



HAL
open science

Le phénomène d'exclusion segmentaire du membre supérieur chez l'adulte : description et approches thérapeutiques conventionnelle et par miroir

Cristina Colteu

► To cite this version:

Cristina Colteu. Le phénomène d'exclusion segmentaire du membre supérieur chez l'adulte : description et approches thérapeutiques conventionnelle et par miroir. Sciences du Vivant [q-bio]. 2010. hal-01732059

HAL Id: hal-01732059

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732059v1>

Submitted on 14 Mar 2018

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

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



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

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

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

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

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

par

Cristina COLTEU

le 9 Février 2010

**LE PHÉNOMÈNE D'EXCLUSION DU MEMBRE
SUPÉRIEUR CHEZ L'ADULTE :
DESCRIPTION ET APPROCHES THÉRAPEUTIQUES
CONVENTIONNELLE ET PAR MIROIR**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur Jean PAYSANT
M. le Professeur François DAP
M. le Professeur Christian BEYAERT
Mme le Docteur Anne FOISNEAU-LOTTIN

Président
Juge
Juge
Juge

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

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

par

Cristina COLTEU

le 9 Février 2010

**LE PHÉNOMÈNE D'EXCLUSION DU MEMBRE
SUPÉRIEUR CHEZ L'ADULTE :
DESCRIPTION ET APPROCHES THÉRAPEUTIQUES
CONVENTIONNELLE ET PAR MIROIR**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur Jean PAYSANT

M. le Professeur François DAP

M. le Professeur Christian BEYAERT

Mme le Docteur Anne FOISNEAU-LOTTIN

Président

Juge

Juge

Juge

Président de l'Université : Professeur Jean-Pierre FINANCE

Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Henry COUDANE

Vice Doyen Mission « *sillon lorrain* » : Professeur Annick BARBAUD

Vice Doyen Mission « *Campus* » : Professeur Marie-Christine BÉNÉ

Vice Doyen Mission « *Finances* » : Professeur Marc BRAUN

Vice Doyen Mission « *Recherche* » : Professeur Jean-Louis GUÉANT

Asseseurs :

- Pédagogie :
- 1^{er} Cycle :
- « Première année commune aux études de santé (PACES) et
universitarisation études para-médicales »
- 2^{ème} Cycle :
- 3^{ème} Cycle :
- « *DES Spécialités Médicales, Chirurgicales et Biologiques* »
- « *DES Spécialité Médecine Générale* »
- Filières professionnalisées :
- Formation Continue :
- Commission de Prospective :
- Recherche :
- DPC :

Professeur Karine ANGIOÏ-DUPREZ

Professeur Bernard FOLIGUET

M. Christophe NÉMOS

Professeur Marc DEBOUVERIE

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI

Professeur Francis RAPHAËL

M. Walter BLONDEL

Professeur Hervé VESPIGNANI

Professeur Pierre-Edouard BOLLAERT

Professeur Didier MAINARD

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ – Professeur Jean-Bernard DUREUX

Professeur Jacques ROLAND – Professeur Patrick NETTER

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Pierre ALEXANDRE – Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain BERTRAND - Pierre BEY - Jean BEUREY
Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - Claude CHARDOT
Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE - Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS
Michel DUC - Jean DUHEILLE - Adrien DUPREZ - Jean-Bernard DUREUX - Gabriel FAIVRE – Gérard FIEVE - Jean FLOQUET
Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ
Simone GILGENKRANTZ - Oliéro GUERCI - Pierre HARTEMANN - Claude HURIET – Christian JANOT - Jacques LACOSTE
Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Alain LARCAN - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE
Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Michel MANCIAUX - Jean-Pierre MALLIÉ - Pierre MATHIEU
Denise MONERET-VAUTRIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert PERCEBOIS
Claude PERRIN - Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU – Jacques POUREL - Jean PREVOT
Antoine RASPILLER - Michel RENARD - Jacques ROLAND - René-Jean ROYER - Paul SADOUL - Daniel SCHMITT
Jean SOMMELET - Danièle SOMMELET - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ
Gérard VAILLANT – Paul VERT - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Michel WAYOFF - Michel WEBER

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS
PRATICIENS HOSPITALIERS**

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Gilles GROSDIDIER

Professeur Pierre LASCOMBES – Professeur Marc BRAUN

2^{ème} sous-section : (*Cytologie et histologie*)

Professeur Bernard FOLIGUET

3^{ème} sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

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

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2^{ème} sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER

Professeur René ANXIONNAT

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

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

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

2^{ème} sous-section : (*Physiologie*)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUUEL – Professeur Christian BEYAERT

3^{ème} sous-section : (*Biologie Cellulaire*)

Professeur Ali DALLOUL

4^{ème} sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

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

Professeur Alain LE FAOU - Professeur Alain LOZNIOWSKI

3^{ème} sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

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

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

2^{ème} sous-section : (*Médecine et santé au travail*)

Professeur Christophe PARIS

3^{ème} sous-section : (*Médecine légale et droit de la santé*)

Professeur Henry COUDANE

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

Professeur François KOHLER – Professeur Éliane ALBUISSON

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

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

Professeur Thomas LECOMPTE – Professeur Pierre BORDIGONI

Professeur Jean-François STOLTZ – Professeur Pierre FEUGIER

2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY

Professeur Didier PEIFFERT – Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (*Immunologie*)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marie-Christine BENE

4^{ème} sous-section : (*Génétique*)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

1^{ère} sous-section : (*Anesthésiologie et réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence*)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ

Professeur Paul-Michel MERTES – Professeur Gérard AUDIBERT

2^{ème} sous-section : (*Réanimation médicale ; médecine d'urgence*)

Professeur Alain GERARD - Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT

Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

3^{ème} sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*)

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4^{ème} sous-section : (*Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie*)

49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP et RÉÉDUCATION

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Hervé VESPIGNANI
Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE
Professeur Thierry CIVIT

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE et CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeur Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD

Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénérologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeur Annick BARBAUD

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP – Professeur Gilles DAUTEL

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIORESPIRATOIRE et VASCULAIRE

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

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE – Professeur Nicolas SADOUL

Professeur Christian de CHILLOU

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT - Professeur Jean-Pierre CARTEAUX – Professeur Loïc MACÉ

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF et URINAIRE

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

Professeur Marc-André BIGARD - Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

2^{ème} sous-section : (Chirurgie digestive)

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeur Michèle KESSLER – Professeur Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Philippe MANGIN – Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Gisèle KANNY

2^{ème} sous-section : (Chirurgie générale)

Professeur Patrick BOISSEL – Professeur Laurent BRESLER

Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

**54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE,
ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

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

2^{ème} sous-section : (Chirurgie infantile)

Professeur Michel SCHMITT – Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^{ème} sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)

Professeur Michel SCHWEITZER – Professeur Jean-Louis BOUTROY

Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Patricia BARBARINO

4^{ème} sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

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

Professeur Claude SIMON – Professeur Roger JANKOWSKI

2^{ème} sous-section : (Ophtalmologie)

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Karine ANGIOI-DUPREZ

3^{ème} sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeur Etienne SIMON

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeur Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Docteur Edouard BARRAT - Docteur Françoise TOUATI – Docteur Chantal KOHLER

3^{ème} sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)

Docteur Béatrice MARIE

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

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

Docteur Marie-Hélène LAURENS – Docteur Jean-Claude MAYER

Docteur Pierre THOUVENOT – Docteur Jean-Marie ESCANYE – Docteur Amar NAOUN

2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)

Docteur Damien MANDRY

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

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

Docteur Jean STRACZEK – Docteur Sophie FREMONT

Docteur Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN – Docteur Catherine MALAPLATE-ARMAND

Docteur Shyue-Fang BATTAGLIA

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Docteur Nicole LEMAU de TALANCE

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)

Docteur Véronique DECOT-MAILLERET

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Docteur Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

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

Docteur Francine MORY – Docteur Véronique VENARD

2^{ème} sous-section : (*Parasitologie et mycologie*)

Docteur Nelly CONTET-AUDONNEAU – Madame Marie MACHOUART

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

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

Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteur Frédérique CLAUDOT

3^{ème} sous-section (*Médecine légale et droit de la santé*)

Docteur Laurent MARTRILLE

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

Docteur Pierre GILLOIS – Docteur Nicolas JAY

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

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

Docteur François SCHOONEMAN

2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique)*)

Docteur Lina BOLOTINE

3^{ème} sous-section : (*Immunologie*)

Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (*Génétiq*ue)

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteur Céline BONNET

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

3^{ème} sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique*)

Docteur Françoise LAPICQUE – Docteur Marie-José ROYER-MORROT – Docteur Nicolas GAMBIER

4^{ème} sous-section : (*Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie*)

Docteur Patrick ROSSIGNOL

50^{ème} Section : RHUMATOLOGIE

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

Docteur Anne-Christine RAT

**54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE,
ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

5^{ème} sous-section : (*Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale*)

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} section : SCIENCE ÉCONOMIE GÉNÉRALE

Monsieur Vincent LHUILLIER

40^{ème} section : SCIENCES DU MÉDICAMENT

Monsieur Jean-François COLLIN

60^{ème} section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE ET GÉNIE CIVILE

Monsieur Alain DURAND

61^{ème} section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Monsieur Jean REBSTOCK – Monsieur Walter BLONDEL

64^{ème} section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
Mademoiselle Marie-Claire LANHERS

65^{ème} section : BIOLOGIE CELLULAIRE
Mademoiselle Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY
Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE – Monsieur Christophe NEMOS
Madame Natalia DE ISLA – Monsieur Pierre TANKOSIC

66^{ème} section : PHYSIOLOGIE
Monsieur Nguyen TRAN

67^{ème} section : BIOLOGIE DES POPULATIONS ET ÉCOLOGIE
Madame Nadine MUSSE

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale

Professeur associé Alain AUBREGE
Professeur associé Francis RAPHAEL
Docteur Jean-Marc BOIVIN
Docteur Jean-Louis ADAM
Docteur Elisabeth STEYER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Pierre BEY - Professeur Michel BOULANGE
Professeur Jean-Pierre CRANCE - Professeur Jean FLOQUET - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ
Professeur Simone GILGENKRANTZ – Professeur Henri LAMBERT - Professeur Alain LARCAN
Professeur Denise MONERET-VAUTRIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS – - Professeur Guy PETIET
Professeur Luc PICARD - Professeur Michel PIERSON - Professeur Jacques POUREL
Professeur Jacques ROLAND - - Professeur Michel STRICKER - Professeur Gilbert THIBAUT
Professeur Hubert UFFHOLTZ - Professeur Paul VERT - Professeur Michel VIDAILHET

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Norman SHUMWAY (1972)
Université de Stanford, Californie (U.S.A)
Professeur Paul MICHIELSEN (1979)
Université Catholique, Louvain (Belgique)
Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeur Mamish Nisbet MUNRO (1982)
Massachusetts Institute of Technology (U.S.A)
Professeur Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Harry J. BUNCKE (1989)
Université de Californie, San Francisco (U.S.A)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume Uni)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Professeur Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
*Centre Universitaire de Formation et de Perfectionnement des
Professionnels de Santé d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)*

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

A notre Maître et Président de Thèse
Monsieur le Professeur Jean PAYSANT
Professeur de Médecine Physique et de Réadaptation

Vous nous faites l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Nous avons eu la chance de bénéficier de votre enseignement et de partager votre expérience.

Que ce travail soit le reflet de notre admiration et l'expression de notre profond respect.

A notre Maître et Juge

Monsieur de Professeur François DAP

Professeur de Chirurgie Plastique Reconstructrice et Esthétique

Nous vous remercions de l'intérêt que vous nous portez en acceptant de juger ce travail.

Vos qualités d'enseignement et l'intérêt que vous portez à vos étudiants ont marqué nos esprits.

A notre Maître et Juge

Monsieur le Professeur Christian BEYAERT

Professeur de Physiologie

Nous sommes très honorés que vous ayez eu la gentillesse de juger ce travail.
Soyez assuré de notre reconnaissance et de toute notre gratitude.

A notre Maître et Juge

Madame le Docteur Anne FOISNEAU-LOTTIN

Docteur en Médecine Physique et Réadaptation

Nous vous remercions d'accepter de juger ce travail, ainsi que de nous avoir guidé dans l'accomplissement de celle-ci.

Vos qualités professionnelles et humaines sont un exemple pour nous.

Soyez assurée de notre sincère gratitude.

Au Professeur Jean-Marie ANDRÉ

Merci de nous avoir transmis l'amour de cette spécialité, de nous avoir permis de partager votre savoir pendant ces quelques années d'internat.

En espérant être à la hauteur.

Au Docteur Loïc Le Chapelain

Merci de m'avoir donné confiance en moi. Merci de m'avoir guidée dans l'apprentissage de la médecine, tant sur le plan théorique qu'humain.

A Gildas

Mon tout, mon amour, mon albatros.

A Sacha

Ma raison de vivre.

A mes parents

Pour votre amour sans bornes. Pour m'avoir toujours donné la main. Pour votre foi en moi. Pour avoir toujours été votre priorité.

Pour vos yeux qui brillent pour Sacha.

A Claudiu, Lalu

Pour avoir assuré dans ton rôle de grand frère.

Pour notre complicité. Pour m'avoir conduite au cinéma. Pour les caves. Pour Gusla, Snital, Webster, et enfin (ouf) Geo.

A tes 2 amours, Shannon et Corabella.

A Christa, Marius et Anja.

A la mémoire de mes **grands-parents**.

A mes beaux-parents, Yves et Jacqueline

Pour votre accueil toujours chaleureux. Pour avoir eu la bonne idée de fabriquer Gigi.

A Caroline et Sophie, mes sœurs d'adoption.

A Jean-François, parce –qu'on a toujours besoin d'un Jean-François dans sa famille.

A Damien.

A Jeanne et Romane.

A Marie-Carole, marraine de Sacha

Pour notre profonde amitié. Pour notre complicité. Pour nos fous rires. Et bien plus encore.

A Emmanuel, parrain de Sacha

A Aurélia.

A mes amis, avec par ordre d'apparition :

A Maryline

Pour notre amitié de longue date et qui durera. Pour avoir toujours été là pour moi. Pour nos moulins à parole.

A Florence

Pour ta joie de vivre, ta légèreté et ta bonne humeur. **A Didou et Mayline.**

A Aline

Pour notre solide amitié. Pour s'être soutenues tout au long de ces (longues) études.

A Po.

A Hayrye

Pour ta joie de vivre en toutes circonstances. Pour m'avoir sauvé mon stage quelque part en Meuse...

A Marion (nette/nous) et Julien

Connus sur le tard, mais le coup de foudre est là. Pour votre gentillesse et votre sensibilité. Pour nos apéros à l'improviste. Pour notre complicité.

A Baptiste

Pote de stage, pote dans la vie.

A Emilie.

A Emilie

Au souvenir de nos soirées de folie...

A Guigui et Quentin.

A Hélène

Pour ton précieux soutien tout au long de l'internat.

A mes amis d'adoption (merci Gigi) :

A Matthieu et Mélanie

Pour les bons moments partagés et à venir.

A Arthur et Camille.

A Audrey

Pour avoir m'avoir parlé un fameux soir d'hiver...Pour ta bonne humeur.

A Bertrand, ta moitié.

A Louis et Valentine.

A Rémi

Pour ton humour légendaire et ton sens de l'amitié.

A Carole et Marius.

A François

Pour ta fidélité en amitié. Pour ta gentillesse. Pour tes coups de gueule et tes discussions enflammées.

A Anne-Line, Charlie, Gaston, Ninon et Lisa

Pour votre joie de vivre.

A Matthieu

Pour nos discussions intenses, en début ou fin de soirée...Pour ton sens aigu de la danse.

A Karine

Pour ton caractère entier, et ton petit grain de folie.

A Zaza

Pour ton incroyable gentillesse. Pour ton sourire qui donne la pêche.

A Emilie et Patrick

Parce-que vous êtes cool.

A Eva

Mais aussi à Manue, Christine, Nicolas, Amélie, Mirela, Laurence, Félicie, Frédérique et Bertrand, Laurent et Isa, Mireille, Marie-Elisabeth.

A tous ceux que j'ai oublié dans la précipitation...

