire M1. Ce rétrocontrôle implique le paléocervelet, les noyaux rouges, noyaux vestibulaires et le thalamus ventro-latéral. Il constitue un autre contrôle du mouvement et permet ainsi une adaptation du tonus et de la posture. A noter également que le thalamus et le néocervelet possèdent une action de régulation sur le cortex préfrontal et le cortex prémoteur.

Cette boucle sensori motrice avec l'ensemble des copies transmises aux différents niveaux afin de permettre une comparaison, n'est impliquée que lors des mouvements actifs. En revanche, lorsque le sujet reçoit une stimulation sensitive tout en restant immobile il n'y aura pas de mouvement actif, si bien qu'on ne retrouvera pas de copies d'origine corticale transmises aux différents niveaux de comparaison.

L'un des éléments entrant en jeu dans le rétrocontrôle périphérique est la perception tactile résultant de l'innervation sensitive. L'innervation sensitive tactile épicroticienne est développée de façon segmentaire selon des dermatomes. Un dermatome correspondant à une racine spinale postérieure.

Les stimuli extérieurs sont recueillis par l'intermédiaire de récepteurs sensoriels cutanés. Il existe des mécanorécepteurs, des thermorécepteurs, des nocicepteurs et des pruricepteurs.

Ces récepteurs sont activés en fonction du stimulus initial :

- Les stimuli mécaniques inoffensifs activent des mécanorécepteurs à bas seuil d'activation et entraînent la perception du toucher non douloureux et participent donc à la sensibilité tactile épicrotique
- Les stimuli mécaniques potentiellement dangereux activent des nocicepteurs type mécanorécepteurs à haut seuil d'activation. Les stimuli nocifs mécaniques, thermiques et chimiques activent des thermonocicepteurs et des nocicepteurs polymodaux. Une fois activés, ces récepteurs entraînent la perception douloureuse.
- Les sensations de prurit sont transmises par les pruricepteurs.

Parmi les mécanorécepteurs il existe des récepteurs à haut seuil d'activation et des récepteurs à bas seuil d'activation. Ces derniers, qui participent à la sensibilité tactile épicrotique comprennent des récepteurs à adaptation lente, qui sont stimulés sur toute la durée de la stimulation mécanique extérieure, et des récepteurs à adaptation rapide qui vont être activés au début et à la fin de la stimulation.

Une fois activés, les récepteurs envoient différents influx qui seront transmis aux centres supérieurs par l'intermédiaire de fibres nerveuses. Ces fibres nerveuses sont de différents types avec des vitesses de conduction nerveuse différentes en fonction du type de fibre, de leur taille et de leur degré de myélinisation : les fibres C amyéliniques ont une vitesse de conduction faible, les fibres A δ , modérément myélinisées ont une vitesse de conduction intermédiaire tandis que les fibres A β , fortement myélinisées ont une vitesse de conduction élevée.

Les différents types de mécanorécepteurs sont répartis de manière différente entre les différents type de peau (glabre/poilue, membre d'exploration ou non,...)

En se concentrant sur le doigt et la main qui constituent les principaux organes de l'exploration sensitive, et notamment de la sensibilité tactile épicrotique, on retrouve parmi les récepteurs à adaptation lente : les complexes de Merkel et les corpuscules de Ruffini. Parmi les récepteurs à adaptation rapide, il existe les corpuscules de Meissner et les corpuscules de Pacini. Tous ces récepteurs sont associés à des fibres A β (vitesse de conduction élevée).

Les caractéristiques des différents récepteurs impliqués dans la sensibilité tactile épicrotique sont résumées dans le tableau 1.

Vitesse d'adaptation des récepteurs	Type de récepteurs	Champ sensitif	Fonction
Adaptation lente	Complexes de Merkel (formés d'une cellule de Merkel + fibres A β + kératinocytes)	Etroit, punctiforme, limites nettes	Discrimination des formes et des textures (haute résolution spatiale)
	Corpuscules de Ruffini (les plus fréquents)	Limites floues, larges (environ un doigt)	Détection de l'orientation des objets en mouvement sur la peau, sensibilité proprioceptive consciente, étirement de la peau
Adaptation rapide	Corpuscules de Meissner	Etroit, limites nettes, plus large que les complexes de Merkel	Perception du mouvement d'objets sur la peau (préhension, dextérité)
	Corpuscules de Pacini	Large, à limites floues	Stimuli mobiles, vibrations rapides

Tableau 1. Caractéristiques des différents mécanorécepteurs à bas seuil d'activation mis en jeu dans la sensibilité tactile épicrotique

Les différents récepteurs n'interviennent donc pas de la même manière en fonction du type de stimulation ou d'exploration sensitive (vibratoire, statique, dynamique, etc...). Une fois activés, les récepteurs génèrent des potentiels d'action se propageant le long des fibres nerveuses avec différents relais passant par la moelle épinière, le thalamus puis le cortex. Sur le plan de la sensibilité extéroceptive épicrotique, la voie empruntée est la voie lemniscale. Ce système lemniscal présente une somatotopie jusqu'au cortex S1. La transduction et l'interprétation de l'information électrique sont réalisées au niveau du cortex. Il s'agit de la perception tactile. (11)

Comme évoqué plus haut la perception tactile n'est pas la seule à entrer en jeu dans la boucle. Le principe de rétrocontrôle est le même pour la perception proprioceptive ou d'étirement musculaire par exemple.

La figure 1 schématise la boucle sensori-motrice et notamment les rétrocontrôles (9).

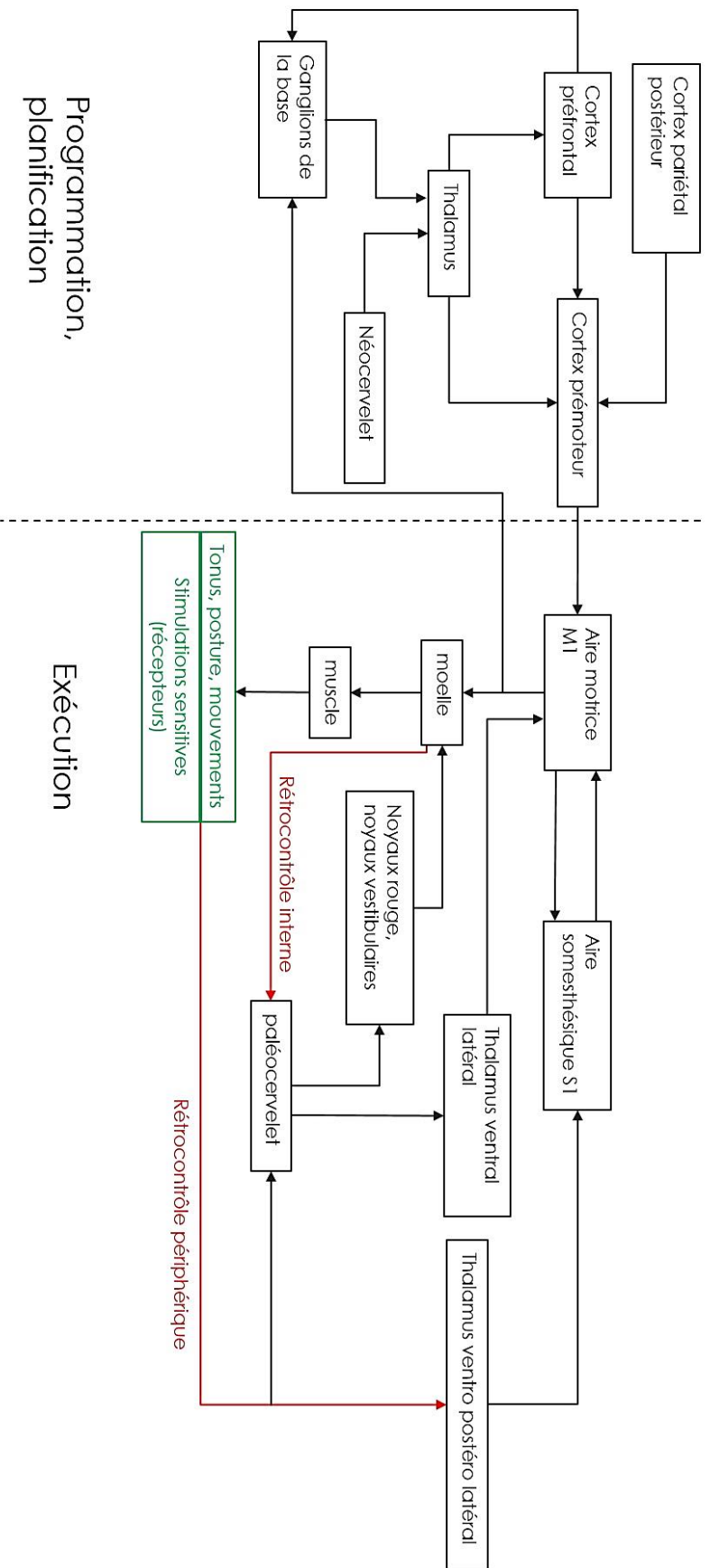


Figure 1. Schéma de la boucle sensori-motrice (14)

III- Conséquences de l'immobilisation d'un membre sur le fonctionnement de la boucle sensori-motrice

En reprenant le syndrome d'exclusion segmentaire d'origine périphérique, l'aspect principal est la non-utilisation ou la sous-utilisation d'un segment de membre ou d'un membre.

Plusieurs études ont été réalisées sur les conséquences de la non-utilisation induite par immobilisation d'un membre en dehors du syndrome d'exclusion.

Il a été montré que l'immobilisation d'un avant-bras ou de doigts pendant 10h à 4j peut entraîner une diminution de l'excitabilité corticale de l'aire M1 controlatérale avec une diminution de l'inhibition inter-hémisphérique de l'hémisphère controlatéral sur l'hémisphère homolatéral, indépendamment de l'utilisation ou non du membre non immobilisé. En revanche, l'utilisation du membre controlatéral laissé libre entraîne une augmentation de l'excitabilité de l'aire M1 homolatérale à l'immobilisation ainsi qu'une augmentation de l'inhibition inter-hémisphérique de l'hémisphère homolatéral au côté immobilisé sur l'hémisphère controlatéral (12). L'immobilisation peut entraîner une diminution de l'inhibition intra-corticale et une augmentation de la facilitation intra-corticale (13). Il a également été montré qu'une immobilisation induite est associée à la diminution des influx afférents et efférents entraînant une visée moins précise (14), des troubles de la coordination entre les articulations (15) et des troubles de la cinématique du mouvement (16). Scotto et al. ont testé si la non-utilisation d'un membre supérieur, par immobilisation de 24h, affectait l'anticipation et le feedback des mouvements de pointage. Cette étude retrouvait un impact sur le contrôle sensorimoteur avec un allongement du temps de mouvement sans modification de la précision. Cet allongement du temps de mouvement est la conséquence d'un ralentissement des phases d'accélération et de décélération. L'immobilisation semble donc modifier le contrôle sensorimoteur (17). De

plus, l'immobilisation induite entraîne une modification rapide de la représentation de l'espace péri-personnel (18).

En ce qui concerne les conséquences à distance de l'immobilisation, il existe peu d'éléments dans la littérature. Cependant, Zanette et al. ont pu contrôler, à distance (35-41 jours après l'ablation du plâtre), l'effet d'une immobilisation d'environ 35 jours du membre supérieur chez 4 personnes (13). La dextérité digitale s'était alors normalisée comparativement à l'évaluation immédiate à l'ablation du plâtre. Ils retrouvaient également une amélioration des amplitudes des potentiels d'action musculaires composés. Il en est de même pour les potentiels évoqués moteurs (PEM) à basse intensité (13).

L'immobilisation et la non-utilisation induite qui en découle entraînent des modifications du fonctionnement de la boucle sensori-motrice. Est-ce que ces mêmes modifications sont impliquées dans le syndrome d'exclusion ? Est-ce que la non réversibilité des modifications observées en cas d'immobilisation peut expliquer l'évolution vers un syndrome d'exclusion ?

Éléments clés

- **Différents récepteurs distaux sont impliqués dans la sensibilité.**
- **Plusieurs boucles de rétrocontrôle existent, à différents niveaux.**
- **En cas d'absence de mouvement planifié, il n'y a pas de copie de la commande corticale motrice.**
- **L'immobilisation, même courte d'un membre supérieur entraîne une modification de la boucle sensori-motrice.**

IV- Contexte de l'article

En se basant sur la description clinique du syndrome d'exclusion et les connaissances sur la boucle sensori-motrice, nous allons formuler des hypothèses concernant la physiopathologie de ce syndrome.

Les patients présentant ce syndrome décrivent souvent des troubles de la sensibilité notamment épicritique, une sensation d'étrangeté au toucher et des phénomènes de distorsion sensitive (1) : notre hypothèse est que les perturbations en particulier tactiles peuvent participer à la physiopathologie. En reprenant ces éléments cliniques et en décrivant le fonctionnement de la boucle sensori-motrice normale, notre hypothèse est qu'une des causes initiales potentielles du syndrome d'exclusion se situe au niveau de la boucle de rétrocontrôle périphérique.

La perception tactile implique différentes structures et étapes illustrées dans la figure 2. Elle résulte d'un stimulus initial qui active des récepteurs sensitifs entraînant la transmission d'un potentiel d'action le long des voies de transmissions (nerf, moelle) jusqu'aux niveaux sous cortical et cortical où cette information sera interprétée en tant que perception tactile (cf Figure 2) (11).

Nous allons formuler des hypothèses sur les différents niveaux pouvant être impliqué dans les perturbations de la perception tactile.

Une altération de cette perception peut donc provenir d'une atteinte initiale à trois niveaux différents :

a. Niveau cortical et sous cortical

Comme expliqué précédemment, le syndrome d'exclusion segmentaire survient après une lésion d'origine périphérique pouvant être minime. Il est caractérisé par des troubles du comportement moteur sans atteinte morphologique du système nerveux central. Il n'est pas

retrouvé d'atteinte lésionnelle du système nerveux central dans les lésions entraînant un syndrome d'exclusion segmentaire. Le niveau d'atteinte initiale de la perception tactile ne semble donc pas pouvoir être au niveau cortical ou sous cortical.

b. Voies de transmission

En cas de syndrome d'exclusion, les voies nerveuses afférentes sont le plus souvent intactes comme cela est confirmé par les résultats des études électrophysiologiques. En effet les PES et PEM étaient retrouvés normaux (1). Les voies de transmission ne semblent donc pas être le siège de l'atteinte lésionnelle initiale. L'hypothèse initiale avancée dans les précédentes études se basait sur une désafférentation (1). La normalité des PEM et PES va donc à l'encontre de cette hypothèse physiopathologique.

c. Récepteurs distaux

La localisation périphérique fréquente des lésions initiales conduisant à l'exclusion pourrait expliquer une atteinte de ces récepteurs.

Au vue des connaissances actuelles, une lésion à ce niveau semble pouvoir être un point d'entrée possible de perturbations de la perception tactile.

En se basant sur les précédentes études et les caractéristiques du syndrome, nous nous demandons si les récepteurs sensitifs tactiles distaux jouent un rôle dans la physiopathologie du syndrome d'exclusion segmentaire d'origine périphérique. Cela pourrait expliquer les troubles de la sensibilité et le sentiment d'étrangeté ressentis par les patients au toucher malgré l'absence d'atteinte des voies nerveuses afférentes retrouvées lors des explorations électrophysiologiques. En effet les explorations électrophysiologiques sensitives périphériques et centrales ne permettent pas d'explorer la partie la plus distale du système sensitif à savoir le récepteur car elles reposent sur une stimulation directe des fibres

nerveuses périphériques, en aval des récepteurs. Cette hypothèse serait également en adéquation avec l'hypothèse d'une perturbation de la perception tactile par altération des afférences périphériques. Les troubles de la commande motrice seraient en rapport avec ces atteintes. L'hypothèse est que les voies sensibles fonctionnent mais que le signal qu'elles transmettent est perturbé du fait d'un dysfonctionnement des récepteurs périphériques cutanés.

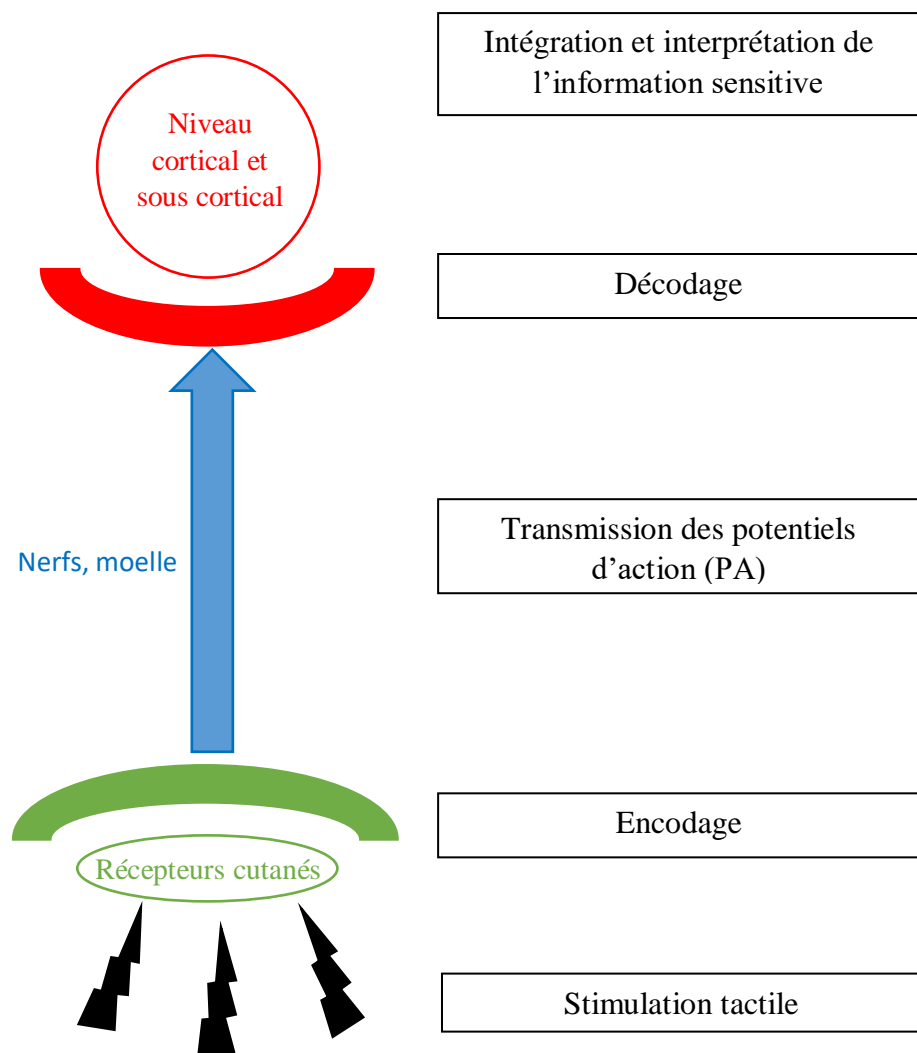


Figure 2. Schéma représentant les différents niveaux de la perception tactile

Éléments clés

- **Nous émettons l'hypothèse d'une atteinte de la perception tactile dans le syndrome d'exclusion.**
- **Une atteinte initiale corticale ou des voies de transmission semble peu probable.**
- **Nous suspectons une atteinte initiale des récepteurs sensitifs tactiles distaux.**

V- Présentation de l'étude

Notre hypothèse est que les sujets présentant un syndrome d'exclusion segmentaire ont un seuil de discrimination sensitif différent du seuil présenté par les sujets sains. Cette différence pourrait être due à une atteinte des récepteurs sensitifs distaux intervenants dans l'exploration sensitive.

Notre objectif est d'évaluer la perception tactile par l'intermédiaire du seuil de discrimination tactile entre des sujets présentant un syndrome d'exclusion segmentaire d'origine périphérique et des sujets sains.

Nous avons donc établi un protocole, afin d'explorer les différents aspects de la discrimination sensitive tactile : statique passif, dynamique passif et dynamique actif. Pour cela nous utiliserons :

- Le Grating Orientation Task (GOT) (19–22). Ce test permet d'établir un seuil de discrimination tactile statique et passive.
- Le Moving Two-Points Discrimination test (M2PD) qui permet d'explorer la discrimination tactile dynamique et passive. (20,23,24)
- Un test à l'aide de deux barrettes établi en nous basant sur une étude réalisée par Louw et al. chez des sujets sains (25). L'objectif de cette étude était d'établir un seuil de détection sensitif dynamique chez des sujets sains par l'intermédiaire de stimuli présentés sous forme de reliefs en forme de courbe de Gauss avec différentes hauteurs et longueurs de reliefs. Ce test nous permet d'explorer la discrimination tactile dynamique, active.

Le cahier d'observation du protocole est retrouvé en Annexe N°7.

Changes In Tactile Perception In People With Segmental Exclusion Syndrome

Fabien Evra, Hadrien Ceyte, Amélie Touillet, Jonathan Pierret, Noel Martinet, Pierrick Herbé, Jean Paysant

Abstract

Segmental exclusion syndrome is characterised by the non-use or under-use of a limb segment, most oftenly reported in the distal part, following an injury, without affecting the central nervous system. This syndrome has an important negative impact on the daily life of affected subjects ; however, it remains poorly studied, particularly in terms of pathophysiology, and its management is still not specific. Currently, the main pathophysiological hypothesis is an alteration of the afferences related to a dysfunction of the sensorimotor loop. The sensory-motor loop comprises several elements that participate in the elaboration of a movement, its execution, and the correction of the gesture to easily reach the desired movement. Our hypothesis is that this dysfunction could concern the level of tactile perception and that the damage to the distal light touch receptors could play a role in the pathophysiology of segmental exclusion syndrome. Based on this, we have established a protocol that is targeted to evaluate tactile perception using the tactile discrimination threshold between subjects with segmental exclusion syndrome of peripheral origin and healthy subjects. The protocol is based on the performance of tests that explore different aspects of light touch : passive, active, dynamic and static sensitivity. The results of this study may facilitate the understanding of this syndrome, its diagnostic criteria, and consequently help identifying it at an early onset. Given the fact that this study is focused on evaluating the light touch sensitivity, which is undoubtedly part of a more complex and multifactorial etiology, it requires further investigation, particularly in regards to the role of attention, pain and immobilisation.