SERMENT

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

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

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

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

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

INTRODUCTION	22
Partie 1 : Le phénomène d'exclusion - Etat des connaissances	
1 - Le phénomène d'exclusion : aspect diagnostique et pronostique	24
1.1. Définition	24
1.2. Epidémiologie (2)	24
1.3. Circonstances de survenue.....	25
1.4. Lésions initiales	25
1.5. Clinique.....	25
1.6. Examens complémentaires.....	28
1.7. Diagnostic différentiel	28
1.8. Evolution.....	28
1.9. Lien avec le syndrome douloureux régional complexe	29
1.9.1. Définition du syndrome douloureux régional complexe.....	29
1.9.1.1. Epidémiologie (59)	29
1.9.1.2. Clinique.....	30
1.9.1.3. Physiopathologie du syndrome douloureux régional complexe	30
1.9.2. Association syndrome douloureux régional complexe et phénomène d'exclusion	32
1.9.2.1. Rôle de la douleur	34
1.9.2.2. Rôle de l'immobilisation.....	35
1.9.2.3. Rôle du psychisme	35
1.9.2.4. Rôle de l'attention.....	36
1.9.2.5. Rôle de la durée de la maladie	37
2 - Approche pathogénique du phénomène d'exclusion	37
2.1. Syndrome de déafférentation	37
2.2. Syndrome de dysafférentation	38
2.2.1. Perturbation de la boucle sensori-motrice	39
2.2.2. Relation entre exclusion et troubles du schéma corporel.....	40
2.2.3. Relation douleur et exclusion.....	42
2.3. Trouble du traitement de l'information sensorielle. Approche attentionnelle.....	45
2.3.1. Etapes du traitement de l'information.....	45
2.3.2. Relation du phénomène d'exclusion avec la négligence d'origine centrale. Le phénomène d'exclusion est-il une négligence d'origine périphérique ?.....	46
2.3.2.1. Définition de l'héminégligence d'origine centrale (hemineglect des anglo-saxons).....	46
2.3.2.2. Physiopathologie de l'héminégligence	48
2.3.2.3. Séméiologie commune entre phénomène d'exclusion et négligence d'origine centrale	49
3 - Approche thérapeutique par réafférentation.....	50
3.1. Techniques de réafférentation classiques.....	50
3.2. Thérapie par miroir	52
3.2.1. Principes généraux	52
3.2.2. Rappel neuroanatomique.....	53
3.2.2.1. Cortex pariétal.....	53
3.2.2.2. Cortex frontal	56

3.2.2.3. Connexion cortex frontal et pariétal	59
3.2.3. Objectifs et résultats de la thérapie par miroir	65
3.2.3.1. Effets attendus de la thérapie par miroir	65
3.2.3.2. Facteurs favorisant la réafférentation par miroir	67
3.2.3.3. Résultats de la thérapie par miroir	71
3.3. Place de la thérapie par miroir dans le programme d'imagerie motrice	80
3.3.1. Nécessité d'un programme hiérarchisé pour une activation séquentielle des réseaux corticaux moteurs.....	80
3.3.2. Partage des mêmes zones corticales lors des mouvements imaginés et réellement exécutés	83
3.3.3. Modulation attentionnelle de l'imagerie mentale dans le traitement du phénomène d'exclusion.....	87
3.3.4. « Aptitude » à imaginer	88
3.3.5. Etudes concernant l'imagerie motrice chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe	88
3.3.6. Etudes concernant l'imagerie motrice chez les patients atteints d'accident vasculaire cérébral.....	89
Partie 2 : Etude descriptive et interventionnelle	
1 - Objectif de l'étude.....	92
2 - Matériel et méthodes	92
2.1. Population	92
2.2. Bilan d'évaluation.....	93
2.3. Protocole	95
2.3.1. Protocole de rééducation	95
2.3.1.1. Protocole conventionnel.....	95
2.3.1.2. Protocole par miroir	97
2.3.2. Protocole d'évaluation.....	98
2.3.2.1. Evaluation clinique et fonctionnelle	98
2.3.2.2 Evaluation de l'observance	98
3 - Résultats	99
3.1. Description de la population	99
3.1.1. Situation sociale et professionnelle.....	99
3.1.2. Antécédents	99
3.1.3. Situation lésionnelle et histoire de l'affection.....	100
3.1.4. Prise en charge thérapeutique.....	100
3.2. Evaluation	101
3.2.1. Douleurs et troubles du schéma corporel	101
3.2.2. Examen clinique.....	106
3.2.3. Signes fonctionnels	109
3.2.4. Retentissement émotionnel	113
3.2.5. Evaluation de l'observance	114
Partie 3 : Discussion et perspectives	
1 - Discussion	116

1.1. Analyse séméiologique descriptive du phénomène d'exclusion	116
1.2. Effets de la technique de réafférentation par miroir	118
1.2.1. Exclusion et troubles du schéma corporel.....	120
1.2.2. Exclusion et douleur.....	121
1.2.3. Miroir et manipulation attentionnelle.....	123
1.3. Décloisonnement effecteur/commande, appareil locomoteur/appareil neurologique	124
2 - Perspectives.....	126
2.1. Précocité du diagnostic d'exclusion.....	126
2.2. Prise en charge précoce de la douleur associée	127
2.3. Thérapeutiques par miroir et évolutions : programme d'imagerie motrice	128
ANNEXES	
Annexe 1 : Traduction en français des items de Galer et Jensen	136
Annexe 2 : Protocole d'autorééducation à domicile (week-end)	137
Annexe 3 : Boîte noire.....	138
Annexe 4 : Questionnaire Douleur Saint-Antoine.....	139
Annexe 5 : Questionnaire DASH	141
Annexe 6 : Questionnaire HADS	144
Annexe 7 : Test de Purdue.....	146
Annexe 8 : Test de Box and Blocks	147
Annexe 9 : Bilan 400 points	148
Annexe 10 : Descriptif des cas étudiés.....	150
BIBLIOGRAPHIE	180

INTRODUCTION

Le phénomène d'exclusion du membre supérieur est une pathologie fréquemment rencontrée dans les services de chirurgie ou de rééducation, qu'elle soit d'origine traumatique ou non. Les phénomènes douloureux sont fréquemment associés.

Des hypothèses physiopathologiques ont été avancées proposant de placer ces phénomènes d'exclusion dans les syndromes de dysafférentation, de négligence et en lien avec l'apprentissage de la non-utilisation (2, 18, 19, 20, 31, 34, 59).

Récemment, dans la littérature, des techniques de réafférentation, de mise en cohérence d'informations ont fait la preuve de leur efficacité dans les traitements de la douleur chronique (modèle central de la douleur). Parmi elles, citons les thérapeutiques par leurres sensoriels et miroir.

La première partie fait l'état des connaissances à la fois sur la description de ce phénomène, sur ses aspects pathogéniques et thérapeutiques.

La deuxième partie est une étude prospective d'une série d'adultes atteints de phénomène d'exclusion chronique, datant de plus de 3 mois : description, évaluation clinique et fonctionnelle, effet des thérapeutiques conventionnelles et par miroir.

Nos hypothèses et nos questions sont les suivantes :

1 - L'usage d'un protocole de rééducation avec réafférentation par miroir modifie-t-il les troubles du schéma corporel et les capacités fonctionnelles de personnes ayant des membres exclus chroniques ?

2 - Ce même protocole modifie-t-il les phénomènes douloureux ?

L'objectif est de pouvoir isoler l'effet de cette thérapeutique par leurres sensoriels sur les évolutions respectives de l'exclusion et des douleurs.

La finalité est de proposer un protocole de prise en charge plus efficient chez ces patients ayant un fort retentissement fonctionnel et social.

PARTIE 1 :
LE PHÉNOMÈNE D'EXCLUSION
- ÉTAT DES CONNAISSANCES -

1 - Le phénomène d'exclusion : aspect diagnostique et pronostique

1.1. Définition

Le syndrome d'exclusion segmentaire du membre supérieur se définit comme l'inutilisation ou la sous utilisation d'un segment de membre, possiblement réversible sur sollicitation d'un tiers, survenant en l'absence de toute lésion du système nerveux central (2).

Ce sont Galer et Jensen, médecins allemands, qui ont créé le terme de « negelct-like syndrome » en 1995 (18). Ils ont d'ailleurs créé une grille avec 5 items en 1999 pour quantifier ce phénomène (annexe1).

Förderreuther propose l'utilisation d'un autre terme pour parler d'exclusion segmentaire, puisque les patients sont conscients de leur déficience, à savoir « main étrangère » (« alien hand »). Frettlöh et son équipe proposent le terme de « membre désintégré » (« disintegrated limb »), ou « membre oublié » (« lost limb »), puisque ces définitions prennent en compte pour ces auteurs les phénomènes sensitivomoteurs et affectifs en rapport avec ce phénomène (18).

1.2. Epidémiologie (2)

Le phénomène d'exclusion touche les deux sexes dans une proportion quasi équivalente. Tous les âges sont concernés, il a été décrit chez les enfants à partir de 2 ans et demi. Le transfert de dominance est possible chez les jeunes enfants mais pas chez les adultes.

Le phénomène d'exclusion touche aussi bien le membre droit que gauche, et le membre dominant ou non dominant.

Toutes les professions sont touchées, mais cela concerne surtout les travailleurs manuels (75%).

Il n'y a pas d'antécédents notables chez les patients touchés par le phénomène d'exclusion.

1.3. Circonstances de survenue

Le phénomène d'exclusion survient dans des circonstances variables (2), telles que :

- pathologies traumatiques
- interventions chirurgicales, parfois subies très à distance du traumatisme initial
- pathologie infectieuse (simple panaris possible)
- amputation
- névrome
- syndrome douloureux régional complexe.

1.4. Lésions initiales

Les lésions préalables au phénomène d'exclusion sont tout aussi diverses (2):

- lésions tendineuses isolées ou associées à une lésion de nerf collatéral
- lésions osseuses
- lésions cartilagineuses
- amputations
- transfert d'orteil, pollicisation.

1.5. Clinique

Le phénomène d'exclusion touche souvent l'index, mais l'atteinte de tous les doigts, de la main ou encore de l'ensemble du membre supérieur est possible. Il s'agit d'un phénomène extensif (2).

Les signes fonctionnels sont souvent absents et ne portent pas sur la gêne engendrée par l'exclusion. Il existe parfois une anosognosie du trouble, qui est méconnu, mal identifié ou mal analysé par le malade (2).

Le comportement du malade est caractéristique : il retire sa main lors de l'examen, ou présente le syndrome de la main à la poche avec protection de l'extrémité du membre supérieur dans un habit, tenue délicate du membre malade soutenu par le membre sain. Le

membre supérieur se positionne le long du corps, avec perte du ballant à la marche, rappelant une parésie du membre. Lorsque le syndrome d'exclusion touche un ou plusieurs doigts, celui ou ceux-ci sont en position d'extension permanente, même si le bras est au repos (29).

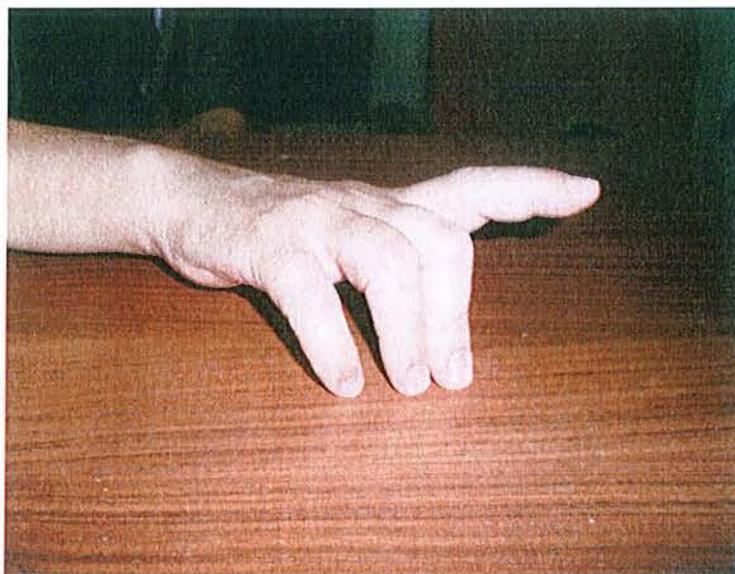


figure 1 : exclusion de l'index, avec attitude typique en extension

Il n'y a pas de douleur spontanée dans le phénomène d'exclusion pur. Par contre, les douleurs provoquées sont fréquentes, lors de l'action ou au froid.

Les troubles sensitifs avec paresthésies, dysesthésies de contact, ou hyper/hypoesthésie au tact ne sont pas rares. De même, on retrouve des distorsions sensitives avec sensation d'objet glacé, de port de gant, ou de gonflement des doigts, ainsi qu'une extinction sensitive et des troubles de la sensibilité thermoalgique.

Il existe des troubles vasomoteurs avec augmentation du temps de recoloration, cyanose, hypersudation, troubles thermiques avec froideur de segment.

Les troubles trophiques sont constitués par une atrophie de la pulpe du doigt, une disparition des plis de flexion digitaux, une dystrophie unguéale. Il n'y a pas d'œdème dans le phénomène d'exclusion pur.

L'examen moteur est normal, mais on constate des troubles de la commande musculaire avec baisse de la force. Il y a un défaut d'utilisation du doigt au repos et en action. Les réflexes ostéo-tendineux sont normaux.

Il n'y a pas de trouble praxique.

L'examen orthopédique rapporte une normalité des amplitudes articulaires dans l'exclusion pure, sans enraidissement malgré la sous-utilisation du membre.

Les troubles du schéma corporel sont extrêmement fréquents avec agnosie digitale, anosognosie ou anosodiaphorie, sentiment d'étrangeté du membre, sentiment de non appartenance du segment de membre au schéma corporel, sentiments négatifs vis-à-vis de ce membre exclu allant jusqu'au dégoût.

Le phénomène d'exclusion est labile : il réapparaît lors des gestes automatiques, des gestes bimanuels, lors d'exercices chronométrés, lors de l'occlusion des yeux (2).

On constate une hypokinésie (retard d'initiation du mouvement volontaire), une akinésie (réduction des mouvements spontanés), une bradykinésie (lenteur du mouvement) et une hypométrie (faibles amplitudes de mouvement) (19). La concentration mentale ou visuelle est nécessaire pour faire bouger volontairement le segment de membre atteint (20).

Le phénomène d'exclusion s'accompagne de troubles de la stratégie exploratoire des objets avec réduction du nombre de mouvements effectués par la main, et absence de déplacement de l'objet vers les zones les plus informatives, par exemple vers la pulpe de l'index en cas d'exclusion de cet index (2, 20).

L'exclusion s'accompagne parfois de syncinésies d'imitation avec par exemple extension permanente du doigt controlatéral au doigt exclu lors d'activités bimanuelles (2).

Enfin, il est important de souligner qu'il n'y a pas de corrélation entre la sévérité de la lésion initiale et la sévérité du phénomène d'exclusion en résultant.

1.6. Examens complémentaires

Le diagnostic du phénomène d'exclusion est clinique, aucun examen complémentaire n'est nécessaire pour le porter.

Toutefois, les explorations électrophysiologiques avec réalisation de potentiels évoqués peuvent apporter un argument supplémentaire au diagnostic. En effet, il est noté au niveau des potentiels évoqués cognitifs (PEC) une augmentation de la latence du P300, avec anomalie morphologique des courbes lors du syndrome d'exclusion segmentaire, sans anomalie des potentiels évoqués somesthésiques (PES), c'est-à-dire sans anomalie sensitive. Ceci signe un défaut dans le traitement de l'information, en sachant que le P300 est perturbé en fonction du degré d'attention et de vigilance (4).

1.7. Diagnostic différentiel

On retient les pathologies suivantes :

- l'hystérie
- la simulation avec recherche de bénéfices secondaires
- l'héminégligence d'origine centrale.

1.8. Evolution

La durée d'évolution du phénomène d'exclusion du membre supérieur s'étend de 6 semaines à 4 ans, avec une moyenne de 3 mois et demi.

La durée d'arrêt de travail consécutive au traumatisme s'étend de 3 à 24 mois, avec une durée moyenne de 9 mois (29).

La récupération spontanée est possible, il existe néanmoins une évolution défavorable dans 70% des cas, pouvant aller dans les cas extrêmes jusqu'à l'amputation.

Les complications les plus fréquentes sont le transfert d'exclusion sur d'autres doigts, l'amputation du doigt non utilisé qui devient gênant, l'apparition d'un syndrome douloureux régional complexe.

Le pronostic est d'abord professionnel, surtout dans une population de travailleurs manuels. Il est conditionné par le type de métier exercé et par la persistance ou non du phénomène d'exclusion : il y a en effet un risque de nouveau traumatisme sur le doigt négligé.

1.9. Lien avec le syndrome douloureux régional complexe

Dans de nombreuses études, le phénomène d'exclusion a été étudié chez les patients souffrant de syndrome douloureux régional complexe. En effet, la douleur est le principal symptôme de cette pathologie, or il existe un rapport privilégié entre douleur et exclusion. De même, la séméiologie du phénomène d'exclusion partage beaucoup de points communs avec celle du syndrome douloureux régional complexe. Enfin, le phénomène d'exclusion pur n'est pas si fréquent, et il n'est pas toujours aisé de faire la part des choses en pratique courante entre une exclusion pure et l'association d'un phénomène d'exclusion à un syndrome douloureux régional complexe à minima.

1.9.1. Définition du syndrome douloureux régional complexe

1.9.1.1. Epidémiologie (59)

Les études de De Mos et Sandroni sur 600.000 patients montrent un risque plus élevé de développer un syndrome douloureux régional complexe chez les femmes, d'âge avancé (entre 61 et 70 ans). Le membre supérieur est plus à même d'être atteint et dans 44% des cas, dans l'étude de De Mos, le syndrome douloureux régional complexe fait suite à une pathologie fracturaire.

Même s'il s'agit le plus souvent d'une pathologie de l'adulte, l'enfant peut également être touché par le syndrome douloureux régional complexe, mais la symptomatologie est

différente de l'adulte : le membre inférieur est le plus souvent atteint, et les symptômes douloureux semblent être moins prononcés que chez l'adulte. Par contre, les filles sont également plus fréquemment touchées que les garçons, et les études d'imagerie fonctionnelle montrent une similitude des répercussions neurologiques chez les enfants et les adultes.