Keywords : Segmental exclusion syndrome, sensory-motor loop, sensory tactile perception.

Abbreviations :

- CEP = Cognitived Evoked Potentials
- MEP = Motor Evoked Potentials
- PES = Somaesthetic Evoked Potentials
- GOT = Grating Orientation Task
- M2PD = Moving Two-Points Discrimination Test
- M1 = Primary motor area
- S1 = Primary somaesthetic area
- S2PD = Static Two-Points Discrimination Test
- HG = Healthy group
- EG = Exclusion group

Introduction

Segmental exclusion syndrome is characterised by the non-use or under-use of a limb segment. This syndrome could occur after traumatic, infectious or inflammatory conditions, without central nervous system injury. It is most often reported in a finger or hand and can be observed at any age, regardless of gender and side of the body(1).

The clinical examination reveals motor control disorders, occasionnaly associated with sensory disturbances, limitation in the range of motion of the involved segment, and pain. Spontaneous pain is rare, especially in the absence of an associated complex regional pain syndrome ; however, hyperesthesia and allodynia are sometimes noted, as well as uncomfortable tactile disturbances with a glove-wearing sensation. Moreover, vasomotor disorders, trophic disorders, and body scheme disorders (agnosia, anosognosia, anosodiaphoria, etc.) can be observed. Disturbances in the exploratory strategy of objects with the limitation of movement and the inability to position the object towards the most informative zones, such as the pulp of the index finger are also described. (1,2)

The diagnosis of segmental exclusion syndrome is established clinically, but electrophysiological investigations have already been carried out ; it can be identified with finding disturbances in the cognitive evoked potentials (CEP) with an increase in the latency of the P300. This is in favor of a disorder of the processing of sensitive information of attentional origin, in which the P300 is known to be affected by (3,4). The motor and somaesthetic evoked potentials (MEP and SEP) are more often normal (1,5).

Spontaneous recovery is possible ; however, complications such as the extension of exclusion to adjacent segments or even degradation to full limb exclusion have been reported(1). Considering the risk of these complications, establishing an early, effective and adapted management is indispensable.

Until now, the pathophysiology of exclusion syndrom remains unclear and has not been well-studied, making it challenging to follow an appropriate and a specific care and support. The main physiopathological hypothesis is an alteration of the sensory afferences, wich could be explained by a disturbance of the sensorimotor loop with inappropriate sensitive information transmitted to the cortex leading to disturbed interpretation and command, and finally body scheme disorders (1).

Sensory exploration can be carried out passively or actively and dynamically (Moving stimulation of the object on the skin) or statically (Contact between the object and the skin, without movement). Between these different types of exploration, the subject's attention is not the same. Indeed, an active and dynamic exploration by a subject requires a voluntary movement and thus an elaboration of this movement with a correction if necessary (6,7). So the attention paid to the object explored will not be the same as when the subject receives a sensitive stimulation in a passive way with full attention paid to its sensation. Concerning the explorations, the stimulation will not involve the skin receptors in the same way if the stimulation is static or dynamic. Indeed, the receptors have different detection characteristics

and do not all respond in the same way depending on the stimulation. In addition, the epicritic sensitivity detection thresholds are not the same depending on whether the stimulation is static or dynamic. For example, the Static Two-Points Discrimination Test will have a higher threshold of normality than that found in the Moving Two-Points Discrimination Test (8–10). By taking up the sensorimotor loop (6,7,11) and the different knowledge described above, we question of the involvement of distal sensory receptors. Damage to these receptors would be consistent with the peripheral injury, the strange sensory disturbances experienced by the patients on examination, despite the absence of damage to the afferent nerve pathways on electrophysiological explorations. The motor control disorders would be explained by the disturbances in sensory perception and the body schema disorders found could be a consequence of these tactile perception disorders. The hypothesis lies in the presumption that the sensory pathways are functioning but that the information they transmit is disturbed due to a dysfunction in the peripheral tactile receptors.

To test this hypothesis, we have instituted a protocol to explore these receptors by analyzing the tactile perception. This can be achievable by evaluating the thresholds of sensitive discrimination in subjects with segmental exclusion syndrome (EG) and a healthy control group (HG).

Main objective

The main objective of this study is to evaluate the difference of passive sensory discrimination threshold between each hand, statically and dynamically, of subjects with segmental exclusion syndrome and healthy subjects.

Secondary objectives

Comparing the difference of passive sensory discrimination between the two hands using the Grating Orientation Task (GOT) (8,12–14) and the moving two-points test (8,9,15) in subjects with segmental excusion syndrome. And on the other hand, to look for a difference in discrimination in active and dynamic exploration of landforms between the two groups.

Hypothesis

We hypothesize that the difference in sensitivity discrimination threshold between each hand is higher in EG subjects, compared to the control HG. Moreover, we hypothesize that the difference in passive sensory discrimination would be less marked in dynamic condition than in static condition in EG. Furthermore, subjects of EG would show different sensitivity discrimination in dynamic exploration compared to HG.

Methods and design

Study design

This study is a comparative, observational study with two groups: a healthy control groupe (HG) and a group with segmental exclusion syndrome (EG).

Study population and recruitment

Inclusion criteria

The inclusion criteria for subjects with unilateral segmental exclusion syndrome:

- Confirmed diagnosed of unilateral segmental exclusion (diagnosis is established if there are at least two affected items in tests 3 and 4 of the 400 points assessment due to exclusion) at least 3 months after the initial injury.

- Age over 18 years old
- Ability to understand simple orders

The inclusion criteria for the healthy group:

- Subjects who are over 18 years old and who are being able to understand simple orders.
- No history of upper limb injury or neurological disease.

Non-inclusion criteria for both groups

- Neurocentral damage following initial trauma or previously-existing neurocentral trauma.
- Complete truncal nerve lesions
- Psychiatric pathology
- Communication and/or comprehension disorders
- Sensory disorders in the context of pathologies that may affect the nervous system (complicated diabetes, nerve tunnel syndromes of the upper limb, etc...)
 - Injury of the contralateral hand

Recruitment

The subjects for this study have been recruited in the Institut Régional de Réadaptation of Nancy (IRR). Each subject will receive oral and written informations, and they will also be allowed a period of reflection before inclusion in the study.

The HG subjects will be matched with subjects with segmental exclusion criteria in relation to the affected finger, hand laterality and age.

The protocol has been approved by the local ethics committee and a CPP application is underway. The protocol was drawn up in accordance with the Declaration of Helsinki.

Variables studied

At the inclusion visit, the following information will be collected: socio-demographic data, history of the disease, hand laterality, clinical and psychometric data.

Clinical data will include active and passive joint ranges of motion, sensory testing, pain assessment using the numerical scale (16) and trophicity assessment. In addition, two assessments of epicritic sensitivity are used in current practice and will be performed during this visit : the Static Two Point Discrimination Test (8) and the Semmes-Weinstein Monofilament Test (17).

Psychometric data will include the assessment of body disturbance via the Bath Scale CRPS Body Perception Disturbance Scale (18,19) adapted into French by Birck et al (20), assessment of kinesiophobia using the « TAMPA Scale of Kinesophobia » (21), assessment of neuropathic pain using DN4 questionnaire (22) and assessment of anxiety and depression using the HAD questionnaire (23,24).

Methodology

Tactil perception is explored trough three tests : Grating Orientation Task (GOT), Moving Two-Points Discrimination Test (M2PD) and the bar test that is inspired by a study realized by Louw et al. (25).

Grating Orientation Task (8,12–14)

This test consists of the use of 8 half-dome shaped stimuli of 19mm diameter. These stimuli are commercially available (JVP Domes, Stoelting Co. Wood Dale, Illinois, USA) (Figure 1).

On these stimuli, there is an alternation of grooves and ridges of identical width. Each stimulus has a different width of relief: 0.35mm, 0.5mm, 0.75mm, 1.00mm, 1.25mm, 1.5mm, 2.00mm and 3mm.

In a manner non-visible to the subject, the stimulus is placed on the palmar surface of the third phalanx of the finger explored by the examiner in the longitudinal direction of the finger and then in the transverse direction of the finger or twice in succession in the same direction. The subject must then identify whether the reliefs were in the same direction or not.

The stimulation is performed for 1-2 seconds with creation of a skin deformation of approximately 2mm. The test starts with the stimulus at 3mm. Ten stimulations are performed per stimulus, alternating randomly between stimulations in the same direction and stimulations in perpendicular directions. The sensory discrimination is validated if the subject has 7 correct responses out of 10. After validation of the discrimination, the test is repeated with the lower relief width. The test is stopped when the subject responds correctly to about 50% of the stimuli. The test makes it possible to establish a threshold which corresponds to the width of relief where the subject has 70% of correct answers. This test aims to explore tactile sensitivity on a passive and static side.



Fig 1. Material used for the GOT (JVP Domes, Stoelting Co. Wood Dale, Illinois, USA)

Moving Two-Points Discrimination Test (8,9,15)

This test consists of passing 1 or 2 spikes from proximal to distal on the subject's palmar surface of the third phalanx by an examiner. The passage of the stimulus over the phalanx should last for 1 second. The subject must specify whether he feels 1 or 2 spikes. The stimulation is carried out in a manner non-visible to the subject. The distance between the 2 tips can vary from 2mm to 30mm.

One or two spikes are passed in a random manner to achieve 10 stimulations per spike gap. The test is started with a spike gap of 8mm. If the subject responds correctly to 7 of the 10 stimuli, then the discrimination is validated and the distance between the spikes can be decreased. The gradual decrease in distance will establish a passive dynamic discrimination threshold per

subject. This threshold corresponds to the last gap where 7 out of 10 correct responses are found.

This test aims to explore tactile sensitivity on a passive and dynamic side

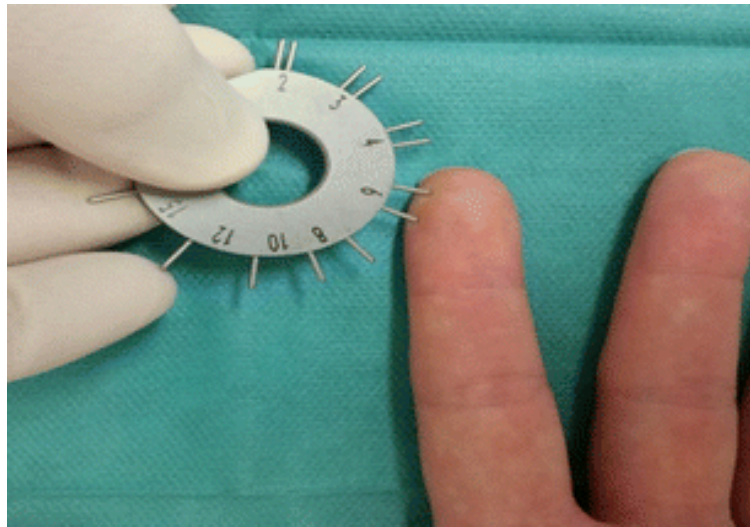


Fig 2. Illustration of the Moving-Two Points Discrimination Test. Spikes are passed over the palmar surface of the third phalanx from proximal to distal.