1.9.1.2. Clinique

La douleur est le principal symptôme dans cette pathologie, qu'elle soit spontanée ou provoquée, associée aux troubles vaso-moteurs avec chaleur, hypersudation et rougeur de la zone douloureuse, et aux troubles trophiques.

Il n'y a pas de corrélation entre l'importance de l'événement initial et la survenue du syndrome douloureux régional complexe.

En règle générale, les symptômes se retrouvent dans la portion distale du membre, mais peuvent s'étendre en proximal jusqu'à toucher tout le membre, voire tout l'hémicorps (15).

Les troubles douloureux les plus caractéristiques du syndrome douloureux régional complexe sont l'*hyperalgésie* (une stimulation douloureuse normale entraîne une augmentation de la perception douloureuse au niveau du membre atteint), et l'*allodynie* (une stimulation normalement non douloureuse sur le membre touché entraîne une sensation douloureuse) (30).

Des troubles articulaires avec limitation passive, ainsi que des troubles moteurs à type de fatigabilité, tremblement ou dystonie, sont décrits dans le syndrome douloureux régional complexe, mais ne sont pas considérés pour l'instant comme des critères de diagnostic.

1.9.1.3. Physiopathologie du syndrome douloureux régional complexe

Pour Försterreuther (17), il existe 2 théories expliquant le syndrome douloureux régional complexe :

- une théorie périphérique, qui soutient que le point de départ inflammatoire périphérique entraîne le phénomène neurogène.
- une théorie centrale, expliquant les symptômes du syndrome douloureux régional complexe par des perturbations du contrôle central des fonctions sensitives, motrices et autonomes.

En fait, on ne peut pas dissocier la responsabilité de l'atteinte périphérique de l'atteinte centrale dans la genèse de cette pathologie, les deux aspects étant étroitement liés.

En effet, il existe 3 particularités dans cette pathologie (32) :

-les symptômes (douleur, troubles vasomoteurs et diminution des amplitudes articulaires) *s'étendent au-delà du site de la lésion initiale ;*

-l'intensité de la douleur est indépendante de la pathologie initiale ;

-la douleur persiste pendant une longue durée et est fréquemment résistante aux thérapeutiques classiques.

Par ailleurs, les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe présentent des *sensations référées*, c'est-à-dire qu'ils ressentent le stimulus appliqué au niveau du membre atteint à l'endroit des parties du corps correspondant aux zones corticales adjacentes au niveau de l'homonculus de Penfield (30). Ces sensations référées nous rappellent celles des patients amputés décrits par Ramachandran, où un stimulus appliqué sur la face est ressenti au niveau du membre supérieur manquant, phénomène expliqué par la proximité de la face et de la main au niveau de l'homonculus de Penfield.

Toutes ces données cliniques, confirmées ultérieurement par l'imagerie fonctionnelle (réorganisation corticale et normalisation de la réorganisation lors de la guérison), *nous laissent à penser qu'il existe une réorganisation corticale au niveau du cortex somatosensitif primaire chez les patients atteints de syndrome douloureux régional*

complexe, et qu'il faut lutter contre cette réorganisation avec des thérapeutiques adaptées et ciblées.

Pour Galer et son équipe (19, 20) les troubles moteurs retrouvés dans le syndrome douloureux régional complexe sont en rapport avec le phénomène d'exclusion, ou « neglect-like syndrome ». Les troubles constatés reflètent un dysfonctionnement du cortex responsable de l'utilisation des informations sensorielles pour alerter et déclencher des programmes moteurs adaptés à de nouveaux stimuli internes ou environnementaux, autrement dit un dysfonctionnement de la réaction à l'alerte. L'événement initial entraînerait la présence d'afférences nociceptives chronique qui modifieraient, par le biais de la plasticité cérébrale, les structures corticales responsables de la douleur, de la régulation autonome, et de l'attention dirigée, aboutissant au phénomène d'exclusion du membre atteint.

Inversement, la sous-utilisation prolongée du membre mène à un cercle vicieux ou immobilité, perte de représentation corticale et changements trophiques se renforcent mutuellement, aggravant les symptômes (59).

1.9.2. Association syndrome douloureux régional complexe et phénomène d'exclusion

Frettlöh et son équipe (18) ont prouvé que *le phénomène d'exclusion est significativement plus important chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe, par rapport aux patients douloureux d'autres origines.* Galer et son équipe ont également montré la présence de signes de *négligence*, qu'elle soit motrice ou cognitive, chez 84% de 224 patients atteints de syndrome douloureux régional complexe (20). La différence semble plus discrète s'il s'agit du membre supérieur, par rapport au membre inférieur (18). Les troubles rapportés par ces patients atteints de syndrome douloureux régional complexe et d'exclusion évoquent des *perturbations du schéma corporel.*

En effet, ces patients ressentent des sentiments négatifs vis-à-vis de leur membre, se sentent dégoûtés par ce membre. L'intensité de ce dégoût est indépendante de la durée de la maladie, ce sentiment peut aller de la simple frustration à la haine et à la répulsion pour leur membre.

De plus, ces patients ont le sentiment que leur membre malade est détaché du reste de leur entité corporelle. Celui-ci est ressenti comme étranger, comme étant une entité à part, ayant un mode de fonctionnement propre. A l'extrême, les patients peuvent ressentir une envie de se débarrasser de leur membre malade. Cette description n'est pas sans rappeler les signes cognitifs de l'héminégligence d'origine centrale (20).

En outre, les patients perçoivent leur membre atteint d'une manière différente de leur aspect réel. Par exemple, ils ressentent une sensation d'intense brûlure, alors que leur membre n'est pas chaud. Aussi, celui-ci leur semble plus large, plus gros que ce qu'il est en réalité. Des sensations de sudation ou de compression ont été décrites.

Par ailleurs, il existe une distorsion de l'imagerie mentale concernant le membre atteint qui est décrit d'une manière différente de sa réelle apparence lorsqu'on demande au patient de fermer les yeux et de le décrire. Ce dernier est représenté plus court, pas à sa place, avec parfois des parties manquantes.

Les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe ressentent également des difficultés à décrire la position de leur membre.

Enfin, le niveau d'attention accordé à ce membre malade est perturbé : les patients doivent se concentrer pour effectuer un mouvement précis comme une flexion dissociée des doigts, ce qui rappelle la composante motrice de l'héminégligence d'origine centrale (20). De même, ils doivent fournir un effort considérable pour regarder leur membre. Certains patients expliquent qu'ils détournent volontairement leur regard de leur membre afin

d'éviter la douleur. Pour d'autres, le fait de penser à leur membre provoque un tel dégoût qu'ils évitent finalement de le faire.

1.9.2.1. Rôle de la douleur

L'intensité de la maladie détient un rôle capital dans l'entretien des perturbations du schéma corporel (18, 28, 53). Il semblerait que ce soit la *douleur* du syndrome douloureux régional complexe qui provoque cette *perturbation du schéma corporel*, entraînant à son tour un changement de la *cartographie cérébrale* et inversement, les changements dans la représentation corticale peuvent influencer les perceptions corporelles (17). D'ailleurs, Maihofner et Pleger ont montré par imagerie cérébrale que les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe avaient une perturbation de la cartographie cérébrale à l'endroit du membre atteint : la taille de l'aire dédiée à la représentation des doigts dans le cortex somatosensitif primaire est diminuée, et il existe une corrélation entre étendue de la réorganisation corticale et les plaintes à type de douleur neuropathique. Aussi, la réorganisation corticale « dans le bon sens » est corrélée à une diminution de la douleur dans cette pathologie. Pour être plus précis, Ladorola et Apkarian ont montré en IRM fonctionnelle et PET scan une hypoactivité dans le thalamus controlatéral du membre atteint, ainsi que dans les cortex cingulaire, préfrontal et prémoteur (20). A noter, le fait que la perturbation des perceptions corporelles diminue en parallèle avec la douleur prouve que cette réorganisation cérébrale est quelque chose de dynamique. Il en découle que certaines thérapies comme la thérapie par miroir ou l'imagerie mentale, en réorganisant le cortex, peuvent induire une diminution de la douleur et également des perturbations du schéma corporel, c'est-à-dire du phénomène d'exclusion.

La distorsion de l'image corporelle (membre atteint plus grand, plus gonflé, plus large que ce qu'il n'est en réalité) est la traduction de changements dans le cortex somatosensitif primaire, permis par la plasticité cérébrale (39). Il existe des connexions neuronales reliant

le cortex sensitif primaire et le cortex visuel, ce qui implique que la représentation du membre atteint dans le cortex sensitif primaire engendre l'altération de la perception visuelle.

1.9.2.2. Rôle de l'immobilisation

Eisenberg et son équipe (15) proposent de dissocier le phénomène douloureux des autres symptômes observés chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe : *l'immobilisation* entraînerait ces symptômes sans qu'il y ait obligatoirement de stimulus douloureux au préalable.

Ces auteurs se sont appuyés sur les études de Butler montrant les mêmes symptômes (en dehors de la douleur) chez les patients volontaires sains immobilisés pendant 4 semaines et les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe. De même, sur un plan cortical, des études montrent une hyperexcitabilité identique chez les patients touchés par le syndrome douloureux régional complexe, immobilisés après fracture (Zanette) ou amputés (Schwenkreis).

Dans le même sens, Moisel et son équipe (33) ont montré qu'une immobilisation de seulement 12 heures du membre supérieur chez des patients sains pouvait entraîner des symptômes à type d'altération de la trajectoire du mouvement désiré, associé à une mauvaise coordination gestuelle, symptômes similaires à ceux retrouvés chez les patients atteints de troubles proprioceptifs. Ces anomalies résulteraient d'une réorganisation corticale entraînant des changements des schémas proprioceptifs internes.

Par conséquent, l'immobilisation seule peut entraîner une altération du schéma corporel.

1.9.2.3. Rôle du psychisme

L'exclusion des patients atteints de syndrome douloureux régional complexe et ses particularités à type d'étrangeté du membre, impression de poids mort, nécessité de se concentrer pour le faire bouger, sensation de mouvement indépendant de la volonté,

peuvent avoir une *explication neurocomportementale* pour Frettlöh (18) : un traumatisme mineur crée des modifications des perceptions corporelles et des désordres sensitivomoteurs, qui rendent le membre « effrayant et source d'anxiété », ce qui en retour entraîne un évitement de l'utilisation du membre et donc l'exclusion du membre du schéma corporel. Il s'agit encore une fois d'un cercle vicieux, avec des phénomènes qui s'auto-entretiennent.

1.9.2.4. Rôle de l'attention

La séméiologie commune entre le phénomène de négligence d'origine centrale et le phénomène d'exclusion, en particulier le phénomène d'étrangeté du membre, a été étudiée chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe par Galer et son équipe (17).

Dans cette étude :

- le sentiment d'étrangeté est possible à gauche comme à droite chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe, alors que celui-ci est typiquement latéralisé à gauche dans les lésions centrales droites ;
- il n'y a pas de résultat typique au test de bissection, par conséquent le sentiment d'étrangeté ne semble pas être lié à la négligence. On peut toutefois mentionner le fait que le test de bissection n'est pas le plus fiable pour diagnostiquer l'héminégligence ;
- normalement, les patients atteints de négligence, surtout à la phase aiguë, présentent une anosognosie du trouble. Dans cette étude, les patients sont conscients du sentiment d'étrangeté ;
- l'extinction sensitive n'est pas retrouvée chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe. Or, comme en ce qui concerne la négligence, l'extinction sensitive existe principalement dans les lésions de l'hémisphère cérébral non dominant. Le

sentiment d'étrangeté du membre n'est pas non plus en rapport avec l'extinction sensitive ;

- enfin, les patients étudiés éprouvent des difficultés à identifier leurs doigts du côté atteint, ce qui ressemble au phénomène d'agnosie digitale. Ce phénomène se retrouve dans les lésions centrales de l'hémisphère dominant. Or ici, encore une fois, il n'y a pas de rapport de dominance.

Par conséquent, Galer et son équipe émettent l'hypothèse que le sentiment d'étrangeté est dû à un autre phénomène neuropsychologique, différent de la négligence, se trouvant quelque part entre l'anosognosie et l'« alien hand syndrome ».

1.9.2.5. Rôle de la durée de la maladie

Il ne semble pas y avoir pour Frettlöh (18) (contrairement à l'étude de Förderreuther de 2004) de corrélation entre la *durée du syndrome douloureux régional complexe* et *l'étendue du phénomène d'exclusion*.

De même, il ne semble pas y avoir d'influence de l'âge, du sexe, ou de l'étiologie du syndrome douloureux régional complexe favorisant la survenue du phénomène d'exclusion chez ces patients (18).

2 - Approche pathogénique du phénomène d'exclusion

2.1. Syndrome de déafférentation

Le membre malade, privé des afférences sensibles (extéroceptives et proprioceptives), ne présente plus de mouvement spontané intentionnel, mais conserve la capacité de réalisation du mouvement (5). Avec le temps, le sujet est capable d'effectuer des mouvements précis, mais la qualité se détériore et il n'y a pas de correction des troubles sous stimulation verbale ou visuelle (2).

Pour Taub et son équipe, l'absence de mouvement spontané du membre déafférenté est due à un mécanisme d'inhibition trans-médullaire, où les mouvements du membre intact

envoient un influx afférent excitateur sur les motoneurones ipsilatéraux mais inhibiteur sur les motoneurones controlatéraux. L'absence de mouvement spontané du membre déafférenté serait donc dû à un apprentissage de non – utilisation (« learned non – use »).

Pour Berman et son équipe (5), l'absence de mouvement spontané est plutôt due à une préférence d'utilisation du membre non déafférenté, peut-être du fait de la meilleure efficacité du mouvement puisque le membre est sensoriellement intact. En fait, on utilise préférentiellement le membre intact s'il est disponible, et si pour une raison quelconque le membre intact est inutilisable, le relai peut être pris par le membre déafférenté.

A côté du cortex moteur primaire, voie finale commune des programmes moteurs, les aires associatives pariétale et préfrontale jouent un rôle déterminant dans leur édification au cours de la planification. De plus, elles contribuent à conserver une « image interne » tant de la position à maintenir que de l'acte à réaliser, sorte de « mémoire de travail » indépendante des afférences sensorielles (6). Le fait qu'après déafférentation le syndrome sensorimoteur s'amende, en particulier concernant la précision directionnelle du mouvement, témoigne vraisemblablement de la mise en place de boucles internes qui renforcent, via le jeu « erreur/succès », le réseau approprié. Cependant, l'exécution garde un aspect balistique et ne retrouve jamais la précision conférée par les afférences somesthésiques (ajustement, freinage). En effet, chez les patients déafférentés, il existe une mauvaise coordination entre les muscles agonistes et antagonistes entraînant une imprécision du geste, et ceci est expliqué par la perte du feed-back proprioceptif (33).

2.2. Syndrome de dysafférentation

Cette hypothèse semble plus plausible que la précédente pour expliquer la genèse du phénomène d'exclusion.

2.2.1. Perturbation de la boucle sensori-motrice

La réalisation d'un mouvement volontaire nécessite 4 opérations successives : l'initialisation, la planification, la programmation et l'exécution (Paillard 1990). Ainsi, au cours de la réalisation de l'acte moteur volontaire, la perception et l'action sont étroitement liées. Les informations sensorielles sont un préalable nécessaire à l'action motrice. Elles permettent d'évaluer le contexte de l'action, de planifier et d'anticiper le mouvement, de l'initialiser en temps opportun, de l'évaluer, de l'ajuster en temps réel au contexte environnemental qui peut évoluer au cours de l'action, mais aussi de renforcer ou modifier les mémoires notamment affectives.

S'il existe une dysafférentation, il existe une déformation ou inadéquation du message sensitif arrivant au niveau de l'aire pariétale élémentaire. Au niveau de l'aire pariétale associative s'effectue le processus de reconnaissance du message sensitif grâce à la comparaison aux compétences et expériences antérieures. Face aux informations inhabituelles que le cerveau ne sait pas reconnaître ou ne sait pas sélectionner, le cerveau est leurré et commande un comportement moteur qu'il croit adapté à la situation périphérique, avec non ou sous-utilisation, attitude permanente du doigt en position anormale (le plus souvent en extension), mauvais recueil des informations lors du toucher.

Il s'agit donc d'un mauvais traitement, d'une mauvaise information sensorielle, dont le lieu se situe probablement au niveau pariétal, là où les troubles du schéma corporel et l'anosognosie ont aussi leur source. Ce dysfonctionnement pariétal explique les troubles associés à l'exclusion c'est-à-dire anosognosie et sentiment d'étrangeté, du fait de l'affrontement d'informations non concordantes avec les images en mémoire.

2.2.2. Relation entre exclusion et troubles du schéma corporel

Les troubles du schéma corporel peuvent induire des anomalies de la réalisation du geste. En effet (55), l'exécution d'une tâche motrice nécessite la connaissance de la localisation des segments corporels dans l'espace.

Cette information provient de deux sources :

- la copie de l'information efférente,
- le *feed-back sensoriel*, qu'il soit proprioceptif ou visuel, avec priorité du *feed-back* visuel sur le proprioceptif.