Bar Test (25)

In this article, we will be referring to this test as the « Bar Test ». For the realization of this test, we have created 2 bars each presenting, on their surface, a relief whose modalities were established on the basis of the study of Louw et al (25). This test aimed to establish a dynamic sensory detection threshold in 3 healthy subjects. In order to achieve this, they used several metal bars with a different size of relief on each one. For our study, we used the threshold values found in this study to create a bar with relief close to a sensitive discrimination threshold for healthy subject and a bar with relief above the discrimination threshold so that the majority of healthy subjects could feel the relief.

These bars are 300mm long, 25mm wide and 34mm high. They are made of 316L stainless steel. The reliefs were made by wire cutting. The Ra (arithmetic mean height of 0.8 μm . Profile tolerance of 0.01mm on the relief). The first bar is 100 μm high and the second is 200 μm high.

100 μm corresponds to the relief close to the sensory threshold for a sigma (half relief length) of 7.5mm in the healthy subject. 200 μm corresponds to the value above the threshold found in the healthy subject.

The slope was calculated according to the following formula : $h(x) = B + A \cdot e^{-(x^2/2\sigma^2)}$

Where B represents the height of the bar ; A is the amplitude of the relief (100 μm or 200 μm) and σ represents half the length of the relief. This test aims to explore tactile sensitivity on an active and dynamic side. The appearance of the bars is shown in Figure 3 (26).

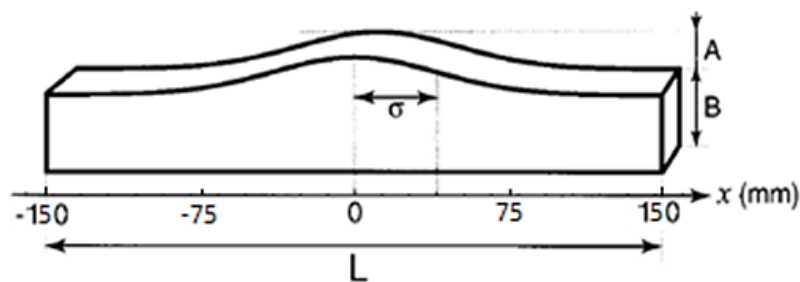


Fig 3. Diagram of the bars used for the Bar Test, adapted Louw et al. (24)

Operating conditions

Each of the three tests will be performed on the two groups. The order of execution of the tests and the order of passage between healthy and excluded hands will be done randomly. Before tests the skin temperature of the finger will be checked with a warm-up if necessary. Indeed, cold can potentially have an impact on tactile sensitivity (27,28).

For the GOT and the M2PD, the test is performed on the excluded finger and the same finger on the contralateral side of the affected subject and on the same two fingers in the healthy subject. Regarding the positioning, the subject need to be seated at a table with the forearm placed in supination on a triangular cushion in order to have complete rest of the arm. Noise-cancelling headphones and a mask will be provided to the subjects so that the hands are not visible to them. On the other side of the table, there will be an examiner who will be conducting

the tests. For the Bar Test, the subjects' forearm will be in a pronation position. The subject will be behind a curtain in order to hide the hand and a screen will be positioned in front of the subject displaying a cursor moving at an identified speed and on which the subject must fixate to explore the bars.

For the Bar Test, the subject explores the bars by running his finger over them, actively and blindly. At a set speed, over 2 round trips. The speed is controlled by a prompter on a screen moving a pre-defined distance at 70mm/sec. The subject must then synchronise the speed of the finger movement with the speed of the prompter movement.

The subject can perform two trial runs directly on the table to calibrate the speed of exploration.

After exploring the 2 bars, the subject must give one answer among 4 possibilities :

- The 2 bars are flat
- The 2 bars have the same relief
- The 2 bars are different : the relief of the 1st bar is more pronounced than that of the 2nd bar or there is no relief on the 2nd bar.
- The 2 bars are different : the relief of the 2nd bar is more pronounced than that of the 1st bar or, there is no relief on the 1st bar.

Bibliography

1. André J, Vielh-Ben Meridja A, Beis J, Gable C, Martinet N. Le syndrome d'exclusion segmentaire de la main et des doigts. Comportement de négligence d'origine périphérique? *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*. 1 janv 1996;39(7):433-42.
2. Galer BS, Jensen M. Neglect-like symptoms in complex regional pain syndrome: results of a self-administered survey. *J Pain Symptom Manage*. sept 1999;18(3):213-7.
3. Becker DE, Shapiro D. Directing Attention Toward Stimuli Affects the P300 But Not the Orienting Response. *Psychophysiology*. 1980;17(4):385-9.
4. Heinze HJ, Luck SJ, Mangun GR, Hillyard SA. Visual event-related potentials index focused attention within bilateral stimulus arrays. I. Evidence for early selection. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. juin 1990;75(6):511-27.
5. Beis JM, André JM, Vielh A, Ducrocq X. Event-related potentials in the segmental exclusion syndrome of the upper limb. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. juin 1998;38(4):247-52.
6. Bioulac B, Burbaud P, Cazalets J-R, Gross C, Michelet T. Fonctions motrices. *EMC - Neurologie*. avr 2013;10(2):1-25.
7. Talagas M, Misery L. Innervation cutanée. *EMC - Kinésithérapie - Médecine physique - Réadaptation* [Internet]. 10 mars 2015;
8. Johnson KO, Phillips JR. Tactile spatial resolution. I. Two-point discrimination, gap detection, grating resolution, and letter recognition. *J Neurophysiol*. déc 1981;46(6):1177-92.
9. Dellon AL. The moving two-point discrimination test: Clinical evaluation of the quickly adapting fiber/receptor system. *The Journal of Hand Surgery*. sept 1978;3(5):474-81.
10. van Nes SI, Faber CG, Hamers RMTP, Harschnitz O, Bakkers M, Hermans MCE, et al. Revising two-point discrimination assessment in normal aging and in patients with polyneuropathies. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. juill 2008;79(7):832-4.
11. Kornhuber HH. Motor functions of cerebellum and basal ganglia: the cerebellocortical saccadic (ballistic) clock, the cerebellonuclear hold regulator, and the basal ganglia ramp (voluntary speed smooth movement) generator. *Kybernetik*. avr 1971;8(4):157-62.
12. Craig JC. Grating orientation as a measure of tactile spatial acuity. *Somatosens Mot Res*. 1999;16(3):197-206.
13. Bleyenheuft Y, Thonnard J-L. Tactile spatial resolution measured manually: a validation study. *Somatosens Mot Res*. sept 2007;24(3):111-4.

14. Sakai S, Saito K, Kojima S, Otsuru N, Onishi H. Grating orientation task trial numbers for short- and long-term tactile discrimination learning. *Journal of Clinical Neuroscience*. 1 nov 2021;93:195-9.
15. Dellon AL, Mackinnon SE, Crosby PM. Reliability of two-point discrimination measurements. *The Journal of Hand Surgery*. sept 1987;12(5):693-6.
16. Downie WW, Leatham PA, Rhind VM, Wright V, Branco JA, Anderson JA. Studies with pain rating scales. *Ann Rheum Dis*. août 1978;37(4):378-81.
17. Weinstein S. Fifty years of somatosensory research: from the Semmes-Weinstein monofilaments to the Weinstein Enhanced Sensory Test. *J Hand Ther*. mars 1993;6(1):11-22; discussion 50.
18. Lewis JS, Kersten P, McCabe CS, McPherson KM, Blake DR. Body perception disturbance: a contribution to pain in complex regional pain syndrome (CRPS). *Pain*. 15 déc 2007;133(1-3):111-9.
19. Ten Brink AF, Halicka M, Vittersø AD, Jones HG, Stanton TR, Bultitude JH. Validation of the Bath CRPS Body Perception Disturbance Scale. *The Journal of Pain*. 1 nov 2021;22(11):1371-84.
20. Birck M. L'exclusion segmentaire du membre supérieur et la représentation de l'espace péripersonnel. 2021.
21. Kori SH, Miller RP, Todd DD. « L'évaluation clinique standardisée en psychiatrie » sous la direction de J.D. Guelfi, éditions Pierre Fabre. Présentée également dans : *Pratiques médicales et thérapeutiques*, avril 2000, 2, 31. In: *Kinesophobia : a new view of chronic Pain Behavior*.
22. Bouhassira D, Attal N, Alchaar H, Boureau F, Brochet B, Bruxelle J, et al. Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). *Pain*. mars 2005;114(1-2):29-36.
23. Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand*. juin 1983;67(6):361-70.
24. Lépine JP, Godchau M, Brun P, Lempérière T. [Evaluation of anxiety and depression among patients hospitalized on an internal medicine service]. *Ann Med Psychol (Paris)*. févr 1985;143(2):175-89.
25. Louw S, Kappers AML, Koenderink JJ. Haptic detection thresholds of Gaussian profiles over the whole range of spatial scales. *Exp Brain Res*. juin 2000;132(3):369-74.
26. Louw S, Kappers AML, Koenderink JJ. Haptic discrimination of stimuli varying in amplitude and width. *Exp Brain Res*. sept 2002;146(1):32-7.
27. Leff DR, Nortley M, Dang V, Bhutiani RP. The effect of local cooling on pain perception during infiltration of local anaesthetic agents, a prospective randomised controlled trial. *Anaesthesia*. juill 2007;62(7):677-82.

28. Bouvier V. La sensibilité au froid des cellules de Merkel et des kératinocytes, leurs contributions à la sensibilité thermique et tactile de la peau [These de doctorat]. Aix-Marseille; 2016

I- Discussion autour des tests utilisés et des données recueillies

a. Tests utilisés pour explorer la perception tactile

En ce qui concerne les différents tests utilisés, ces derniers ont été choisis pour explorer de différentes façons la perception tactile : statique/dynamique, actif/passif. Chacun de ces tests présente cependant, des caractéristiques à prendre en compte.

i. Grating Orientation Task

Le GOT est d'application simple, permet une exploration sensitive relativement pure permettant d'établir un seuil de discrimination et est réalisé en simple tâche, ce qui permet au sujet une pleine attention sur la tâche demandée. Plusieurs études réalisent ce test via l'utilisation d'une stimulation électronique contrôlant la force de pression de la stimulation et permettant ainsi d'avoir une pression d'application identique à chaque stimulation et de limiter l'effet de force retrouvé dans certaines études (40), cette pression d'application pouvant varier lors de stimulation manuelle. Cependant ce test a été validé en stimulations manuelles avec un effet de force aboli au-delà de 40g de pression et des variations de stimulation n'induisant pas de modifications significatives sur les seuils (21). C'est pourquoi nous avons choisi de réaliser ce test par application manuelle des stimuli.

Ce test présente donc des avantages mais présente également un inconvénient : celui d'être assez éloigné d'un aspect fonctionnel.

ii. Moving Two-Points Discrimination Task

En ce qui concerne le M2PD, l'application est également simple, demandant peu de matériel. Tout comme le GOT, il est réalisé en simple tâche pour le sujet avec une exploration sensitive

relativement pure. A noter également que des normes de seuils sont établies pour ce test, à 2-3mm (23,24).

Il présente également des inconvénients et des éléments spécifiques. L'exploration est passive, ce qui s'éloigne, comme vu précédemment, d'une exploration fonctionnelle. De plus, la vitesse de mouvement et l'intensité d'appui dépendent de l'examineur et ne peuvent être contrôlées de manière précise. On retrouve également dans la littérature, une discordance concernant la corrélation du M2PD avec le Static two-points discrimination task (S2PD) et les résultats fonctionnels (41,42). Le M2PD serait davantage corrélé à la faculté de reconnaissance des objets tandis que le S2PD serait plutôt corrélé à la vitesse de reconnaissance (43).

iii. Test des barrettes.

Le test des barrettes, quant à lui, présente plusieurs avantages. Il permet une exploration dynamique active par le sujet, comme expliqué auparavant. Les seuils de détection sensitifs ont déjà été établis, chez un petit nombre de sujets sains. Il peut permettre l'établissement d'un seuil de discrimination précis par mise en place d'un test aux barrettes complet comme décrit par Louw et al (25). Cependant, comme pour les précédents tests, il persiste des inconvénients avec notamment l'impossibilité de contrôler la pression de l'appui du doigt sur le stimulus. La vitesse d'exploration est contrôlée de manière non précise avec la présence possible de fluctuations. La réalisation de ce test nécessite un exercice en double tâche avec pour conséquence un impact sur l'attention du sujet. A noter également que pour la réalisation d'un test aux barrettes complet, le temps de passation par sujet est plus conséquent avec une fatigabilité et des variations d'attention à prendre en compte. De plus, la confection des barrettes présente un coût technique et financier important, ce qui limite la possibilité de réaliser un test complet.

iv. Tests habituels

Deux autres tests utilisés en routine clinique pour explorer la perception tactile n'ont pas été retenus pour cette étude :

- Evaluation du seuil de perception à la pression par les monofilaments de Semmes-Weinstein(44). Il s'agit d'un test passif, statique permettant d'établir un seuil de perception de la pression sur la zone testée.
- S2PD : Il s'agit d'un test statique, passif, permettant d'établir un seuil de discrimination de deux points sur la zone testée.

Ces deux tests sont réalisés en statique et en passif, tout comme le GOT. Nous avons décidé de ne pas utiliser l'évaluation du seuil de perception à la pression car le GOT nous apparaissait comme étant davantage pertinent en étudiant la discrimination tactile de deux orientations différentes plutôt qu'une perception ou non sur la peau qui peut être faussée par l'existence d'une allodynie ou des dysesthésies. En ce qui concerne le S2PD, nous avons décidé de ne pas l'inclure dans les tests principaux car nous utilisons déjà la mécanique du test avec le M2PD et nous ne voulions donc pas avoir de potentielles interférences entre les tests. De plus, il a été démontré que le S2PD a une variabilité intra et inter-individuelle et son résultat dépend du critère que les sujets adoptent pour répondre s'ils perçoivent une ou deux pointes (à savoir un critère objectif ou subjectif en fonction de la méthode utilisée) (45). De plus le caractère dynamique du M2PD apporte des éléments supplémentaires par rapport à l'exploration statique déjà réalisée à travers le GOT.

b. Autres données recueillies

Pour compléter les informations cliniques lors de la visite d'inclusion, nous avons décidé de recueillir différents éléments. Premièrement nous évaluons la perception du schéma corporel via le « Bath Scal CRPS Body Perception Disturbance Scale modifié »(30,31). L'étude de Birck

(32) a en effet confirmé l'existence de perturbation du schéma corporel en cas d'exclusion en utilisant cette échelle et cela nous permettra d'évaluer un éventuel lien entre des troubles du schéma corporel et les troubles de la perception sensitive.

Il nous paraît également important d'évaluer la kinésiophobie du patient, à savoir, la peur du mouvement par appréhension à une possible douleur. Cet élément peut en effet avoir un impact sur l'exploration active des sujets et donc sur le test des Barrettes. Pour cela nous utiliserons l'échelle de TAMPA (33).

Le syndrome d'exclusion a un impact fonctionnel sur la vie des patients avec une altération de la qualité de vie, il nous apparaît donc important d'évaluer l'anxiété et la dépression des sujets présentant ce syndrome via le questionnaire HAD (35,36).

Comme évoqué dans l'introduction, le syndrome d'exclusion peut être associé à des douleurs ou même à une allodynie. C'est pourquoi nous avons décidé d'évaluer différents aspects de la douleur chez ces patients. La douleur nociceptive par l'intermédiaire de l'échelle numérique et les potentielles douleurs neuropathiques par la réalisation d'un DN4 (34).

II- Discussion concernant le protocole

Le syndrome d'exclusion segmentaire étant peu étudié dans la littérature, l'établissement du protocole a présenté quelques difficultés. Tout d'abord, cette étude ayant plutôt un profil d'étude préliminaire, le nombre de sujet à inclure est difficilement calculable. Nous avons donc dû établir le nombre de sujets de manière empirique et en nous basant sur les précédentes études portant sur ce syndrome.

Une autre problématique porte sur l'hétérogénéité des sujets présentant un syndrome d'exclusion. En effet, les tableaux d'exclusions sont variés et ne concernent pas toujours le même doigt, ni le même côté que la latéralité du patient. Nous ne pouvons donc pas décider d'analyser systématiquement le même doigt chez les sujets sains. De plus peu d'éléments sont retrouvés dans la littérature concernant une variabilité interdigitale des seuils chez un même sujet. Pour pallier à cette problématique, nous avons décidé d'apparier les sujets sains aux sujets présentant une exclusion, par rapport au doigt atteint (et donc le doigt à tester), à la latéralité du sujet et à l'âge. La question des variations interindividuelles de la perception tactile s'est également posée. En effet, peu d'éléments sont rapportés sur ce sujet dans la littérature mais comparer directement le seuil du sujet sain au seuil du sujet présentant une exclusion ne nous apparaissait pas comme étant pertinent si une variation interindividuelle existe. Nous avons donc décidé d'évaluer une éventuelle différence entre les deux mains des sujets pour ensuite pouvoir comparer ces différences dans les deux groupes.

Concernant le type de lésion initiale, nous avons décidé de ne pas inclure les sujets ayant présenté une lésion tronculaire dans le cadre de la lésion ayant entraîné l'exclusion. En effet, les atteintes nerveuses tronculaires ne sont pas retrouvées de manière systématique chez les sujets présentant une exclusion et une telle atteinte pourrait entraîner une hypoesthésie voir même une anesthésie du territoire concerné et cela pourrait donc fausser les résultats de nos tests sensitifs.

III- Résultats attendus

Les résultats de cette étude pourraient apporter des éléments nouveaux à la compréhension physiopathologique du syndrome d'exclusion segmentaire. En effet, si l'on retrouve une différence de seuil de discrimination sensitive entre les deux groupes avec un seuil plus élevé chez les sujets présentant une exclusion, cela va dans le sens d'une perturbation de la perception tactile qui peut être due soit à une atteinte des récepteurs sensitifs distaux soit à une perturbation du traitement central de l'information, les voies nerveuses responsables de la conduction étant intactes (non-inclusion des sujets avec atteinte tronculaire connue pour notre étude) avec une atteinte initiale périphérique.

Cependant il est difficile voire impossible de tester de manière isolée ces récepteurs. En effet, comme vu dans l'introduction, beaucoup d'éléments rentrent en jeu dans la boucle sensorimotrice et dans la perception tactile, notamment au départ de la boucle de rétrocontrôle périphérique : tonus, posture, mouvements, proprioception, influx sensoriels autres que la sensibilité tactile, comme la vue ou l'ouïe. En mettant en place un casque anti-bruit et en réalisant les différents tests en aveugle, nous avons voulu limiter au maximum les influx extérieurs. En restant sur un versant fonctionnel, l'exploration sensitive dans la vie quotidienne comprend l'ensemble des influx extérieurs. Nous proposons dans cette étude, une exploration qui isole le plus possible les récepteurs (sans pouvoir les isoler complètement) afin de rechercher au mieux une atteinte de ces derniers. Cependant il est à noter que la perception tactile peut être modifiée par les autres influx externes. Par exemple, la vision, même brève, d'une main augmente la perception tactile de cette même main, même si le stimulus en lui-même n'est pas visible (46). Ce phénomène est appelé Visual Enhancement of Touch (47).

Le GOT et le M2PD sont réalisés en passif, si bien que les influx du mouvement et proprioceptifs sont diminués et que l'attention est focalisée sur la tâche. En revanche, en ce qui concerne le test des barrettes, il nous est impossible d'éliminer les influx inhérents aux

mouvements. Cependant, comme dit dans l'introduction, les copies envoyées pour contrôle ne sont présentes qu'en cas de mouvements intentionnels et donc uniquement dans le test des barrettes. Il s'agira donc d'un élément à considérer pour l'interprétation des résultats de l'étude. Il n'est également pas réalisable actuellement de tester de manière dissociée chaque type de récepteurs : chaque stimulus rentre obligatoirement dans le champ sensitif de plusieurs récepteurs. Par exemple lors du test des barrettes, en plus de la variation de relief, une force de friction s'applique à la peau du doigt du sujet, ainsi qu'une force de pression verticale réalisée par le sujet lui-même, ce qui vient engager les 4 types de récepteurs vus en introduction.

Cependant, en réfléchissant de manière fonctionnelle, c'est-à-dire directement dans les éléments que le sujet peut rencontrer dans la vie quotidienne, parmi les 3 tests utilisés, celui qui se rapproche le plus d'une activité quotidienne est le test des barrettes. En effet l'exploration sensitive, dans la vie quotidienne, est le plus souvent réalisée de manière active et dynamique par le sujet. Le test des barrettes apparaît donc comme étant le plus pertinent d'un point de vue fonctionnel.

IV- Perspectives

Le syndrome d'exclusion segmentaire est encore peu exploré et nécessiterait une étude sur un grand nombre de patients afin de définir des critères précis de diagnostic/évaluation. Le protocole proposé dans ce travail prend l'aspect d'une étude préliminaire pour tester les différents récepteurs participant à la perception tactile. En fonction des résultats, une étude à plus grande échelle et axée davantage sur une seule expérimentation, la plus précise possible, serait nécessaire. A priori, le test des barrettes nous apparaît comme pouvant être adapté afin d'établir un seuil de discrimination sensitif précis en exploration dynamique active, ce qui se rapproche du modèle fonctionnel. Cependant devant les difficultés techniques de confection du matériel, nous avons préféré réaliser une étude préliminaire afin de pré-rechercher une différence sur laquelle nous baser avant de réaliser une étude aux barrettes complète.

Si nous mettons en évidence que des troubles sensitifs jouent un rôle dans le syndrome d'exclusion, cela pourrait modifier les critères diagnostiques du syndrome. En effet actuellement les troubles sensitifs sont décrits comme des troubles associés, non présents systématiquement. La recherche de perturbation de la perception tactile pourrait participer à la différenciation initiale de ce syndrome par rapport aux diagnostics différentiels possibles. Cela pourrait également modifier la prise en charge thérapeutique qui en découlera avec un traitement spécifique des troubles de la perception tactile.