L'intégration de ces deux processus permet de représenter en temps réel la position du corps pendant la réalisation du geste et de le guider. Un concept récent est celui du « *contrôle cortical moteur* » (« *motor control system* ») (31). Le rôle du contrôle cortical moteur est le suivant : il assimile les informations sensorielles proprioceptives (ou internes ou égocentriques, comme les amplitudes articulaires par exemple) et visuelles (ou externes ou allocentriques, comme l'environnement extérieur), et à partir de cela, va prédire une certaine réponse motrice. Un système de contrôle compare le geste souhaité à la commande motrice nécessaire pour le réaliser. Puis, ces contrôleurs produisent les commandes motrices appropriées afin d'assurer la réalisation de ce geste. Cette prédiction appelée « copie efférente », est une approximation des conséquences réelles de la commande motrice. Cette copie de l'efférence motrice est comparée avec le *feed-back sensoriel* réel, et la commande motrice est modifiée en conséquence. Donc les afférences sensitives sont analysées en termes de réponses motrices appropriées.

On comprend ainsi aisément qu'un trouble du schéma corporel entraînant un *feed-back sensoriel* erroné induise une réponse motrice inadaptée.

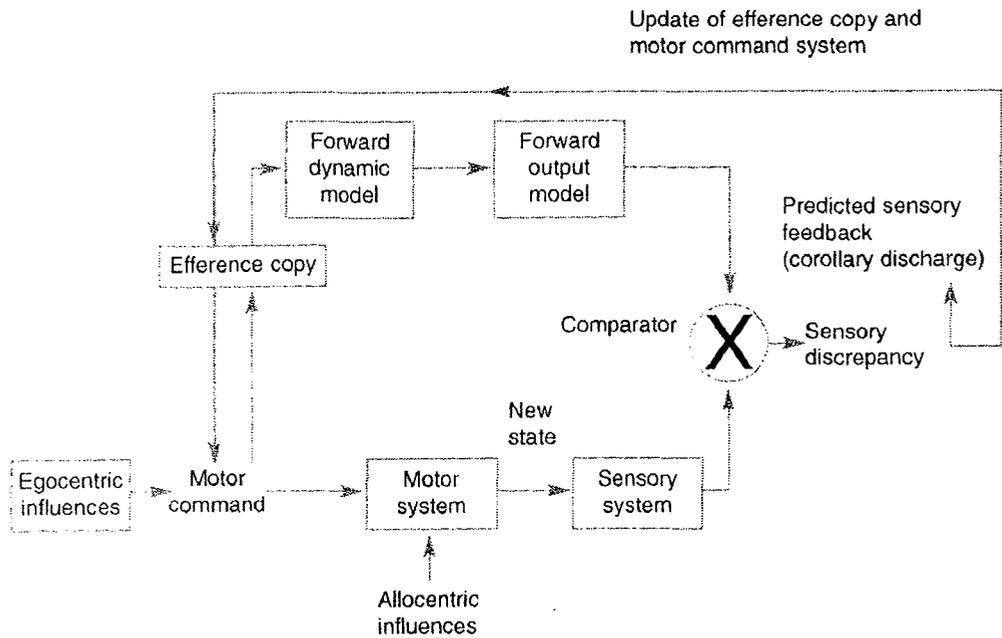


figure 2 : contrôle cortical moteur

Notons que la notion de schéma corporel et la fonction de préhension se construisent dans la petite enfance (60). En effet, c'est vers 4 à 6 mois que l'intention motrice avec recherche d'atteinte d'une cible précise est effective. Jusqu'à cet âge, la préhension est bimanuelle, la manipulation d'objets se fait tant avec la main droite que gauche, et le croisement de la ligne médiane d'une main afin d'aider ou de se substituer à l'autre est impossible. Ceci est illustré par le cas des enfants atteints en période néonatale d'hémiplégie cérébrale infantile ou de paralysie du plexus brachial, qui sont par conséquent dysafférentés dans une période critique de mise en place de l'image corporelle et de l'apprentissage moteur. Ces enfants présentent un comportement d'agnosie motrice avec ignorance de leur membre malade qui est mis de côté sans être regardé ou touché, avec comme risque la non protection du danger. Cette agnosie motrice persiste chez les enfants ayant récupéré leur fonction sensitive et motrice, ce qui conforte la théorie de l'apprentissage des habiletés motrices et de la formation du schéma corporel à un jeune âge. Toujours en ce sens, notons que les enfants atteints de poliomyélite, qui est une pathologie acquise et non congénitale, ne

présentent pas les symptômes d'agnosie motrice, vraisemblablement du fait de l'installation de la maladie après l'âge critique de mise en place du schéma corporel.

Les troubles du schéma corporel des patients atteints de phénomène d'exclusion peuvent être rapprochés des membres fantômes et illusions corporelles retrouvés chez les patients amputés ou paraplégiques (3). Les déformations, qu'elles soient morphologiques, posturales statiques ou cinétiques, résultent de la plasticité cérébrale entraînant des réorganisations corticales et sous-corticales somatomotrices : lors des appels à une reconstruction du schéma corporel, les différences entre les informations erronées apportées par les afférences sensorimotrices et par celles fournies par le référentiel identitaire (mémoire de l'image corporelle développée pendant l'enfance) pourraient être soulignées et traduites sous forme d'une vivacité exagérée.

Il existe différents types d'illusions corporelles : fantôme, qu'il soit normal, déformé, ou commémoratif, où le segment manquant est isolé du corps et perçu d'une manière trop vive (« membre vivide »), et l'illusion de normalité corporelle, où le corps est perçu comme globalement normal, et son comportement ne se distingue en rien de celui des autres segments corporels.

2.2.3. Relation douleur et exclusion

Le modèle cortical de la douleur décrit par Harris en 1999 (40), apporte 3 notions fondamentales :

- la douleur est causée par un mismatch entre l'efférence motrice et le feed-back sensoriel, induit par des perturbations du schéma corporel ;
- ceci entraîne des changements d'organisation du cortex somatosensitif primaire, à l'origine de la douleur pathologique ;
- l'organisation du cortex somatosensitif primaire se normalise lorsque la douleur s'amende.

Il existe une relation importante entre la *douleur* et la *perturbation du schéma moteur*.

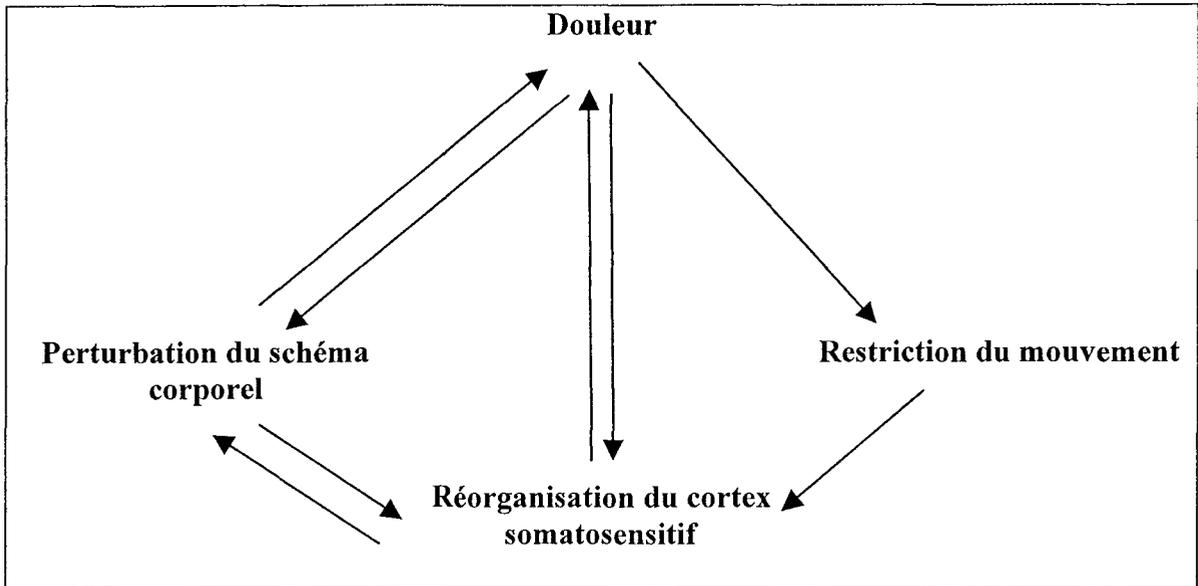
Le schéma moteur correspond à la représentation mentale du mouvement (52). C'est un concept dynamique, il se façonne à partir des feed-back sensoriels à tous les modes. La douleur, par son feed-back nociceptif, influence les représentations mentales du mouvement, donc le schéma moteur (études de Parsons et Schwoebel). En accord avec la théorie récente du contrôle moteur cortical, Schwoebel suggère dans cet article que la copie de l'efférence motrice précédemment décrite sert à *prédire* les conséquences sensorielles en rapport avec la commande motrice à l'origine du mouvement désiré. Par conséquent, si on prédit que le mouvement sera douloureux, celui-ci sera évité et mènera à une sous-utilisation de protection, comme par exemple l'exclusion.

Ceci peut être rapproché de la théorie de l'apprentissage de l'inactivité (46). Lorsqu'un stimulus nociceptif est délivré de manière chronique (entre 3 et 6 mois), le cerveau apprend et mémorise la douleur. Même l'intention de bouger finit par provoquer la douleur, ce qui entraîne une restriction volontaire du mouvement, et un apprentissage de la sous-utilisation.

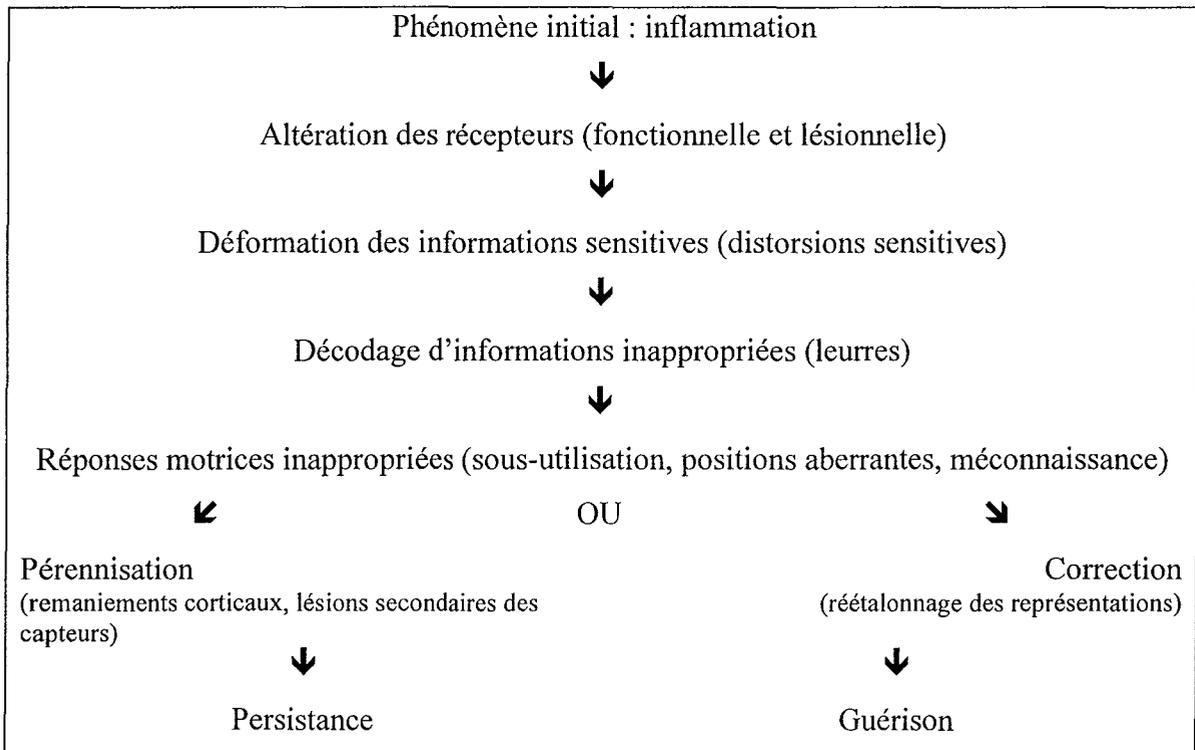
A l'inverse, l'exclusion du membre peut engendrer la douleur. En effet, lorsqu'il existe un conflit entre les afférences sensitives proprioceptives et les afférences visuelles, le système cortical de contrôle moteur est perturbé et cela peut produire des perturbations sensorielles, parmi lesquelles la douleur. Donc la douleur peut être produite simplement par ce conflit, même en l'absence de stimulus nociceptif.

De même, pour Zanette et son équipe (64), l'immobilisation prolongée, par la restriction sensitivomotrice qu'elle induit, provoque des changements de la cartographie cérébrale du cortex sensitivomoteur grâce à la plasticité cérébrale.

Ces perturbations corticales peuvent à elles seules être source de douleur.



Pour conclure, l'origine du phénomène d'exclusion se trouverait dans les anomalies périphériques causées par l'inflammation, et dont la conséquence serait le comportement de sous-utilisation.



2.3. Trouble du traitement de l'information sensorielle. Approche attentionnelle

2.3.1. Etapes du traitement de l'information

Il existe plusieurs étapes lors du traitement de l'information sensorielle :

- analyse des traits sensoriels
- mise en mémoire sensorielle des stimuli
- filtration de l'information, qui est triée en fonction de la tâche (implication de la mémoire à court terme)
- comparaison des stimuli avec les contenus de la mémoire (implication de la mémoire à long terme)
- identification du stimulus
- synthèse perceptive
- réponse motrice (avec choix de la réponse, programmation, initiation motrice et exécution).

Ici le rôle de la main est fondamental. Grâce à de nombreuses afférences somesthésiques (extéroceptives et proprioceptives), elle nous permet de construire notre représentation propre du réel, et de moduler certains schémas moteurs en fonction des nouveautés apportées par l'environnement. La main tient un rôle important dans l'apprentissage, permis par la plasticité cérébrale du cortex pariétal notamment.

La main joue également un rôle dans le dépistage d'erreurs perceptives conduisant aux illusions. S'il se produit une anomalie dans l'équipement sensoriel, elle peut être source de véritables leurres sensoriels et par conséquent mener à des comportements inadaptés comme la négligence, ou à des postures et gestes anormaux ou mal adaptés.

L'attention est un phénomène capital dans le traitement de l'information sensorielle. Elle est définie comme la capacité de diriger ses facultés mentales sur des aspects spécifiques de

l'environnement interne ou externe, pour accomplir des actions dirigées vers un but ou pour se protéger (31). Elle est de deux types :

- attention diffuse, qui régule la quantité d'informations transmises
- attention sélective, qui filtre l'information, en l'atténuant ou l'amplifiant selon les situations.

L'inflammation en rapport avec le traumatisme initial apporte une multitude d'informations qui doivent être triées avant d'être présentées à la mémoire à long terme pour ensuite aboutir à la reconnaissance cognitive. Si l'attention est déficitaire, ce tri s'effectue de manière erronée, et la situation devient celle d'une non ou mal reconnaissance du stimulus. Il s'agit de leurres sensoriels, provoquant une réponse motrice inadaptée.

Ceci pourrait expliquer la réversibilité du phénomène d'exclusion sous exhortation verbale, dont le rôle est justement de recentrer le processus attentionnel sur la tâche à réaliser. De même (31), afin de ne pas « oublier » sur le plan cortical le membre exclu et empêcher la réorganisation corticale, il est capital de manipuler l'attention en la focalisant sur le membre exclu.

Par ailleurs, la modification de l'attention comme par exemple la distraction est un phénomène analgésique reconnu et utilisé : un exemple très simple est celui de la distraction par le jeu ou la parole d'un enfant qui doit subir un geste invasif (31).

2.3.2. Relation du phénomène d'exclusion avec la négligence d'origine centrale. Le phénomène d'exclusion est-il une négligence d'origine périphérique ?

2.3.2.1. Définition de l'héminégligence d'origine centrale (hemineglect des anglo-saxons)

La définition de Heilman et son équipe est la suivante : un patient atteint de syndrome de négligence a des difficultés à signaler, à répondre à, ou à s'orienter vers des stimuli

nouveaux ou porteurs de signification lorsque ceux-ci sont présentés du côté opposé à une lésion cérébrale.

On décrit 4 aspects principaux de l'héminégligence : l'hémi-inattention, l'extinction lors de stimulations bilatérales simultanées, l'hémiakinésie et l'héminégligence visuo-spatiale.

Le comportement d'héminégligence ne doit pas être expliqué par un déficit sensitivomoteur ou sensoriel élémentaire.

La notion d'hémi-inattention s'étend aux différentes modalités sensorielles : visuelle, auditive, somesthésique, olfactive ou gustative.

L'héminégligence spatiale peut également concerner ces différents modes d'entrée sensorielle, et peut s'exprimer par de nombreuses modalités de sortie motrice (manuelles, oculaires, locomotrices, verbales).

L'héminégligence gauche après lésion cérébrale droite, notamment pariétale inférieure, est la plus sévère et la plus durable. Toutefois, l'héminégligence droite après lésion gauche existe mais d'une part, elle est masquée par les troubles phasiques (et peut passer inaperçue), et d'autre part ses conséquences fonctionnelles sont plus modestes.

L'héminégligence peut affecter l'espace personnel, l'espace péripersonnel (stimuli situés à distance de préhension-35 cm), et l'espace extra-personnel (stimuli situés dans l'espace de déplacement-150 cm). Ce phénomène se décrit également dans les 3 plans de l'espace : horizontal (droite-gauche) (le plus étudié), mais aussi altitudinal et radiaire.