L'aspect perturbation de la perception tactile épicrotique sur lequel nous avons centré cette étude s'intègre probablement dans un ensemble sémiologique large où nous suspectons la partie tactile épicrotique comme point d'entrée potentiel. Nous suspectons que d'autres composantes de la perception tactile constituent cet ensemble comme l'attention, la douleur, l'immobilisation (antalgique ou thérapeutique) ou la part psychologique. Il conviendrait d'explorer ces différents aspects afin d'appréhender au mieux ce syndrome. Cependant chacune de ces composantes est

difficilement isolable des autres (intérêt d'avoir fait des tests différents pour lesquels la part d'attention est variable et intérêt de l'évaluation de la douleur).

Pour conclure, le syndrome d'exclusion segmentaire est un syndrome très peu connu sur plan physiopathologique mais ayant un impact sur les patients en souffrant. Au vu des connaissances actuelles, une prise en charge spécifique n'est pas réalisable, c'est pour cela que nous cherchons à étudier la physiopathologie de ce syndrome. Cette étude peut permettre de faire avancer les connaissances, cependant il semble nécessaire de réaliser des recherches complémentaires sur différents aspects (épidémiologie, physiopathologie, conséquences médico-sociales) afin de mieux connaître ce syndrome et d'établir une prise en charge la plus adaptée possible.

BIBLIOGRAPHIE

1. André J, Vielh-Ben Meridja A, Beis J, Gable C, Martinet N. Le syndrome d'exclusion segmentaire de la main et des doigts. Comportement de négligence d'origine périphérique? *Ann Réadapt Médecine Phys.* 1 janv 1996;39(7):433-42.
2. Galer BS, Butler S, Jensen MP. Case reports and hypothesis: a neglect-like syndrome may be responsible for the motor disturbance in reflex sympathetic dystrophy (Complex Regional Pain Syndrome-1). *J Pain Symptom Manage.* juill 1995;10(5):385-91.
3. Förderreuther S, Sailer U, Straube A. Impaired self-perception of the hand in complex regional pain syndrome (CRPS). *Pain.* août 2004;110(3):756-61.
4. Galer BS, Jensen M. Neglect-like symptoms in complex regional pain syndrome: results of a self-administered survey. *J Pain Symptom Manage.* sept 1999;18(3):213-7.
5. Becker DE, Shapiro D. Directing attention toward stimuli affects the P300 but not the orienting response. *Psychophysiology.* juill 1980;17(4):385-9.
6. Heinze HJ, Luck SJ, Mangun GR, Hillyard SA. Visual event-related potentials index focused attention within bilateral stimulus arrays. I. Evidence for early selection. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* juin 1990;75(6):511-27.
7. Beis JM, André JM, Vielh A, Ducrocq X. Event-related potentials in the segmental exclusion syndrome of the upper limb. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* juin 1998;38(4):247-52.
8. Viehl A. Le phénomène d'exclusion segmentaire du membre supérieur : diagnostic et traitement. Hypothèses pathogéniques. Nancy I : Université Henri Poincaré; 1994.
9. Bioulac B, Burbaud P, Cazalets J-R, Gross C, Michelet T. Fonctions motrices. *EMC - Neurol.* avr 2013;10(2):1-25.
10. Kornhuber HH. Motor functions of cerebellum and basal ganglia: the cerebellocortical saccadic (ballistic) clock, the cerebellonuclear hold regulator, and the basal ganglia ramp (voluntary speed smooth movement) generator. *Kybernetik.* avr 1971;8(4):157-62.
11. Talagas M, Misery L. Innervation cutanée. *EMC - Kinésithérapie - Médecine Phys - Réadapt [Internet].* 10 mars 2015;
12. Avanzino L, Bassolino M, Pozzo T, Bove M. Use-Dependent Hemispheric Balance. *J Neurosci.* 2 mars 2011;31(9):3423-8.
13. Zanette G, Manganotti P, Fiaschi A, Tamburin S. Modulation of motor cortex excitability after upper limb immobilization. *Clin Neurophysiol.* juin 2004;115(6):1264-75.
14. Huber R, Ghilardi MF, Massimini M, Ferrarelli F, Riedner BA, Peterson MJ, et al. Arm immobilization causes cortical plastic changes and locally decreases sleep slow wave activity. *Nat Neurosci.* sept 2006;9(9):1169-76.

15. Moisello C, Bove M, Huber R, Abbruzzese G, Battaglia F, Tononi G, et al. Short-Term Limb Immobilization Affects Motor Performance. *J Mot Behav.* mars 2008;40(2):165-76.
16. Bassolino M, Bove M, Jacono M, Fadiga L, Pozzo T. Functional effect of short-term immobilization: kinematic changes and recovery on reaching-to-grasp. *Neuroscience.* 26 juill 2012;215:127-34.
17. Scotto CR, Meugnot A, Casiez G, Toussaint L. Short-Term Sensorimotor Deprivation Impacts Feedforward and Feedback Processes of Motor Control. *Front Neurosci.* 2020;14:696.
18. Toussaint L, Wamain Y, Bidet-Ildei C, Coello Y. Short-term upper-limb immobilization alters peripersonal space representation. *Psychol Res.* juin 2020;84(4):907-14.
19. Craig JC. Grating orientation as a measure of tactile spatial acuity. *Somatosens Mot Res.* 1999;16(3):197-206.
20. Johnson KO, Phillips JR. Tactile spatial resolution. I. Two-point discrimination, gap detection, grating resolution, and letter recognition. *J Neurophysiol.* déc 1981;46(6):1177-92.
21. Bleyenheuft Y, Thonnard J-L. Tactile spatial resolution measured manually: a validation study. *Somatosens Mot Res.* sept 2007;24(3):111-4.
22. Sakai S, Saito K, Kojima S, Otsuru N, Onishi H. Grating orientation task trial numbers for short- and long-term tactile discrimination learning. *J Clin Neurosci.* 1 nov 2021;93:195-9.
23. Dellon AL. The moving two-point discrimination test: Clinical evaluation of the quickly adapting fiber/receptor system. *J Hand Surg.* sept 1978;3(5):474-81.
24. Dellon AL, Mackinnon SE, Crosby PM. Reliability of two-point discrimination measurements. *J Hand Surg.* sept 1987;12(5):693-6.
25. Louw S, Kappers AML, Koenderink JJ. Haptic detection thresholds of Gaussian profiles over the whole range of spatial scales. *Exp Brain Res.* juin 2000;132(3):369-74.
26. Becker DE, Shapiro D. Directing Attention Toward Stimuli Affects the P300 But Not the Orienting Response. *Psychophysiology.* 1980;17(4):385-9.
27. van Nes SI, Faber CG, Hamers RMTP, Harschnitz O, Bakkers M, Hermans MCE, et al. Revising two-point discrimination assessment in normal aging and in patients with polyneuropathies. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* juill 2008;79(7):832-4.
28. Downie WW, Leatham PA, Rhind VM, Wright V, Branco JA, Anderson JA. Studies with pain rating scales. *Ann Rheum Dis.* août 1978;37(4):378-81.
29. Weinstein S. Fifty years of somatosensory research: from the Semmes-Weinstein monofilaments to the Weinstein Enhanced Sensory Test. *J Hand Ther Off J Am Soc Hand Ther.* mars 1993;6(1):11-22; discussion 50.

30. Lewis JS, Kersten P, McCabe CS, McPherson KM, Blake DR. Body perception disturbance: a contribution to pain in complex regional pain syndrome (CRPS). *Pain*. 15 déc 2007;133(1-3):111-9.
31. Ten Brink AF, Halicka M, Vittersø AD, Jones HG, Stanton TR, Bultitude JH. Validation of the Bath CRPS Body Perception Disturbance Scale. *J Pain*. 1 nov 2021;22(11):1371-84.
32. Birck M. L'exclusion segmentaire du membre supérieur et la représentation de l'espace péripersonnel. 2021.
33. Kori SH, Miller RP, Todd DD. « L'évaluation clinique standardisée en psychiatrie » sous la direction de J.D. Guelfi, éditions Pierre Fabre. Présentée également dans : *Pratiques médicales et thérapeutiques*, avril 2000, 2, 31. In: *Kinesophobia : a new view of chronic Pain Behavior*.
34. Bouhassira D, Attal N, Alchaar H, Boureau F, Brochet B, Bruxelle J, et al. Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). *Pain*. mars 2005;114(1-2):29-36.
35. Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand*. juin 1983;67(6):361-70.
36. Lépine JP, Godchau M, Brun P, Lempérière T. [Evaluation of anxiety and depression among patients hospitalized on an internal medicine service]. *Ann Med Psychol (Paris)*. févr 1985;143(2):175-89.
37. Louw S, Kappers AML, Koenderink JJ. Haptic discrimination of stimuli varying in amplitude and width. *Exp Brain Res*. sept 2002;146(1):32-7.
38. Leff DR, Nortley M, Dang V, Bhutiani RP. The effect of local cooling on pain perception during infiltration of local anaesthetic agents, a prospective randomised controlled trial. *Anaesthesia*. juill 2007;62(7):677-82.
39. Bouvier V. La sensibilité au froid des cellules de Merkel et des kératinocytes, leurs contributions à la sensibilité thermique et tactile de la peau [These de doctorat]. Aix-Marseille; 2016
40. Goldreich D, Kanics IM. Tactile acuity is enhanced in blindness. *J Neurosci Off J Soc Neurosci*. 15 avr 2003;23(8):3439-45.
41. Dellon AL, Kallman CH. Evaluation of functional sensation in the hand. *J Hand Surg*. nov 1983;8(6):865-70.
42. Marsh D. The validation of measures of outcome following suture of divided peripheral nerves supplying the hand. *J Hand Surg Edinb Scotl*. févr 1990;15(1):25-34.
43. Dellon AL. Touch Sensibility in the Hand. *J Hand Surg*. févr 1984;9(1):11-3.
44. Bell-Krotoski J, Weinstein S, Weinstein C. Testing sensibility, including touch-pressure, two-point discrimination, point localization, and vibration. *J Hand Ther Off J Am Soc Hand Ther*. juin 1993;6(2):114-23.

45. The Two-Point Threshold: Not a Measure of Tactile Spatial Resolution - James C. Craig, Kenneth O. Johnson, 2000
46. Cardini F, Longo MR, Driver J, Haggard P. Rapid enhancement of touch from non-informative vision of the hand. *Neuropsychologia*. juill 2012;50(8):1954-60.
47. Kennett S, Taylor-Clarke M, Haggard P. Noninformative vision improves the spatial resolution of touch in humans. *Curr Biol CB*. 7 août 2001;11(15):1188-91.

ANNEXES

Annexe N°1 : Informations sur les potentiels évoqués cognitifs (PEC) :

Les potentiels évoqués cognitifs (dont le P300) sont observés quelle que soit le type de stimulation (visuelle, auditive ou somesthésique), à condition que le contexte engage le sujet dans un processus de traitement de l'information. Ces potentiels sont produits lorsque le sujet attend la survenue d'un stimulus, lorsqu'il prête attention à celui-ci ou en réponse à un stimulus cible conditionnant une prise de décision. L'attention portée à un stimulus peut modifier les réponses sensorielles au niveau cortical et donc les réponses évoquées cognitives.

Annexe N°2 : Rappels sur le fonctionnement musculaire :

Les muscles sont composés de 3 types de fibres musculaires. L'unité fonctionnelle est le sarcomère, qui contient l'actine et la myosine nécessaires à la contraction musculaire. La commande motrice centrale est transmise aux muscles via des motoneurones qui sont de 3 types : α , β et γ . L'ensemble constitué par un motoneurone α et les fibres musculaires qu'il innerve est appelé « unité motrice ». Les différents motoneurones peuvent être activés par les afférences sensorielles (mouvement réflexe), par les interneurones spinaux ou directement par les centres supérieurs (mouvement volontaire).

Il existe différents types de mouvements :

- Les mouvements réflexes : réponses à des stimuli sensoriels précis (Réflexes ostéo-tendineux (ROT), réflexes cutanés abdominaux (RCA), etc...)
- Automatiques : innés ou par apprentissage (respiration, marche,...)

- Volontaires ou intentionnels : impliquent une planification, déclenchés par stimulation externe ou spontanés ou auto-initiés.

Parmi les mouvements volontaires ou intentionnels il existe différents sous-types de mouvements :

- Impulsionnel ou balistique : proviennent d'un message central sans rétrocontrôle (ex : coup de pied)
- Rapide avec freinage : partie balistique puis freinage avec rétrocontrôle périphérique (déplacement de la main vers une cible)
- Lent de poursuite : interaction constante entre la commande, l'exécution et les afférences sensorielles (ex : poursuite d'une cible visuelle, exploration manuelle d'un objet).

Il existe le plus souvent une intrication des différents types de mouvements.

Annexe N°3 : Echelle de perturbation de la perception corporelle

Developed by Jennifer S. Lewis, The Royal National Hospital for Rheumatic Diseases Bath,

England. v2. ©2008. All rights reserved (30).

Validation en 2021 par Ten Brink et al (31).

Traduction d'après Birck et al (32).

- Question 1 : Sur une échelle de 0 à 10, comment considérez-vous votre main par rapport au reste de votre corps ?

Partie intégrante du corps = 0_1_2_3_4_5_6_7_8_9_10 = Complètement détachée

- Question 2 : Sur une échelle de 0 à 10, à quel point êtes-vous conscient de la position dans l'espace de votre main ?

Très conscient = 0_1_2_3_4_5_6_7_8_9_10 = Complètement ignorant

- Question 3 : Sur une échelle de 0 à 10, quel degré d'attention portez-vous à votre main lorsque vous la regardez et y pensez ?

Grande importance= 0_1_2_3_4_5_6_7_8_9_10 = Aucune importance

- Question 4 : Sur une échelle de 0 à 10, vos sentiments à l'égard de votre main affectée sont-ils plutôt positifs ou négatifs ?

Sentiment positif (ex : joie, satisfaction) = 0_1_2_3_4_5_6_7_8_9_10 = Sentiment négatif (ex : dégoût, aversion)

- Question 5 : Existe-il une différence entre la réalité et la façon dont vous percevez votre main affectée en termes de :

Taille : oui ____ non

Commentaire : _____

Température : oui ____ non

Commentaire : _____

Pression : oui ____ non

Commentaire : _____

Poids : oui ____ non

Commentaire : _____

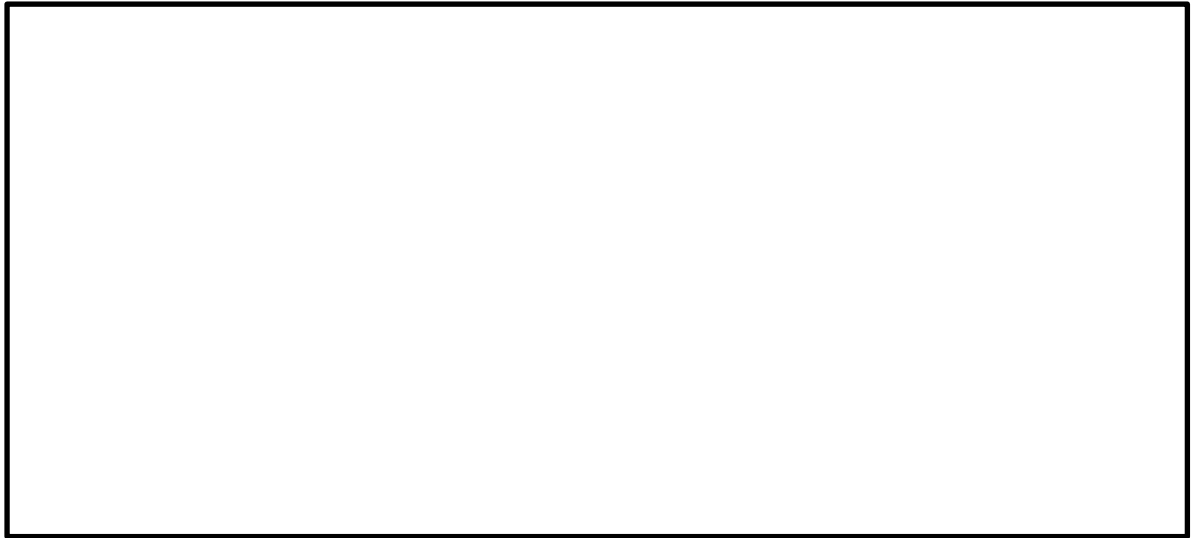
- Question 6 : Avez-vous déjà eu envie de demander une amputation de votre main atteinte? Oui ___ Non

Si oui, quelle est l'intensité de ce désir ?

Pas fort du tout = 0_1_2_3_4_5_6_7_8_9_10 = Très fort

Site d'amputation souhaité : _____

Question 7 : Avec les yeux fermés, décrivez la façon dont vous vous représentez vos deux mains (dessinée par l'évaluateur pendant la description du patient puis vérifiée par le patient).



SCORE TOTAL : _____ /57

Annexe N°4 : Questionnaire DN4

D'après Bouhassira D, Attal N, Alchaar H, Boureau F, Brochet B, Bruxelles J, et al.
Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development
of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). Pain. mars 2005;114(1-2):29-36.

(34)

Pour estimer la probabilité d'une douleur neuropathique, le patient doit répondre à chaque item des 4 questions ci-dessous par « oui » ou « non ».

QUESTION 1 : la douleur présente-t-elle une ou plusieurs des caractéristiques suivantes ?

	Oui	Non
1. Brûlure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Sensation de froid douloureux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Décharges électriques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

QUESTION 2 : la douleur est-elle associée dans la même région à un ou plusieurs des symptômes suivants ?

	Oui	Non
4. Fourmillements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Picotements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Engourdissements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Démangeaisons	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

QUESTION 3 : la douleur est-elle localisée dans un territoire où l'examen met en évidence :

	Oui	Non
8. Hypoesthésie au tact	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Hypoesthésie à la piqure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

QUESTION 4 : la douleur est-elle provoquée ou augmentée par :

	Oui	Non
10. Le frottement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OUI = 1 point

NON = 0 point

Score du Patient : / 10

MODE D'EMPLOI

Lorsque le praticien suspecte une douleur neuropathique, le questionnaire DN4 est utile comme outil de diagnostic.

Ce questionnaire se répartit en 4 questions représentant 10 items à cocher :

- ✓ Le praticien interroge lui-même le patient et remplit le questionnaire
- ✓ A chaque item, il doit apporter une réponse « oui » ou « non »
- ✓ A la fin du questionnaire, le praticien comptabilise les réponses, 1 pour chaque « oui » et 0 pour chaque « non »
- ✓ La somme obtenue donne le Score du Patient, noté sur 10

Si le Score du Patient est égal ou supérieur à 4/10, le test est positif
(sensibilité à 82,9% ; spécificité à 89,9%)

Annexe N° 5 : Questionnaire HAD

D'après Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. Acta Psychiatr

Scand. juin 1983;67(6):361-70. (35)

Traduction française par Lépine et al. (36)

Echelle Anxiété et Dépression (HAD)

Lisez chaque série de questions et encerclez le chiffre qui correspond à la réponse qui exprime le mieux ce que vous avez éprouvé **au cours de la semaine qui vient de s'écouler**. Ne vous attardez pas sur la réponse à faire ; votre réaction immédiate à chaque question fournira probablement une meilleure indication de ce que vous éprouvez qu'une réponse longuement méditée.

Je me sens tendu ou énervé La plupart du temps Souvent De temps en temps Jamais	A 3 2 1 0	J'ai l'impression de fonctionner au ralenti Presque toujours Très souvent Parfois Jamais	D 3 2 1 0
Je prends plaisir aux mêmes choses qu'autrefois Oui, tout autant Pas autant Un peu, mais cela ne m'inquiète pas Pas du tout	D 0 1 2 3	J'éprouve des sensations de peur et j'ai l'estomac noué Jamais Parfois Assez souvent Très souvent	A 0 1 2 3
J'ai une sensation de peur comme si quelque chose d'horrible allait m'arriver Oui, très nettement Oui, mais ce n'est pas trop grave Un peu, mais cela ne m'inquiète pas Pas du tout	A 3 2 1 0	Je ne m'intéresse plus à mon entourage Plus du tout Je n'y accorde pas autant d'attention que je le devrais Il se peut que je n'y fasse plus autant d'attention J'y prête autant d'attention que par le passé	D 3 2 1 0
Je ris facilement et vois le bon côté des choses Autant que le passé Plus autant qu'avant Vraiment moins qu'avant Plus du tout	D 0 1 2 3	J'ai la bougeotte et n'arrive pas à tenir en place Oui, c'est tout à fait le cas Un peu Pas tellement Pas du tout	A 3 2 1 0
Je me fais du souci Très souvent Assez souvent Occasionnellement Très occasionnellement	A 3 2 1 0	Je me réjouis d'avance à l'idée de faire certaines choses Autant qu'avant Un peu moins qu'avant Bien moins qu'avant Presque jamais	D 0 1 2 3
Je suis de bonne humeur Jamais Rarement Assez souvent La plupart du temps	D 3 2 1 0	J'éprouve des sensations soudaines de panique Vraiment très souvent Assez souvent Pas très souvent Jamais	A 3 2 1 0
Je peux rester tranquillement assis à ne rien faire et être décontracté Oui quoi qu'il arrive Oui en général Rarement Jamais	A 0 1 2 3	Je peux prendre plaisir à un bon livre ou à une bonne émission radio ou de télévision Souvent Parfois Rarement Très rarement	D 0 1 2 3

TOTAL DES SCORES : COLONNE "A" = ___ ; COLONNE "D" = ___

Tout score de 8 ou plus signifie que la dimension en question est significative
(plus que la normale)

Annexe N°6 : Questionnaire TAMPA

D'après Kori et al., 1990 (33), traduite par GRISART & MASQUELIER, Cliniques

Universitaires Saint-Luc, 1200 Bruxelles

Un score supérieur ou égal à 40/68 est considéré comme une kinésiophobie significative.

Même à cette époque de haute technologie, il ne faut pas négliger une des plus importantes sources d'information à votre sujet : il s'agit de vos sentiments ou de vos intuitions à propos de ce qui arrive à votre corps.

Répondez aux questions suivantes en utilisant l'échelle de droite. Répondez vraiment en fonction de votre impression et pas en fonction de ce que les autres pensent que vous devriez croire. Il ne s'agit pas d'un test de connaissance médicale. Nous voulons savoir comment vous voyez les choses.