La définition de l'héminégligence est confrontée à une difficulté : il existe une dissociation des différentes composantes et selon les cas on décrira des négligences perceptuelles, représentationnelles, attentionnelles, intentionnelles, et motrices.

2.3.2.2. Physiopathologie de l'héminégligence

La théorie attentionnelle du syndrome d'héminégligence sous-tend que l'héminégligence est un trouble de l'*orientation* de l'attention vers l'information spatiale (42). Ceci serait la somme de 2 déficits :

- trouble de l'orientation de l'attention du côté opposé à la lésion, c'est-à-dire difficulté à *diriger* l'attention,
- difficulté de l'attention à être *attirée* automatiquement du côté opposé à la lésion, ce qui explique la préférence des patients pour des éléments situés du côté droit.

Le trouble de l'orientation de l'attention vers le côté opposé à la lésion interviendrait pour certains dès l'attention automatique c'est-à-dire dès que l'attention est directement attirée par un stimulus du monde extérieur. Il serait plus net lorsque le sujet doit désengager son attention du côté ipsilatéral à la lésion, à savoir lorsqu'il doit décider d'aller traiter l'information en contralatéral plutôt qu'en ipsilatéral (difficultés à diriger l'attention du côté opposé à la lésion quand elle a été initialement localisée du côté ipsilatéral). Les cibles seraient a priori complètement exclues de la conscience, ce qui ressemblerait au phénomène d'extinction pour Posner.

L'héminégligence semble être plus sévère et plus durable lorsque les lésions surviennent du côté droit du cerveau, pour plusieurs raisons :

- l'hémisphère droit gère l'attention vers les éléments globaux,
- l'hémisphère gauche gère l'attention vers les éléments locaux.

Les patients atteints d'héminégligence ont des difficultés à traiter l'aspect global de l'information selon la théorie de Navon (théorie de l'attention globale), ou bien présentent des difficultés à être alertés par une information extérieure selon la théorie de Heilman (théorie de l'alerte).

Concernant le phénomène d'exclusion étudié dans ce travail, il atteint aussi bien la droite que la gauche, et aussi bien le côté dominant que le côté non dominant (20).

2.3.3.3. Séméiologie commune entre phénomène d'exclusion et négligence d'origine centrale

En effet, le phénomène d'exclusion et l'héminégligence d'origine centrale (surtout sa composante intentionnelle ou motrice) partagent de nombreux points communs, à savoir :

- sous-utilisation du membre non expliquée par un déficit moteur ou sensitif,
- clinique à type de lenteur d'initiation du mouvement volontaire (hypokinésie), réduction des mouvements spontanés (akinésie), lenteur du mouvement (bradykinésie) et baisse de l'amplitude des mouvements (hypométrie) (19),
- réversibilité du trouble sous incitation verbale ou visuelle. Nécessité de se concentrer pour mentalement et visuellement faire bouger le segment de membre atteint, rappelant la composante motrice de l'héminégligence (20),
- sensibilisation par les épreuves bimanuelles,
- sentiment d'étrangeté du membre, rappelant la composante cognitive de la négligence (20),
- parfois asomatognosie (19),
- perturbation des potentiels évoqués cognitifs qui sont en faveur de troubles du traitement de l'information sensitive de type *attentionnel* (allongement des latences et diminution d'amplitude du P300, difficulté d'identification du P300). Ceci conforte l'hypothèse d'un trouble attentionnel dans la genèse de la négligence (29).

Galer est également de cet avis (28), il considère que les perturbations du schéma corporel propres au phénomène d'exclusion ressemblent à celles observées dans le syndrome d'héminégligence d'origine centrale. Il propose d'ailleurs le terme de « négligence motrice » pour décrire la difficulté d'initiation et de coordination, associée à la nécessité de

concentration visuelle et mentale pour faire bouger le membre chez les patients atteints d'exclusion.

Le système nerveux central possède un système sélectif de reconnaissance qui, par différents moyens, tels l'attention, permet de modifier l'information afférente, de telle sorte que la spécificité d'une sensation résulte d'une sélection a posteriori (34). Ainsi, on peut espérer qu'en restaurant une attention sur le membre exclu, par le biais de la parole ou bien du miroir, ce phénomène s'amende.

Nous pouvons par conséquent émettre l'hypothèse suivante : *le phénomène d'exclusion segmentaire n'est pas une négligence vraie, mais un comportement de négligence dont l'origine lésionnelle est périphérique et le mécanisme fonctionnel central. Il est probable qu'il s'agisse d'un trouble attentionnel d'origine périphérique.*

3 - Approche thérapeutique par réafférentation

3.1. Techniques de réafférentation classiques

Pour pouvoir mettre en place un programme de réafférentation, il est nécessaire de se situer dans un climat d'indolence. En ce sens, les techniques préparatoires à la réafférentation vont s'attacher à traiter *l'inflammation et la douleur* créées par le traumatisme initial, puisque les phénomènes locaux tissulaires sont le *primum movens* du phénomène d'exclusion segmentaire. Les armes ne manquent pas : traitement médicamenteux anti-inflammatoire, antalgique, physiothérapie, stimulation électrique trans-cutanée (TENS)...

Aussi, il est nécessaire de procéder à une *désensibilisation*, dans la perspective de réétalonner les sensations et les représentations cérébrales. En effet, les informations reçues par le système nerveux central sont inadéquates suite aux modifications fonctionnelles des capteurs. Soit le filtre qui se met en jeu lors de l'arrivée de l'information sur la peau ne sait plus extraire le bon signal du bruit de fond, soit, si le bon signal est extrait, il est déformé. Les techniques de désensibilisation agissent au premier niveau grâce

aux phénomènes d'habituation provoqués dans les capteurs. Ainsi, les messages initialement perçus comme douloureux ou désagréables ne sont plus reconnus comme tels à la faveur du bombardement sensoriel d'agressivité croissante réalisé lors de ces traitements : le bruit de fond s'atténue et le bon signal peut être extrait. Les techniques de réétalonnage des sensations agissent au deuxième niveau par rétablissement de gains : les sensations élémentaires sont d'abord réétalonnées par des exercices bimanuels avec comparaison des sensations droite-gauche, par les techniques de rééducation habituelles de la sensibilité où le patient apprend à reconnaître des traits sensitifs de plus en plus complexes. Puis, le réétalonnage des sensations complexes se fait par le recours à la vision, par la verbalisation de toutes les étapes de préhension et de reconnaissance. Ces techniques de rééducation permettent la prise de conscience du trouble et des stratégies à mettre en œuvre pour le faire régresser.

Une fois ces objectifs atteints, les techniques de réafférentation peuvent être débutées, avec classiquement :

- traitement des désordres attentionnels : motivation maximale du patient, en s'aidant des techniques de *biofeed-back*, travail en *attention sélective puis divisée* ;
- *automatisation* du geste : utilisation répétée du membre exclu sous toutes ses formes, dès le traumatisme, afin qu'il devienne habituel. L'objectif est d'éviter la reconstruction et la redistribution fonctionnelle s'effectuant au niveau du lobe pariétal, aboutissant à la chronicisation des lésions.

Les techniques de *syndactilie* du doigt exclu et du doigt sain adjacent ainsi que les *thérapies contraintes*, sont les pratiques les plus utilisées.

De même, on propose aux patients de regarder leur membre exclu, de le toucher, afin de se le réapproprié et de ne pas l' « oublier » sur un plan cortical.

Depuis peu, les thérapies par leurre sensoriel avec miroir semblent être une approche thérapeutique prometteuse dans la réintégration d'un segment de membre exclu dans le schéma corporel.

3.2. Thérapie par miroir

3.2.1. Principes généraux

La vision est notre sens le plus primaire, jouant un rôle clé dans la manipulation des expériences douloureuses ou des autres sensations. Les données visuelles informent, selon la théorie du contrôle moteur cortical, de la position dans l'espace de nos segments de membre, pour se protéger des menaces imminentes ou pour aider à renseigner sur la direction de nos futurs mouvements (31).

Le miroir est un composant omniprésent dans notre vie. Il participe de manière active à la construction de l'image corporelle chez le petit enfant. Notre image corporelle et la prise de conscience de soi-même passent par le regard dans le miroir.

La thérapie par miroir utilise le principe de la réafférentation d'un membre « oublié » par l'apport d'une afférence visuelle adaptée. Celle-ci implique la réalisation de mouvements bilatéraux des membres, alors que seuls la main non atteinte et son reflet dans le miroir sont visualisés.

La thérapie par miroir fait partie des thérapies par leurre sensoriel, en apportant l'illusion d'un membre contro-latéral normal.

Le premier à s'intéresser à cette thérapeutique est Ramachandran, en soignant les douleurs du membre fantôme chez les patients amputés. Ces patients, en visualisant le reflet de leur membre intact, ont pu bouger leur membre fantôme et voir leur douleur diminuer (46).

Il existe 3 modes d'utilisation de la thérapie par miroir, avec 3 consignes possibles (63) :

- observation de la main saine et du reflet de celle-ci à la place du membre malade ;

- simulation du mouvement par l'imagination motrice, tout en regardant dans le miroir la main saine et le reflet de celle-ci ;
- réalisation effective du mouvement par entraînement bilatéral. Summers et son équipe ont démontré la supériorité de la rééducation bilatérale par rapport à la rééducation unilatérale chez les patients atteints d'accident vasculaire cérébral, avec l'explication suivante : l'hémisphère activé lors du mouvement du membre non parétique envoie des influx facilitateurs à l'hémisphère contro-latéral correspondant au membre atteint, facilitant ainsi le retour de la fonction.

3.2.2. Rappel neuroanatomique

3.2.2.1. Cortex pariétal

Un rôle clé dans la genèse et la rééducation du phénomène d'exclusion est apporté par le *cortex pariétal postérieur* (36). Celui-ci :

- contient les représentations du schéma corporel en mouvement (36, 53)
- est activé lors des mouvements imaginés et exécutés
- est activé lorsque les cibles visuelles sont utilisées pour la planification motrice (Deiber) (36, 43)
- contient des neurones combinant des afférences nociceptives ainsi que sensorielles autres, de sorte à fournir des efférences capables de maintenir une intégrité physique corporelle.

Le cortex somesthésique primaire est composé de 4 aires par hémisphère. Les aires 1 et 3b contiennent sous forme d'homonculus, décrit par Penfield et Rasmussen en 1950, une représentation somatotopique complète de l'épithélium sensoriel cutané. Ces représentations résultent de la projection topographique des surfaces sensibles corporelles, après relais des afférences cutanées dans la moelle épinière et le thalamus. Chaque homonculus compose une figurine anisomorphe, image déformée du corps dont la

surface et la résolution spatiale dépendent de la richesse de l'innervation périphérique des territoires cutanés représentés, ainsi que de leur importance fonctionnelle pour l'espèce : la face, la langue et les mains chez l'homme sont représentées dans des zones corticales plus étendues, l'intégration des messages sensoriels en provenance de ces territoires mobilisant de plus vastes populations de neurones dont chaque unité est dotée d'un champ récepteur, région cutanée d'une surface de quelques mm² (62).

Le cortex pariétal postérieur est un cortex associatif comprenant les aires 5 et 7, élargies à 39 et 40 (6). Dans cette zone, membre du carrefour pariéto-temporo-occipital, il existe deux secteurs-clé chez le droitier :

- à gauche : l'aire des *praxies*. La lésion de cette aire entraîne l'incapacité d'exécuter une tâche jusque-là parfaitement maîtrisée (apraxie) ;
- à droite : siège de *l'édification du schéma corporel*. La lésion de cette région provoque un tableau avec négligence tant de l'hémicorps gauche que de l'espace extra-personnel correspondant (hémiasomatognosie ou anosodiaphorie d'Anton-Babinski).

Mountcastle dans les années 1970 a montré chez le singe que le cortex pariétal postérieur possède un appareil neuronal de commande pour la manipulation et la projection dans l'espace extrapersonnel. La plupart des neurones répondent à des informations proprioceptives (somesthésiques, vestibulaires, visuelles et auditives) de façon tardive par rapport au début du mouvement. D'autres neurones par contre se comportent comme des neurones de commande, modifiant leur activité de façon très anticipatoire par rapport au début du mouvement.

Le cortex pariétal joue également un rôle important dans la *prise de conscience* de ses propres mouvements (56). Les représentations motrices internes (engrammes) permettent de prévoir le résultat final d'une action donnée. Le cortex pariétal joue un rôle dans l'activation et la mémorisation de ces engrammes. Sirigu et son équipe ont montré que

lorsque le cortex pariétal était endommagé (par un accident vasculaire cérébral par exemple), les patients étaient capables de préciser le moment où ils débutent un mouvement, mais ne sont pas capables d'identifier le moment où débute leur *intention* de bouger. Le cortex pariétal est donc impliqué dans la modélisation d'une intention motrice, alors que la genèse de l'intention elle-même est dédiée au cortex frontal. Le cortex pariétal effectue un contrôle anticipatoire de l'action et détecte si les actions qui seront produites sont adaptées au but envisagé. Lorsqu'un mouvement est envisagé, le cortex pariétal fournit un modèle prédictif du mouvement à venir. Ce modèle permet la prise de conscience motrice.

Aussi, *la sectorisation du lobe pariétal* peut s'effectuer dans le sens antéro-postérieur. Ainsi, il existe deux parties (26) :

- *la partie postérieure* : siège de processus inconscients de transformation sensorimotrice spécialisée dans la genèse de mouvements dirigés vers un but. Batista et son équipe ont montré que les neurones dans le sulcus intrapariétal ont une organisation somatotopique particulière, avec les neurones codant pour la rétine juxtaposés aux neurones codant pour la planification et l'exécution du mouvement de pointage. La lésion de cette partie du cortex pariétal entraîne des difficultés à diriger l'action vers la cible, mais il n'existe pas d'anomalie d'exploration de l'espace et donc pas de phénomène de négligence. Il s'agit d'une ataxie optique.

- *la partie ventrale* : spécialisée dans la prise de conscience des représentations spatiales, permettant ainsi de rendre les actions délibérées, comme par exemple l'atteinte de cibles connues et remémorées. La lésion de cette partie du cortex entraîne des troubles d'exploration de l'espace à type de phénomène de négligence.

3.2.2.2. Cortex frontal

Plusieurs aires corticales frontales sont impliquées dans la réalisation du mouvement, il s'agit du cortex moteur primaire, du cortex prémoteur et de l'aire motrice supplémentaire.

D'une manière simple, Ramachandran explique dans son livre « Le fantôme intérieur » (47) le fonctionnement du cortex frontal dans la réalisation du geste.

Le cortex moteur primaire s'occupe des mouvements simples comme par exemple remuer les doigts ou faire claquer les lèvres. L'aire voisine, appelée cortex prémoteur, est chargée de mouvements plus complexes, comme par exemple agiter la main ou empoigner une rampe. *L'aire motrice supplémentaire* est une sorte de « maître des cérémonies » qui transmet des instructions précises à propos de la séquence de mouvements requis au cortex moteur.

Un ordre est envoyé de l'aire motrice supplémentaire au cortex moteur, dans la finalité d'une activation musculaire. En même temps, des copies identiques sont envoyées simultanément à deux autres aires de traitement importantes : le cervelet et les lobes pariétaux, pour les informer de l'action envisagée. Une fois les signaux d'ordre envoyés aux muscles, une boucle de rétrocontrôle se constitue. Ayant reçu l'ordre de bouger, les muscles exécutent le mouvement. A leur tour, les signaux venant des fuseaux neuromusculaires et des articulations sont renvoyés vers le cerveau via la moelle épinière, informant le cervelet et les lobes pariétaux que l'ordre est bien exécuté. Ces deux structures permettent de comparer l'intention à l'exécution, et de modifier les ordres moteurs selon les besoins (en les freinant s'ils sont trop rapides ou en les accélérant s'ils sont trop lents). Les intentions se transforment ainsi en mouvements parfaitement coordonnés.

Sur le plan anatomique (6), *le cortex moteur primaire* est composé de deux couches de cellules, une superficielle avec des axones courts et une profonde avec axones longs

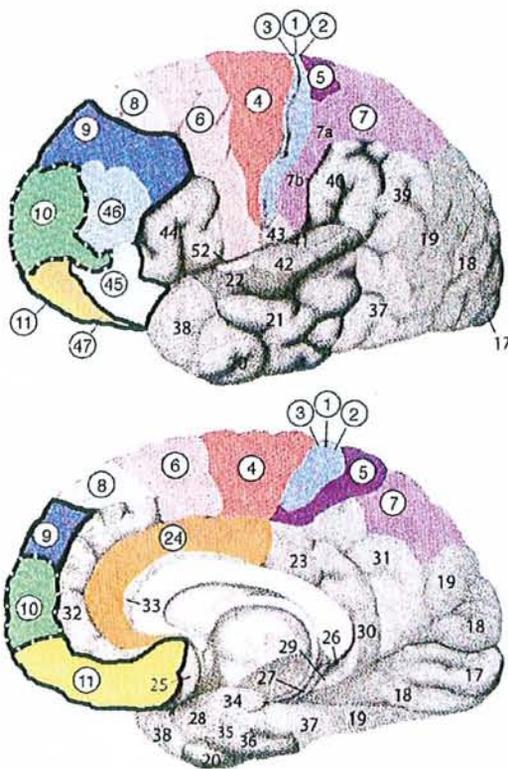
(cellules de Betz), cette dernière contribuant à la formation de la voie corticospinale ou pyramidale. Depuis les travaux de Ward chez le macaque et de Penfield chez l'homme, on connaît la carte somatotopique du cortex moteur primaire. Cette organisation des cellules pyramidales forme l'homonculus, qui s'organise sur le même principe que le cortex somesthésique primaire décrit précédemment. Le versant dorsomédian est impliqué dans la motricité du membre inférieur, et se termine au niveau du plexus lombaire. Le versant dorsolatéral dans son segment supérieur est à l'origine des mouvements du membre supérieur s'arrêtant au niveau du plexus cervical. Enfin, le segment inférieur du segment dorsolatéral est destiné à la motricité cervico-faciale et s'articule au niveau du tronc cérébral avec les noyaux moteurs des nerfs crâniens. La représentation somatotopique, en termes de « quantité neuronale », est proportionnelle à la quantité fonctionnelle du territoire somatique. Par exemple, la quantité de neurones représentant la main ou la région bucco-faciale est très supérieure à celle dévolue à l'épaule, au coude ou au pied.

Sur le plan de l'organisation corticale, le modèle de « clavier cortical » de Chang, où chaque muscle est représenté par un groupe neuronal précis, est désormais désuet. Les méthodes de microstimulation intracorticale rapportent qu'il ne s'agit pas d'une organisation neuronale en terme de muscles, mais en terme de *mouvements*. De plus, les colonies corticales reçoivent des informations somesthésiques précises des segments ou des articulations dont elles gouvernent les mouvements. Il existe un « couplage serré » entre les neurones pyramidaux et les champs récepteurs périphériques.

Le cortex prémoteur représente un ensemble de régions corticales se situant en avant du cortex moteur primaire. Il joue un rôle important dans la planification de l'action, en intégrant des informations sensorielles nécessaires à la réalisation du geste et en contrôlant l'activité des neurones du cortex moteur primaire.

La réalisation d'un mouvement harmonieux nécessite la coordination de nombreux muscles dont la contraction obéit à une programmation spatiotemporelle précise. Le cortex prémoteur est impliqué dans la *coordination* et *l'enchaînement dans le temps* des séquences de cocontractions musculaires synergiques nécessaires à la réalisation de l'acte moteur, en fonction du contexte motivationnel et environnemental.

L'aire motrice supplémentaire fait partie du cortex prémoteur, elle est impliquée dans la *coordination bimanuelle* et la réalisation de *mouvements séquentiels*.



La numérotation correspond à la classification de Brodmann. Cortex moteur : aire 4 (MI) ; cortex somesthésique : aires 3, 1, 2 (SI) ; cortex prémoteur : aire 6 (face latérale), aire motrice supplémentaire : aire 6 (face mésiale) ; aire frontale oculocéphalogyre : aire 8. Secteur préfrontal : cortex dorsolatéral préfrontal : aire 46, 45, 9 et 10, cortex orbitofrontal 47, 25, 11 et 10. L'aire 10, inscrite dans les pointillés, est commune à ces 2 territoires. Cortex cingulaire antérieur : aire 24c, 32 (face mésiale). Secteur pariétal : cortex pariétal postérieur : aire 5 et 7 (7a et 7b) élargies aux aires 39 et 40 (empruntée à Gazzaniga et al. modifiée).

Figure 3 : Aires corticales primaires et associations impliquées dans la planification de l'action (6)

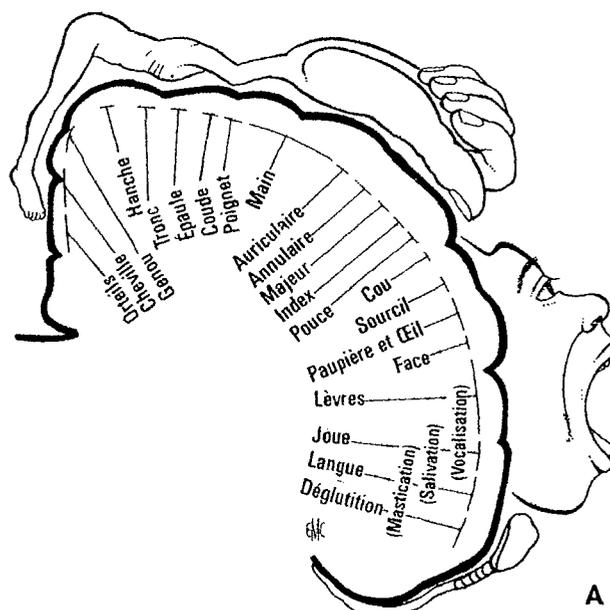


Figure 4 : Homunculus de Penfield (6)

3.2.2.3. Connexion cortex frontal et pariétal

a) Rapports anatomiques entre le cortex pariétal et le cortex frontal

Un élément important déterminant le fonctionnement du cortex prémoteur est sa connexion au lobe pariétal. En effet, il existe des projections précises entre chaque région du cortex pariétal et chaque région du cortex prémoteur. Ces circuits pariétofrontaux permettent l'élaboration des schémas moteurs fondamentaux ou représentations centrales des activités gestuelles (coordination visuomotrice, préhension, manipulation, planification séquentielle).

Par ailleurs, l'activité du cortex prémoteur va être modulée par d'autres cortex associatifs préfrontaux, situés plus en amont dans les processus de décision : le cortex orbitofrontal et cingulaire pour les aspects motivationnels, et le cortex préfrontal dorsolatéral pour les aspects comportementaux.

Les neurones précoces de l'aire 5 du cortex pariétal sont aptes à coder une trajectoire préférentielle. Hautement connectés aux neurones de l'aire 5, les neurones de l'aire prémotrice expriment en parallèle cette propriété. Ce réseau pariétoprémoteur possède les propriétés gnosiques et praxiques pour élaborer et stocker un programme dédié à l'action du corps dans l'espace extrapersonnel.

Le réseau pariétofrontal (aires 5, 7 et F5) contient deux catégories neuronales d'accès (« reaching ») pendant l'exécution d'un mouvement dirigé vers un but précis :

- *les neurones canoniques* modifient leur activité quand l'individu voit un objet saisissable ou l'attrape. Ces neurones se rencontrent à la fois dans l'aire intrapariétale antérieure (AIP) et dans l'aire prémotrice ventrale (F5). Ce circuit AIP-F5 permet de transformer les propriétés intrinsèques d'un objet en mouvements manuels appropriés ;

- *les neurones miroirs* modifient leur fréquence de décharge à la fois quand l'expérimentateur attrape un objet et aussi quand l'individu fait lui-même ce geste (6).

Décrits par Rizzolatti dès 1990 (6, 16), ces neurones sont situés dans le sillon temporal supérieur (STS) de l'aire 7b (PF) et F5. Le circuit STS-7b-F5 sous-tend la représentation interne d'actions ou préperceptions. Ce réseau joue un rôle à la fois dans l'imitation et la reconnaissance d'une action accomplie par l'autre (23). Cet espace neural contribuerait à faire émerger la notion d'altérité, ou mieux encore, celle d'empathie, c'est-à-dire se mettre soi-même à la place de quelqu'un d'autre, en comprenant ses actions, sensations et émotions (16). D'ailleurs, un lien serait possible entre la psychopathie et l'atteinte de cette zone corticale (16).

La partie inférieure du cortex pariétal postérieur (aires 5 et 7) dit « cortex vestibulaire pariéto-insulaire » (CVPI) reçoit d'importantes afférences vestibulaires. Ses neurones contribuent au codage de la tête dans l'espace à partir d'informations multisensorielles vestibulaires, visuelles et proprioceptives.

b) Organisation du mouvement et planification de l'action

La mise en jeu d'un mouvement réflexe ou automatique fait appel à un montage relativement simple, par contre la réalisation d'un mouvement intentionnel est très sophistiquée. Celui-ci nécessite la planification de l'action, s'appuyant sur des structures nerveuses insérées dans des réseaux ou des circuits.

Le choix du ou des programmes est intimement lié au « travail central » accompli par les structures associatives (cortex préfrontal, cortex cingulaire antérieur, cortex pariétal postérieur) dans un contexte motivationnel.

Dans la sélection des programmes, le rôle des réafférences est majeur. Ces dernières ont une double origine : celles provenant de la périphérie (rétrocontrôle ou feedback) et celles issues de la copie de l'efférence motrice (décharge corollaire ou parallèle ou feedforward).

La comparaison entre ces deux sortes de message autorise ou non une correction entre ce qui est attendu (copie efférente) et obtenu (rétrocontrôle périphérique). Cette opération correctrice modifie et adapte le programme en cours.

Les copies d'efférences motrices informent les structures cortico-sous-corticales (cortex pariétal, ganglions de la base, cervelet ...) en anticipation d'une exécution d'un geste. Elles contribuent à ce qu'un sujet s'auto-attribue un mouvement. L'interruption de ces signaux centraux instaure un état pathologique où le patient a le sentiment que quelqu'un d'autre fait le mouvement à sa place.

La planification de l'action est fondée sur une conception hiérarchisée. Tout secteur cortical ou sous-cortical sous-tend une fonction. Ensuite, les archéstructures sont dirigées par les paléostructures et celles-ci par les néostructures.

Il existe deux courants de pensée concernant la gestion du mouvement (46) :

- le premier appelé « modulatory » plaidant une interaction linéaire entre les différentes structures cérébrales, où le traitement sensoriel implique une cascade d'informations à sens

unique allant des récepteurs sensoriels sur la peau et d'autres organes des sens vers des centres cérébraux supérieurs ;

- un deuxième appelé « holistic » par Karl Lashley plaidant un lien multidirectionnel entre les différentes structures cérébrales, les perceptions étant le résultat de renvois de signaux entre différents niveaux de la hiérarchie sensorielle, voire entre différents sens.

La vérité se situe certainement entre ces deux théories : certes, il existe des régions spécialisées dans le cerveau pour certaines fonctions, mais il y a des interactions entre ces régions.

Dans les années 1960, la notion de « timing » a été introduite par Evarts et son école (6). Depuis, on essaye de détecter quelle structure décharge la première avant le début du mouvement. C'est le cas des neurones du néocervelet qui modifient leur action avant ceux du cortex moteur. Il s'ensuit un enchaînement diachronique « en série ». On décrit également dans la région corticale prémotrice un potentiel ou onde de préparation motrice, très anticipatoire au début du mouvement.

Des travaux plus récents, notamment ceux de Goldman-Rakic, ont atténué le poids de cette théorie « en série » au profit de la théorie « en parallèle », théorie renforcée par les études d'imagerie fonctionnelle. Ces travaux ont révélé que diverses aires associatives sont formées de sous-ensembles qui s'activent simultanément pendant la planification de l'action très en amont du début du mouvement, mais traitent d'aspects spécifiques. Tel est le cas pour le cortex pariétal postérieur (aires 5 et 7) : les aires 5 et 7b sont spécialisées dans l'analyse du mouvement du membre supérieur dans l'espace, l'aire 7a dans celle de la détection de la cible visuelle et l'analyse des mouvements oculaires. Des données anatomofonctionnelles de même nature se retrouvent dans le cortex préfrontal (aire 46) et le cortex cingulaire antérieur (aire 24). Un autre exemple peut être donné pour le codage

directionnel du mouvement où il existe une activation ubiquitaire en parallèle du cortex prémoteur, moteur, pariétal postérieur et visuel.

A ces deux modes opératoires « en série » ou « en parallèle » s'ajoute la théorie connexionniste. Celle-ci affirme que chaque réseau est constitué de trois couches neuronales : une d'entrée, une de sortie et une intermédiaire. Les synapses de la couche intermédiaire sont modifiables par l'apprentissage. Cette dernière structure et enrichit le réseau dans son ensemble.

La validité des théories non hiérarchisées est renforcée par la survenue d'une activité électroencéphalographique originale pendant l'exécution d'une tâche précise : le rythme delta (entre 30 et 80 Hertz). Une tâche visuomotrice par exemple impose la coordination immédiate de l'attention, de la décision et de l'exécution. Le rythme delta traduirait la synchronisation rapide et fugace des modules corticaux impliqués dans ce processus de planification.

c) Plasticité cérébrale

L'apprentissage de nouveaux gestes, de même que leur désapprentissage, est possible grâce à la plasticité du système nerveux central. Celui-ci s'adapte, son organisation fonctionnelle et sa réponse neuronale changent en fonction de l'utilisation (1,47).

D'une part, il existe une plasticité *topographique* avec migration neuronale entre territoires adjacents à la suite d'une dé(dys)afférentation.

En temps normal, les aires primaires du cortex somesthésique représentent les surfaces cutanées du corps sous la forme d'une carte somatotopique, décrite précédemment. Cette représentation sensorielle reflète un équilibre entre influences excitatrices et inhibitrices dans toutes les structures relayant des informations somesthésiques vers le cortex. Des influences inhibitrices masquent une partie du réseau de connectivité et limitent la divergence des entrées sensorielles qu'autorise le plan de connectivité. Ainsi, une partie

des connexions n'est pas exprimée dans les champs récepteurs neuronaux et demeure provisoirement dans un état latent. Une désafférentation par amputation de la main par exemple entraîne une mise au silence de sa zone corticale de représentation. De plus, elle induit une levée de l'inhibition normalement exercée par les voies afférentes originaires de la main sur celles provenant du visage ou de l'avant-bras, et démasque ainsi certaines projections divergentes. La désinhibition entraîne une expansion rapide des zones de représentation adjacentes aux régions corticales désafférentées (dédiées au visage ou à l'avant-bras) : les neurones des secteurs en expansion montrent en effet des champs récepteurs sur les territoires cutanés du visage (ou de l'avant-bras).

Le renforcement progressif de l'efficacité des synapses excitatrices existantes et de celles nouvellement mises en service favorise l'expansion résultant initialement du déséquilibre entre influences antagonistes. Des connexions horizontales excitatrices ou inhibitrices, organisées de manière réciproque, concourent également au maintien d'un état d'équilibre entre influences concurrentes et contribuent au remodelage post-lésionnel (62).

Iriki a montré récemment que chez tout sujet, les neurones du sillon intrapariétal postérieur sont impliqués dans l'exploration active du monde extérieur. Il a montré que les champs récepteurs de la main, selon que celle-ci manipule seule ou avec un objet qui prolonge son espace d'action, subissent une extension (ceci explique par exemple pourquoi un chirurgien agit avec un instrument comme si celui-ci était sa propre main). Cette plasticité du schéma corporel explique l'impossible disjonction entre perception et action (46). Ceci va dans le sens du lien entre les troubles du schéma corporel et l'anomalie d'exécution du geste, mais avec une possibilité de « retour en arrière » via la plasticité cérébrale, par différents types de leurres sensoriel, dont le miroir.

De même, il existe une plasticité *intersensorielle*, montrée par l'exemple d'un patient ayant perdu la vue par une rétinite pigmentaire : il ferme les yeux (pour éliminer toute trace de

lumière), mais il *voit* la main bouger devant son visage. A l'IRM fonctionnelle, on met en évidence une activité dans l'aire *visuelle* lorsque le patient bouge sa main (46). Ceci prouve que le lobe pariétal est polymodal, et qu'il a à la fois des récepteurs tactiles et visuels.

Enfin, il a été prouvé ces dernières années que la plasticité cérébrale est encore effective lors de *l'âge adulte* et même durant la sénescence, malgré la maturation des voies nerveuses, par un remodelage morphologique et fonctionnel de circuits neuronaux différenciés (62).

3.2.3. Objectifs et résultats de la thérapie par miroir

3.2.3.1. Effets attendus de la thérapie par miroir

a) Douleur

L'efficacité de la réafférentation par miroir sur la douleur se base sur le modèle cortical de la douleur d'Harris, décrit précédemment.

Les mécanismes sont les suivants (1, 54) :

- Réconciliation de l'efférence motrice et du feed-back sensoriel et donc *correction du mismatch* entre l'efférence motrice et le feed-back sensoriel. Ceci permet le rétablissement du schéma corporel.
- Rétablissement de la *réorganisation corticale* des cortex somatosensitif et moteur primaires dans le « bon sens », en apportant une afférence sensorielle correcte par l'illusion visuelle (l'absence ou l'altération du feed-back sensoriel induisant une réorganisation des représentations corporelles au niveau des cortex somatosensitif et moteur primaires, à l'origine de la douleur). Cette réorganisation « dans le bon sens » évolue en parallèle avec la diminution de la douleur (44).

Egalement, en apportant une afférence visuelle non erronée, le miroir permet de régler le conflit entre les données allocentriques et égocentriques, monitorées par le système de

contrôle moteur cortical, puisque ce conflit est capable d'engendrer des perturbations somesthésiques, même en l'absence de stimulus nociceptif (31).

De même, le miroir sert à apporter une afférence visuelle non évocatrice de douleur, puisqu'on s'est aperçu (46) que lorsqu'un stimulus nociceptif est délivré de manière chronique (entre 3 et 6 mois), le cerveau apprend et mémorise la douleur. Même l'intention de bouger finit par provoquer la douleur. Une fois que ce lien entre un geste donné et la douleur est mémorisé, l'attente d'un stimulus douloureux sans que ce stimulus soit effectivement présent provoque l'activation corticale des mêmes zones que celles impliquées lorsqu'un stimulus douloureux est réellement appliqué (études en IRM fonctionnelle) (31).

La douleur apprise pourrait ainsi être désapprise grâce au miroir.

- Manipulation de *l'attention* (31, 34), par l'effet distrayant. Le rôle de l'attention en tant que modulateur de la perception de l'intensité de la douleur est bien établi. En fait, l'attention module l'activation du cortex somatosensitif primaire par des stimuli tactiles ou nociceptifs. En imagerie fonctionnelle, lors d'une distraction, il se produit une activation du cortex cingulaire antérieur et de la substance grise périacqueducatale ventrale, en parallèle à une réduction de l'intensité de la douleur et à une baisse d'activité des voies nociceptives afférentes.

b) Fonction

Le miroir permet la *facilitation du mouvement*, par le biais de l'activation des *neurones miroirs du cortex prémoteur*, qui sont activés dans l'imitation d'une action.

Ces neurones miroirs permettent d'apprendre de nouvelles tâches en regardant la réalisation de cette tâche. Fadiga a été le premier à prouver l'existence de ces neurones miroirs chez les humains. Il a montré que l'observation du mouvement entraînait une facilitation du mouvement (12). Par conséquent, lors de la rééducation par miroir, en

regardant la main saine bouger simultanément avec la main atteinte qui est cachée de la vue et remplacée par le reflet de la main saine, le mouvement de la main atteinte est facilité.

Pour appuyer cette théorie, rappelons les étapes de la programmation motrice (29) :

- geste effectué pour la première fois : tous les ordres élémentaires sont à créer, avec nécessité d'une importante concentration et d'un contrôle visuel permanent ;
- geste déjà effectué, mais peu souvent : les automatismes sont mal établis. C'est la période d'apprentissage, le schéma moteur s'acquiert par la méthode des essais et des erreurs, de durée variable selon les aptitudes de l'individu ;
- geste devenu habituel : l'enchaînement des séquences motrices s'effectue essentiellement sous contrôle sensitif épicrotique et proprioceptif, et très peu sous contrôle visuel.

Toutes ces actions sont organisées sous forme de sous-programmes (subroutines), ce sont les activités de la vie quotidienne ;

- réactivation et évolutivité des programmes : tout programme qui n'est pas utilisé de façon habituelle finit par s'effacer et disparaître.

L'usage fréquent du geste permet de le moduler en fonction de l'environnement : il s'agit de l'automatisation.

Le phénomène d'exclusion est défini par la sous-utilisation du geste, d'une fonction, ce qui engendre son effacement du schéma moteur au niveau cortical, donc un désapprentissage.

Pour le patient atteint d'exclusion, tout se passe comme s'il s'agissait d'un geste à effectuer pour la première fois, avec nécessité de réapprentissage du geste, avec initialement utilité d'un contrôle visuel permanent qui pourrait être apporté par le miroir.

3.2.3.2. Facteurs favorisant la réafférentation par miroir

a) Feed-back visuel

L'efficacité du miroir s'expliquerait par le fait qu'il existe une *priorité pour le cerveau du feed-back visuel par rapport au feed-back proprioceptif*, et ceci est prouvé par le fait que les patients qui bénéficient de la thérapie par miroir ont subjectivement le sentiment de voir à travers le miroir, comme s'il était transparent (41).

Cette priorité du feed-back visuel par rapport au feed-back proprioceptif a également été étudiée par Botvinick et Cohen. Ils ont prouvé que regarder une fausse main placée à proximité de la vraie main, avec seulement la fausse main visualisée, fait ressentir les sensations dans la vraie main. De même, Pavani et son équipe ont prouvé que la localisation d'un stimulus tactile sur une main hors du champ visuel dure plus longtemps lorsqu'il existe une incohérence entre l'information visuelle et tactile (55).

Dans cet esprit, Lajoie et son équipe (27) ont montré que chez les patients sains, où il n'y a pas de conflit sensoriel à savoir que les voies visuelles et proprioceptives sont intactes, la tâche demandée, à savoir de dessiner dans un miroir, est plus difficile à effectuer que chez un patient déafférenté où il n'y a pas de conflit sensoriel étant donné qu'il ne possède plus d'information proprioceptive. Chez le sujet normal, cette tâche implique la comparaison entre une information visuelle inversée codée par l'image visualisée dans le miroir et l'information proprioceptive codée par une cartographie interne (schéma proprioceptif interne). Ceci est source d'informations conflictuelles causant des difficultés à choisir la bonne orientation du mouvement. Avec le temps, les sujets sains apprennent à utiliser l'information visuelle inversée en recalibrant les cartes proprioceptives pour résoudre ce problème de discordance avec l'information visuelle, et obtiennent ainsi un niveau de performance proche de celui du patient déafférenté.

Enfin, on s'est aperçu que la simple visualisation (directe ou par miroir) du toucher d'un membre peut provoquer la sensation que ce membre est effectivement touché, et ceci a été

démonstré chez les patients amputés avec douleurs fantôme, atteints de syndrome douloureux régional complexe ou d'héminégligence d'origine centrale (1).

Ceci a aussi été décrit par Birgitta Rosen et Göran Lundborg (48) chez une patiente après suture du nerf médian, avant la récupération sensitive, c'est-à-dire chez une patiente déafférentée d'origine périphérique. L'afférence visuelle remplaçant l'afférence somesthésique est suffisante pour provoquer la sensation du toucher.

Enfin, Acerra et Moseley ont montré que la visualisation dans le miroir de la stimulation du membre non atteint peut provoquer une douleur au niveau du membre atteint, si cette stimulation se fait à l'endroit correspondant à l'allodynie au niveau du membre malade. Un stimulus non douloureux sur le membre sain peut être simultanément perçu comme douloureux sur le membre atteint (59).

Par conséquent, toutes ces expériences prouvent que la représentation somatosensitive corticale du membre peut être activée par une afférence visuelle, ce qui est expliqué par les auteurs de ces articles par l'existence des neurones miroirs du cortex prémoteur, dont l'activation est effective lors de l'observation d'une tâche réalisée par autrui.

Ainsi, la thérapie par miroir, en apportant un feed-back visuel « non erroné », pris en compte plus volontiers que le feed-back « erroné » apporté par la dysafférentation du membre, permet de restaurer le geste.

b) Cible et motivation

Il est intéressant de préciser que cette priorité du feed-back visuel sur le feed-back proprioceptif, c'est-à-dire la modulation visuelle de la posture corporelle, est effective uniquement s'il existe un *but* à l'action motrice, s'il existe une *cible* à atteindre. Il est nécessaire que *l'attention* soit dirigée vers la main pour moduler le signal proprioceptif. S'il n'y a pas d'attention visuelle engagée ou d'intention d'agir, la représentation proprioceptive du corps dans l'espace est prioritaire sur la représentation visuelle. Par

conséquent, on peut considérer que la proprioception constitue la base codant pour la position du corps dans l'espace, et que la vision intervient simplement lorsque c'est nécessaire, c'est-à-dire quand une action dirigée vers une cible est envisagée (55).

Cette hypothèse a été confirmée par des études d'imagerie fonctionnelle, notamment celle de Maeda et son équipe (12), montrant une activation corticale supérieure dans les aires cérébrales dédiées à la programmation et planification motrice (gyrus cingulaire, aire motrice supplémentaire...), lorsque les patients observent une action avec l'objectif de la reproduire ensuite (10,12).

Par conséquent, il est acquis que les neurones miroirs du cortex prémoteur ne sont activés que lorsque l'action est dirigée vers un but (action transitive), et ne sont pas activés s'il n'y a pas de but à atteindre (action intransitive ou kinesthésique, comme par exemple la mobilisation de la main en absence d'objet). Cependant Decety et Grèzes ont élargi ce concept, et ont montré une activation de ces neurones miroirs également lorsque les patients regardent un pantomime (le but n'est pas montré, simplement évoqué ou imaginé). Fadiga va encore plus loin, en montrant que ces neurones miroirs sont activés même si le patient regarde des mouvements corporels sans signification. En fin de compte, les neurones miroirs sont impliqués davantage dans la préparation du mouvement que dans la simple observation d'actions intransitives (23).

Récemment, on a montré (12) que l'observation « passive » d'actions sans intention d'imiter, active tout de même les aires motrices, et augmente la performance. Ceci signifie que l'imitation est basée sur une utilisation automatique du système d'action (du système moteur). C'est « l'effet d'écho » où 2 personnes copient chacun les mouvements de l'autre involontairement (par exemple, croiser les jambes quand quelqu'un en face le fait). Ce phénomène a 2 utilités :

-d'une part, la compréhension du comportement des autres, ce qui lui confère donc un rôle social.

-d'autre part, l'apprentissage de nouvelles tâches. L'illustration la plus parlante est le fait que les jeunes enfants apprennent en imitant leurs parents.

**CIBLE ↔ ACTION TRANSITIVE ↔ NEURONES MIROIRS ↔ PRIORITE
FEEDBACK VISUEL**

**PAS DE CIBLE ↔ ACTION INTRANSITIVE = KINESTHESIQUE ↔ PRIORITE
FEEDBACK PROPRIOCEPTIF**

c) Réalité virtuelle

Perani et son équipe (43) suggèrent qu'il n'y a que la visualisation d'actions réelles dans un environnement naturel, comme celles proposées par la rééducation par miroir, qui active le réseau visuospatial impliquant le cortex pariétal postérieur. L'observation des mouvements d'une main en 3D lors d'une rééducation par réalité virtuelle par exemple, met en jeu surtout des processus de perception visuelle, avec activation surtout des structures occipitales. L'utilisation de la réalité virtuelle serait par conséquent moins efficace sur le retour de la fonction chez les patients atteints d'exclusion avec des troubles du schéma corporel.

3.2.3.3. Résultats de la thérapie par miroir

A) Syndrome douloureux régional complexe

a) Etudes et domaine d'efficacité de la thérapie par miroir dans le syndrome douloureux régional complexe

La thérapie par miroir est utile dans le traitement de la douleur dans le syndrome douloureux régional complexe, mais d'après les études de Mc Gabe et son équipe, seulement lorsque la douleur est aiguë et non chronique (35). Plus précisément, la thérapie par miroir permet de diminuer la douleur en cas de maladie précoce, de durée inférieure à 8 semaines. On constate un retour brutal de la douleur et de la raideur en cas d'arrêt de la thérapie par miroir (32).

Si la durée de la pathologie est intermédiaire, entre 8 semaines et 2 ans, la thérapie par miroir est plus efficace sur la raideur que sur la douleur.

Enfin, en cas de maladie chronique supérieure à 2 ans, le miroir est inefficace (32).

Un bémol a néanmoins été émis par Moseley, qui se demande si l'effet de la thérapie par miroir en phase aiguë est réel sur la diminution de la douleur, ou bien si celle-ci fait partie de l'évolution naturelle de la pathologie (41).

b) Mode d'action de la thérapie par miroir

On vient d'affirmer que, dans le syndrome douloureux régional complexe, le miroir est efficace sur la douleur aiguë et non sur la douleur chronique.

◇ Efficacité sur la douleur aiguë

Les hypothèses proposées par les auteurs étudiant l'efficacité du miroir dans la douleur aiguë des patients atteints de syndrome douloureux régional complexe sont les mêmes que celles évoquées dans les généralités, à savoir que la thérapie par miroir, en leurrant le cerveau, active les « bons » réseaux corticaux, et permet de diminuer la douleur aiguë dans le syndrome douloureux régional complexe, de la même façon qu'elle diminue la douleur fantôme et la douleur post-traumatique (35). En effet, le miroir propose l'illusion visuelle d'un membre sain à la place du membre malade, et permet ainsi le mouvement du membre

atteint, en remplaçant le feed-back visuel de la main atteinte par le reflet de la main saine dans le miroir. Ceci permet de réconcilier l'efférence motrice et le feed-back sensoriel, et active le cortex prémoteur, qui a des connexions intimes avec les aires visuelles.

Le miroir également permettrait de réduire la sous-utilisation des patients atteints de syndrome douloureux régional complexe en exposant le bras au mouvement et induisant la réorganisation cérébrale par l'activité du membre atteint (37).

En effet, les mouvements que le patient imagine être douloureux sont également les mouvements qui seront évités, entraînant une sous-utilisation chronique du membre atteint. Par conséquent, le miroir, en leurrant le cerveau par l'apport d'une image de membre en action non douloureux, permet de désapprendre l'immobilité.

◇ Inefficacité sur la douleur chronique

Dans la douleur chronique, l'inefficacité du miroir est expliquée d'une part par les changements trophiques à type de rétractions ou contractures, et d'autre part par la baisse de la plasticité cérébrale avec le temps (32).

De surcroît, la thérapie par miroir dans le syndrome douloureux régional complexe chronique induirait des douleurs intolérables, expliquées par Mc Gabe soit par les changements trophiques secondaires à la maladie, soit par l'augmentation de l'efficacité des mécanismes nociceptifs, soit par les changements au niveau cortical empêchant la réponse analgésique. Ainsi, la simple imagination de mouvement du membre malade peut majorer la douleur et les troubles vasomoteurs en phase chronique (38).

Maihöfner émet une hypothèse intéressante sur l'inefficacité du miroir dans la douleur chronique chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe (30) : les fibres nerveuses de type C sont activées par l'inflammation périphérique faisant suite au traumatisme et responsable du syndrome douloureux régional complexe. Ces fibres sont impliquées dans le développement et le maintien de l'hyperalgésie, qui entraîne la

réorganisation corticale au niveau du cortex somesthésique primaire. En désensibilisant ces fibres, il est possible d'améliorer les symptômes périphériques et de revenir en arrière sur le plan de la réorganisation corticale. Par contre, dans le syndrome douloureux régional complexe chronique, lorsqu'il existe des lésions axonales et une dysafférentation plus importante, les thérapeutiques périphériques deviennent inefficaces et les changements corticaux chroniques. Par conséquent, il faut traiter le patient le plus vite possible et ne pas laisser les troubles s'installer, se pérenniser.

Pour Tichelaar et son équipe (61), chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe, plus les perturbations du schéma corporel sont intenses, moins la thérapie par miroir est efficace. Un facteur pronostique de l'efficacité par miroir est le degré d'étrangeté du membre. Le degré d'étrangeté du membre semble être en rapport avec l'irréversibilité de la réorganisation du cortex somatosensitif primaire.

B) Douleur fantôme après amputation

Le phénomène du membre fantôme correspond à la sensation illusoire d'une survivance du membre amputé. La première description de l'illusion perceptive du fantôme remonte à Mitchell qui rapporte en 1872 le cas d'un patient, Georges Dedlow, qui se réveille juste après l'amputation chirurgicale de ses deux jambes avec de violentes crampes du mollet et demande à l'infirmière de le soulager par des massages. D'autres descriptions ont suivi, mais ce phénomène a connu un regain d'intérêt avec la découverte de la plasticité des représentations corticales, confirmée par les données de l'imagerie cérébrale (62).

Après amputation d'un bras ou d'une jambe, plus de 90% des sujets adultes font l'expérience d'un membre fantôme. L'incidence de cette illusion perceptive est moins élevée chez l'enfant, de 20% avant l'âge de 2 ans, et de 75% entre 6 et 8 ans, probablement en raison d'un schéma corporel moins consolidé. La sensation fantôme apparaît dès la dissipation des effets de l'anesthésie dans 75% des cas, elle est retardée de quelques jours

ou semaines dans les 25% des cas restants, cela sans rapport avec l'emplacement de l'amputation. Le membre fantôme persiste quelques jours ou quelques semaines, pour s'estomper graduellement, mais peut persister parfois plusieurs années (environ 30% des sujets) (3, 62).

Dans son livre « Le fantôme intérieur » (47), Ramachandran explique d'une manière simplifiée la genèse de la douleur fantôme chez les patients amputés.

En effet, chez une personne normale, quand les ordres moteurs sont envoyés par le cortex moteur et prémoteur pour serrer le poing par exemple, une fois la main serrée, des signaux de feed-back issus des muscles et des articulations de la main sont renvoyés vers le cerveau par le biais de la moëlle pour lui dire : « ralentis, stop ». Une pression supplémentaire ferait mal. Ce feed-back proprioceptif freine, automatiquement, avec une rapidité et une précision extrême.

Si le membre est manquant, ce feed-back n'est pas possible. Le cerveau continue donc à envoyer le message : « Serre davantage ». L'influx moteur est par conséquent amplifié, et l'excédent ou le sentiment d'effort peut en soi être vécu comme une douleur.

La douleur du membre fantôme est par conséquent un phénomène complexe résultant en partie de la réorganisation des aires corticales somatosensitives et motrices, suivant la déafférentation due à l'amputation (8, 46, 62).

Dans la littérature sont recensés plus de 68 traitements différents de la douleur du membre fantôme, allant des traitements médicamenteux et chirurgicaux aux traitements psychologiques. Malheureusement, les effets bénéfiques sont souvent pauvres.

Le premier à s'intéresser à la rééducation par miroir dans la prise en charge de la douleur fantôme chez les amputés est Ramachandran dans les années 1990.

La thérapie par miroir permet de superposer un membre virtuel sur le membre fantôme grâce au reflet dans le miroir du membre sain. Il a été rapporté par les nombreuses études

de Ramachandran que cette méthode permettait de modifier significativement les sensations du membre fantôme, d'induire le mouvement et ainsi de réduire la douleur de ce membre fantôme.

De nombreuses études dans la littérature rapportent l'effet bénéfique du miroir chez les amputés (8, 11).

Dans l'article (8), il est suggéré qu'une seule séance de thérapie par miroir (10 mouvements répétés chacun 10 fois) permet déjà une baisse de la douleur du membre fantôme. Néanmoins, la durée de l'effet positif n'est pas précisée.

Dans l'article (57), il est suggéré une inégalité de l'efficacité de la thérapie par miroir en fonction du type de douleur de déafférentation. En effet, la thérapie par miroir est plus efficace dans le cas de douleurs dites « superficielles » (douleurs par excès de nociception, ou douleurs en rapport avec la température-sensation de brûlure ou de froid douloureux), que dans le cas de douleurs dites « profondes » (douleurs en rapport avec la pression-sensation de broiement, de serrement dans un étau, ou douleurs en rapport avec le positionnement du membre en statique ou dynamique).

Les mécanismes expliquant les effets de la thérapie par miroir chez l'amputé sont les suivants (8) : le cerveau est leurré par la présentation du reflet sain dans le miroir à la place du membre manquant. Les neurones miroirs se chargent de faire croire au cortex correspondant que le membre manquant bouge, lorsque la commande de mouvement est donnée aux deux membres. Ainsi, cela induit le rétablissement du schéma corporel et la réorganisation corticale « dans le bon sens », ce qui permet par la suite de réduire la douleur.

A noter que le principe est le même concernant la mise en place d'une prothèse provisoire le plus précocement possible après l'amputation : cela permet au cerveau d'avoir l'illusion

que les deux membres son présents, et évite la modification de la somatotopie corticale responsable de la douleur.

C) Paraplégie

Chez le patient blessé médullaire, il se produit également un mismatch entre la commande motrice et le feed-back sensoriel, à l'origine de douleurs neuropathiques. Ces douleurs sont présentes chez environ 65% des patients, et un tiers d'entre eux décrivent ces douleurs comme étant sévères. 10% de ces patients estiment que ce sont les douleurs et non pas la déficience sensitivomotrice qui les handicapent sur la plan professionnel et occupationnel (40).

Ces douleurs répondent parfois à des thérapeutiques médicamenteuses de type antiépileptiques, antidépresseurs ou opiacés, mais pas toujours. Moseley a prouvé sur un petit échantillon de patients paraplégiques (40) l'efficacité de l'illusion visuelle pour traiter les douleurs.

Les hypothèses évoquées par Moseley expliquant l'efficacité de l'illusion visuelle sur les douleurs sont toujours les mêmes :

- correction du mismatch entre l'efférence motrice et le feed-back sensoriel, et de cette façon réorganisation de la cartographie cérébrale du cortex somatosensitif primaire, d'après le principe du modèle cortical de la douleur ;
- effet distractif et de manipulation attentionnelle, modulant ainsi l'activation du cortex somesthésique primaire.

D) Atteintes du système nerveux central

Sathian et son équipe (50) ont étudié l'effet du miroir chez un patient atteint d'accident vasculaire cérébral ischémique de la capsule interne et du thalamus gauche, avec cliniquement des troubles sensitifs à tous les modes et une hémiparésie spastique, à droite. Le patient ne progressait plus en rééducation classique à 6 mois de l'accident. La thérapie

par miroir, utilisée en autorééducation pendant 3 mois, lui a permis, malgré l'absence d'amélioration sensitive analytique, de pouvoir doser de manière appropriée sa force pour saisir un objet, de pouvoir guider son mouvement avec une vision périphérique seule sans être obligé de regarder son membre, et enfin de se servir de son membre supérieur droit comme membre d'appoint. De même, le patient a obtenu une régression de la dystonie et des troubles de la coordination. Le patient a donc progressé sur le plan fonctionnel de manière significative, et ceci sans amélioration des troubles somatosensitifs. Sathian et son équipe soulignent d'ailleurs que les meilleurs « candidats » à la rééducation par miroir sont les patients atteints de troubles sensitifs, étant donné leur dépendance à l'afférence visuelle. Yavuzer et son équipe (58) ont étudié l'effet de la thérapie par miroir sur la récupération motrice du membre inférieur chez une quarantaine de patients hémiparétiques d'origine vasculaire. Ils ont mis en évidence des bénéfices à long terme sur la récupération motrice analytique, ainsi que sur la fonction motrice. Par contre, aucun effet n'a été mis en évidence sur le schéma de marche ou sur la spasticité, qui possèdent des mécanismes très complexes.

Yavuzer et son équipe (63) montrent également l'effet bénéfique de la rééducation par miroir dans la récupération motrice analytique et fonctionnelle, cette fois-ci de la main, sur le même type de population. Cet effet est également prolongé dans le temps, à savoir au moins 6 mois. Il n'y a pas non plus d'effet sur la spasticité dans cette étude.

Althschuler et son équipe (12) ont étudié le même type de population et sont arrivés aux mêmes conclusions.

L'explication de l'efficacité de la thérapie par miroir pour ces auteurs est la même que pour les autres pathologies, à savoir remplacer l'afférence sensitive manquante ou erronée par une afférence visuelle correcte, et induire ainsi une réorganisation corticale adéquate, grâce à la plasticité cérébrale. Ceci est possible grâce à la présence des fameux « neurones

miroirs », neurones bimodaux visuomoteurs, qui sont activés à la fois lors de l'observation et l'exécution de cette même action. Ainsi, même l'observation passive de l'action facilite l'excitabilité des neurones corticaux au niveau du cortex moteur primaire correspondant aux muscles utilisés dans cette action spécifique.

E) Traumatismes d'origine périphérique de la main (48) : deux cas de dysafférentation et un cas de déafférentation

Birgitta Rosen et Göran Lundborg, médecins suédois, ont étudié l'effet de la thérapie par miroir dans le cadre de traumatismes de la main.

Les deux premiers cas rapportaient un traumatisme par morsure de la main pour l'un et une rupture tendineuse sur terrain de polyarthrite rhumatoïde pour l'autre, tous deux en phase chronique (un an après l'incident), et en échec de rééducation classique. A noter que dans les deux cas étudiés il n'existait pas de lésion sensitive. Un programme par rééducation classique et par miroir a été proposé, avec un bon résultat analytique et fonctionnel. Le miroir a permis de rétablir un comportement moteur volontaire et coordonné (le cortex moteur ayant des connexions intimes avec le cortex pariétal et cérébelleux), et l'effet du miroir pour ces auteurs a été renforcé par le fait qu'il n'y avait pas de lésion sensitive à proprement parler.

Le troisième cas décrit était celui d'une lésion quasi-complète du nerf médian, suturée. Les séquelles étaient purement sensibles, sans lésion motrice associée. La rééducation par miroir associée à la rééducation classique a été ici menée dans un but différent des deux premiers cas, à savoir de réapprendre l'afférence sensorielle précocement, avant que les aires corticales somatosensitives adjacentes n'envahissent le cortex correspondant aux afférences sensibles manquantes. Le but était de préserver la cartographie corticale, pour qu'une fois la réinnervation effectuée, l'apprentissage soit plus aisé. Le résultat était effectivement positif sur la sensibilité à 12 semaines.

3.3. Place de la thérapie par miroir dans le programme d'imagerie motrice

Les effets de la thérapie par miroir ont été étudiés comme décrit ci-dessus dans de nombreuses pathologies avec une certaine efficacité. Les résultats sont néanmoins encore insuffisants, et Moseley propose un programme d'imagerie motrice pour optimiser l'efficacité de la thérapie par miroir.

3.3.1. Nécessité d'un programme hiérarchisé pour une activation séquentielle des réseaux corticaux moteurs

Dans le programme de Moseley (35), l'imagerie motrice mentale est composée de 3 phases de rééducation successives :

- *reconnaissance de latéralité de main* : différentes positions de main droite et gauche sont photographiées et présentées au patient, et ce dernier doit reconnaître la latéralité de la main visualisée ;
- *mouvements imaginés* : différentes postures de main, correspondant à la main atteinte, sont photographiées et présentées au patient, et ce dernier doit imaginer que sa propre main effectue le mouvement illustré ;
- *thérapie par miroir* : le patient doit effectuer des mouvements simples correspondant à 20 postures de main différentes, et ceci avec les 2 mains, en sachant qu'il ne voit que sa main saine bouger, ainsi que le reflet de sa main saine dans le miroir, qu'il considère comme sa main atteinte.

Chaque exercice s'effectue 3 fois par heure, tant que le patient est éveillé. Chaque phase dure 2 semaines.

Moseley (38) affirme que seul ce programme hiérarchisé d'imagerie motrice est efficace pour diminuer la douleur et améliorer la fonction dans le syndrome douloureux régional complexe, avec une séance de reconnaissance de latéralité de mains, *suivie* d'une séance d'imagerie mentale, *suivie* d'une séance de thérapie par miroir.

Si seule la séance de reconnaissance de latéralité de mains est utilisée, il existe une amélioration de la douleur et de la fonction, mais d'intensité modérée.

L'utilisation de mouvements imaginés est également efficace, mais seulement si elle suit une séance de reconnaissance de latéralité de mains.

Enfin, la thérapie par miroir est également efficace sur la douleur et la fonction, mais seulement si elle suit une séance d'imagerie mentale.

L'ordre des trois parties de l'imagerie motrice est important, ce qui laisse à penser que cette rééducation entraîne une *activation séquentielle des réseaux corticaux moteurs*.

En effet, la chronologie de ces trois étapes permet une cascade d'activation des réseaux corticaux, d'abord du cortex prémoteur et ensuite du cortex moteur, ce qui semble être efficace sur la diminution de la douleur et le retour de la fonction, tant chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe que chez les patients ayant des douleurs fantômes après amputation (35, 41). En effet, Parsons en 2001 affirmait déjà que la reconnaissance de latéralité de la main active le cortex prémoteur seul, et que l'imagerie mentale active à la fois le cortex prémoteur et le cortex moteur primaire.

Ces constatations sont confirmées par des études d'imagerie fonctionnelle avec l'utilisation du PET scan (38). Celles-ci montrent que lors de l'épreuve de reconnaissance de latéralité des mains, il existe une augmentation du flux vasculaire dans l'aire motrice supplémentaire, et dans le cortex prémoteur. Par contre, il n'a pas été mis en évidence d'augmentation du flux vasculaire dans le cortex moteur ou sensitif primaire.

Lors des mouvements imaginés, les études montrent une activation des cortex moteurs et sensitifs primaires.

Ceci explique pourquoi il est nécessaire d'utiliser un programme d'imagerie mentale hiérarchisé, avec un ordre précis de réalisation des trois étapes sus-nommées.

Concernant le traitement de la douleur dans le syndrome douloureux régional complexe et les douleurs fantômes (41), plusieurs auteurs concluent en affirmant que :

- la thérapie par miroir n'a pas plus d'effet bénéfique immédiat sur la douleur, par rapport à l'imagerie mentale seule ;
- un programme journalier de thérapie par miroir peut être efficace sur la douleur, surtout s'il s'intègre dans un programme d'imagerie mentale plus global.

Par ailleurs, il a été montré une augmentation de la douleur si on propose la thérapie par miroir seule, ou bien la pratique des mouvements imaginés seule.

En effet, il faut éviter une activation de l'aire motrice primaire sans l'activation du cortex prémoteur au préalable, car la commande motrice peut être suffisante pour déclencher la douleur d'après Melzack (35).

Dans le même sens, l'étude par Moseley d'une patiente atteinte de syndrome douloureux régional complexe (36) montrait une augmentation de la douleur (et de l'hypersudation) lors des mouvements imaginés, sans mise en évidence d'une quelconque activité dans les muscles du membre douloureux. Son hypothèse fut la suivante : l'attention portée sur le membre douloureux ou la préparation du mouvement de ce membre lors de la commande d'exécution de l'action activeraient des projections facilitatrices descendantes de la corne rostroventrale médullaire vers les neurones nociceptifs spinaux. Peut-être qu'un programme hiérarchisé, plus progressif, avec activation d'abord des neurones impliqués dans la préparation de l'action, puis des neurones en rapport avec l'exécution même du mouvement, serait plus prudente et éviterait la majoration de la douleur (38).

L'efficacité du programme d'imagerie motrice s'explique ici encore par la réversibilité de la réorganisation corticale grâce à la plasticité cérébrale (38). En effet, lors d'une amputation par exemple, ou chez un patient atteint de syndrome douloureux régional complexe, il existe une diminution de la taille du cortex représentant le membre malade et

un envahissement des territoires corticaux adjacents à la zone de(dys)afférentée. D'ailleurs, l'étendue de la réorganisation du cortex somatosensitif est proportionnelle à l'intensité de la douleur dans ces maladies. Le programme d'imagerie motrice, en réduisant la douleur, prouve la réversibilité de la réorganisation du cortex somesthésique primaire.

3.3.2. Partage des mêmes zones corticales lors des mouvements imaginés et réellement exécutés

Concernant l'imagerie mentale, quelques définitions sont proposées par Sjoerd de Vries et Theo Mulder (12) :

- *imagerie motrice* : processus cognitif visant à imaginer un mouvement d'une partie de son propre corps, sans réellement bouger cette partie du corps. Kosslyn et son équipe ont montré que l'imagerie visuelle et l'imagerie motrice dépendent de processus neuronaux distincts : en effet, lors d'épreuve de reconnaissance de latéralité de main où s'effectue une rotation mentale de main, ce sont les aires motrices qui sont activées, alors que la rotation mentale d'un cube en trois dimensions sollicite plutôt les aires visuelles ;
- l'imagerie motrice est à différencier de *l'imagerie du mouvement* : dans ce dernier cas, on imagine la direction du mouvement d'objets non corporels dans l'espace, comme par exemple la trajectoire d'une balle ;
- la perspective de l'imagerie motrice est importante. Elle peut être *interne ou kinesthésique*, à savoir qu'on imagine le mouvement de ses propres segments corporels, à la première personne, ou elle peut être *externe ou visuelle*, à savoir qu'on imagine le mouvement comme s'il était vu par quelqu'un d'autre, comme si on se regardait bouger, à la troisième personne.

Il a été prouvé que les mouvements *réels* et les mouvements *imaginés* activent les mêmes régions corticales (1, 7, 13, 10, 37), à savoir le cortex prémoteur, l'aire motrice

supplémentaire, le lobe pariétal inférieur, le gyrus cingulaire, les ganglions de la base et le cervelet (Decety et Grèzes).

Concernant l'activation du cortex moteur primaire lors des mouvements imaginés, les avis sont parfois contradictoires (12). Néanmoins, de récentes études utilisant la stimulation transcrânienne (7) ou l'IRM fonctionnelle (49) ont mis en évidence également une augmentation de l'activation du cortex moteur primaire pendant l'imagination de l'action, même si l'action en question n'est pas réellement effectuée. Cette activation du cortex moteur primaire lors des mouvements imaginés semble tout de même être inférieure à l'activation retrouvée dans l'exécution réelle du mouvement.

Une autre différence entre le mouvement réel et le mouvement imaginé réside en l'activation plus antérieure dans l'aire motrice supplémentaire lors du mouvement imaginé (24).

Porro et son équipe (45) montrent l'implication du cortex moteur primaire ipsilatéral et controlatéral dans les mouvements réalisés et imaginés, mais avec une activation du cortex moteur primaire ipsilatéral plus faible que celle du cortex moteur primaire controlatéral, et une activation du cortex moteur primaire controlatéral plus faible dans les mouvements imaginés que dans les mouvements réellement exécutés.

L'altération de l'efférence motrice en rapport avec la douleur suggère des changements dans l'excitabilité de la corne spinale et du cortex moteur primaire, et on a montré qu'il existait également un impact de la douleur anticipée qui provoque des perturbations du cortex moteur primaire à un niveau de planification motrice (37).

Aussi, les mêmes aires corticales que celles activées dans l'imagerie mentale sont activées dans *l'observation* d'actions, avec la même discussion concernant le cortex moteur primaire (12).

La première étape du programme d'imagerie motrice de Moseley est la reconnaissance de la latéralité de mains photographiées dans différentes postures. Etre capable de déterminer sur des photographies s'il s'agit d'une main droite ou d'une main gauche dans différentes positions fait appel à des représentations internes de ses propres segments de membre (25). Reconnaître la latéralité d'une main implique la rotation de sa propre main, et le temps nécessaire pour exécuter cette action est corrélé au temps mis pour mentalement imaginer l'exécution de ce même mouvement (d'après les travaux de Parson). Cette tâche active le cortex pariétal et le cortex prémoteur, régions corticales impliquées dans la représentation des actions manuelles, ainsi que dans l'exécution réelle du mouvement (53).

Les mouvements *réels* et les mouvements *imaginés* seraient en fait des mouvements *simulés*. C'est « l'hypothèse de la simulation » de Jeannerod (12). Il existe deux explications au fait que l'imagerie motrice est en fait une simulation de l'action réelle :

- d'une part, le temps mis pour réellement effectuer une action est similaire au temps mis pour imaginer le mouvement ;
- d'autre part, les études d'imagerie fonctionnelle montrent une activation des mêmes aires corticales pendant l'imagination et l'exécution réelle du même mouvement (avec les contradictions suscitées concernant l'activation ou non du cortex moteur primaire pendant l'imagerie motrice).