	Consignes : Veuillez lire attentivement chaque question et encercler le numéro qui correspond le mieux à ce que vous ressentez.	Fortement en désaccord	Légalement en désaccord	Légalement en accord	Fortement en accord
1.	J'ai peur qu'en faisant de l'exercice, cela ne me blesse.	1	2	3	4
2.	Si je vais au-delà de mes limites pour dépasser la douleur, elle pourrait augmenter.	1	2	3	4
3.	Mon corps me dit que quelque chose ne va pas et que cela constitue un danger pour lui.	1	2	3	4
4.	Ma douleur serait probablement diminuée si je faisais de l'exercice. *	1	2	3	4
5.	Les gens ne prennent pas mon état de santé suffisamment au sérieux.	1	2	3	4
6.	Mon accident a fragilisé mon corps pour le reste de ma vie.	1	2	3	4
7.	La douleur signifie qu'il y a toujours une lésion.	1	2	3	4
8.	Ce n'est parce que quelque chose aggrave ma douleur que cela signifie que c'est dangereux *	1	2	3	4
9.	J'ai peur de me faire mal ou de me blesser par mégarde.	1	2	3	4
10.	En étant attentif à ne faire que des gestes adéquats, je peux éviter d'augmenter la douleur.	1	2	3	4
11.	Le maintien d'une telle douleur signifie que j'ai probablement quelque chose de grave.	1	2	3	4
12.	Malgré ma douleur, je serais mieux si j'avais plus d'activités physiques. *	1	2	3	4
13.	La douleur me fait savoir quand je dois arrêter mes exercices afin de ne pas entraîner des dommages corporels.	1	2	3	4
14.	Ce n'est pas vraiment très bon pour une personne dans un état comme le mien d'être physiquement active.	1	2	3	4
15.	Je ne peux pas tout faire comme les autres, sinon cela pourrait causer des lésions dans mon organisme.	1	2	3	4
16.	Même si certaines choses entraînent une douleur, je ne pense pas qu'elles soient réellement dangereuses. *	1	2	3	4
17.	Personne ne devrait faire de l'exercice lorsqu'il(elle) a mal.	1	2	3	4

Changes in tactile perception in people with segmental exclusion syndrome

CAHIER D'OBSERVATION SUJET PRESENTANT UNE EXCLUSION

MEDECIN INVESTIGATEUR : _____

N° D'INCLUSION DU PATIENT : _____

INITIALES DU PATIENT : _____

DATE DE NAISSANCE DU PATIENT : ____/____/____

SEXE :

Masculin

Féminin

Promoteur de l'étude

Institut Régional de Médecine Physique et de Réadaptation, établissement de l'UGECAM du Nord-Est.

75, boulevard Lobau, CS 34209, 54042 Nancy Cedex, France

Tél. : 03 83 52 97 00

Investigateur principal : TOUILLET Amélie

Tel : Mail :

VISITE DE PRÉ-INCLUSION (V0)

Date de la visite d'inclusion avec remise de la lettre d'information et du formulaire de consentement : __/__/____

CRITERES D'INCLUSION (Ne pas inclure le patient si l'un de ces critères est absent)		
Personne majeure	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Diagnostic d'exclusion segmentaire posé	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
En phase chronique de l'atteinte (> 3 mois)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Personne affiliée à un régime de sécurité sociale	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Personne étant à même de comprendre les ordres simples	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non

CRITERES DE NON-INCLUSION (Ne pas inclure le patient si l'un de ces critères est présent)		
Présence d'une atteinte neuro-centrale (maladie dégénérative, traumatisme, lésion vasculaire,...) suite au traumatisme ou présente auparavant	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Section nerveuse complète tronculaire	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Présence de trouble de la sensibilité dans le cadre de pathologie pouvant atteindre le système nerveux (diabète compliqué, syndrome canalaire du membre supérieur, ...)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Présence d'une pathologie psychiatrique	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Présence de trouble de la communication et/ou de la compréhension	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Présence d'antécédent d'atteinte des membres supérieurs	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Personne majeure faisant l'objet d'une mesure de protection légale ou hors d'état d'exprimer son consentement	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Femme enceinte ou allaitante	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non

RESULTATS aux tests nécessaires à l'inclusion (le cas échéant)	
Nombre d'items perturbés au 400 points mains à cause de l'exclusion.	

PATIENT ELIGIBLE (remplissant l'ensemble des critères d'inclusion et ne présentant aucun critère de non-inclusion : Oui Non

VISITE D'INCLUSION (V1)

Information éclairée et consentement du patient

Après avoir informé le patient de l'étude par oral et par écrit et répondu à ses questions, celui-ci m'a fait part de sa décision :

- Il souhaite participer à cette étude et m'a remis le formulaire de consentement signé.
- Il ne souhaite pas participer à l'étude.

Date de signature du consentement : ____/____/____

Date de passation de l'étude : ____/____/____

Informations démographiques

Sexe	<input type="checkbox"/> Masculin <input type="checkbox"/> Féminin
Date de naissance	____/____/____
Age	____ ans
Taille	____ cm
Latéralité	
Profession	
Loisirs	

Examen clinique

Histoire de la pathologie	
Date de la lésion initiale, de l'apparition du syndrome d'exclusion	
Pathologies intercurrentes	
Traitement médical en cours	
Allergie	
Trophicité	
Evaluation de la douleur par l'EN (au repos et à l'activité)	EN repos mini et maxi : En à l'activité mini et maxi :
Evaluation de la perception corporelle (score du Body Perception Disturbance Scale)	
Résultat au questionnaire DN4	
Résultat au questionnaire HAD	A : D :
Résultat au questionnaire TAMPA	
Résultat au test statique de Weber (D1, D2, D3, D4, D5)	
Résultat au test aux monofilaments	
Présence d'allodynie	
Raideur/adhérences	

Ajouter toutes informations pertinentes devant être recueillies lors de la visite d'inclusion

Je soussigné(e) Dr _____, atteste de l'exactitude des données recueillies dans ce cahier d'observation lors de la visite d'inclusion (V1)

Fait à Nancy, le : ___/___/_____

Signature de l'investigateur :

Résultats des tests

Doigt testé : Contrôle de la température cutanée réalisé :	
Test :	Date
GOT	D : G :
M2PD	D : G :
Bar Test	Classement choisi : 1- Les 2 barrettes sont plates 2- Les 2 barrettes ont le même relief 3- Les 2 barrettes sont différentes : le relief de la 1 ^{ère} barrette est plus important que celui de la 2 ^{ème} ou il n'y a pas de relief sur le 2 nd e barrette 4- Les 2 barrettes sont différentes : le relief de la 2 ^{ème} barrette est plus important que celui de la première ou il n'y a pas de relief sur la 1 ^{ère} barrette.

Fin de suivi du patient

Date de clôture de l'étude : __/__/____

Motif de la clôture : évaluation à terme patient perdu de vue
 autre (précisez) :

Le patient a-t-il arrêté l'étude prématurément ?

Oui Non

Si oui, indiquez la raison :

Je soussigné(e) Dr _____, atteste de l'exactitude des données recueillies dans ce cahier d'observation.

Fait à Nancy, le : __/__/____

Signature de l'investigateur :

Évènements indésirables et défauts

Le patient présente-t-il des évènements indésirables ? Oui Non

Si oui, se reporter à la fiche évènements indésirables.

Déclaration d'évènement indésirable

Evènement indésirable n° : ____

Déclaré par : Médecin Thérapeute Patient

Date de survenue : __/__/____

Situation de survenue de l'évènement indésirable :

Gravité de l'évènement :

Intensité :

Légère Modérée Grave

Description de l'évènement indésirable :

Mesure prise :

aucune surveillance arrêt définitif

Evolution de l'évènement indésirable :

Date de résolution de l'évènement indésirable

Date et Signature :

Déclaration d'évènement indésirable

Evènement indésirable n° : ____

Déclaré par : Médecin Thérapeute Patient

Date de survenue : __/__/____

Situation de survenue de l'évènement indésirable :

Gravité de l'évènement :

Intensité :

Légère Modérée Grave

Description de l'évènement indésirable :

Mesure prise :

aucune surveillance arrêt définitif

Evolution de l'évènement indésirable :

Date de résolution de l'évènement indésirable

Date et Signature :

Déclaration d'évènement indésirable

Evènement indésirable n° : ____

Déclaré par : Médecin Thérapeute Patient

Date de survenue : __/__/____

Situation de survenue de l'évènement indésirable :

Gravité de l'évènement :

Intensité :

Légère Modérée Grave

Description de l'évènement indésirable :

Mesure prise :

aucune surveillance arrêt définitif

Evolution de l'évènement indésirable :

Date de résolution de l'évènement indésirable

Date et Signature :

VU

NANCY, le **02 mars 2022**

Le Président de Thèse

Professeur Jean PAYSANT

NANCY, le **03 mars 2022**

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur Marc BRAUN

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ **12391C**

NANCY, le **09 mars 2022**

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE
LORRAINE,

Professeur Pierre MUTZENHARDT

RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Présentation du sujet : Le syndrome d'exclusion segmentaire se caractérise par la non-utilisation ou la sous-utilisation d'un segment de membre, le plus souvent à la partie distale de ce dernier, suite à une lésion, sans atteinte du système nerveux central. Ce syndrome a un impact sur la vie quotidienne des sujets qui en sont atteints. Il s'agit d'un syndrome encore peu connu et peu étudié notamment sur le plan physiopathologique et dont la prise en charge n'est pas spécifique. Actuellement, l'hypothèse physiopathologique principale est une atteinte des afférences sensitives.

La boucle sensori-motrice comporte plusieurs éléments qui participent à l'élaboration d'un mouvement, sa réalisation et la correction du geste pour se rapprocher du mouvement désiré. Nous suspectons que cette boucle joue un rôle dans la physiopathologie du syndrome d'exclusion segmentaire, notamment au niveau de la perception tactile avec pour origine une atteinte des récepteurs tactiles épicrotiques distaux. L'hypothèse est que les voies sensitives fonctionnent mais que le signal qu'elles transmettent est perturbé du fait d'un dysfonctionnement des récepteurs périphériques cutanés.

Article : Nous avons établi un protocole dont l'objectif principal est d'évaluer la perception tactile par l'intermédiaire de seuils de discrimination tactile entre des sujets présentant un syndrome d'exclusion segmentaire d'origine périphérique et des sujets sains. Le protocole se base sur la réalisation de tests qui viennent explorer différents aspects de la sensibilité tactile épicrotique : passif, actif, dynamique et statique. Chaque sujet, passe le Grating Orientation Test, le Moving Two-Points Discrimination test et un test de discrimination sensitive tactile dynamique, active, inspiré de l'étude de Louw et al.

Conclusion : Les résultats de cette étude pourront nous permettre de mieux caractériser ce syndrome pour ainsi l'identifier plus précocément par rapport à d'autres diagnostics différentiels. Par ailleurs, nous étudions ici la sensibilité épicrotique mais cette composante fait sans doute partie d'une étiologie syndromique plus complexe et plurifactorielle qui nécessite d'autres explorations, notamment sur le rôle de l'attention, de la douleur ou de l'immobilisation.

TITRE EN ANGLAIS : Changes in tactile perception in people with segmental exclusion syndrome

THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE – ANNÉE 2022

MOTS CLEFS : Segmental exclusion syndrome, sensory-motor loop, sensory tactile receptors

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex
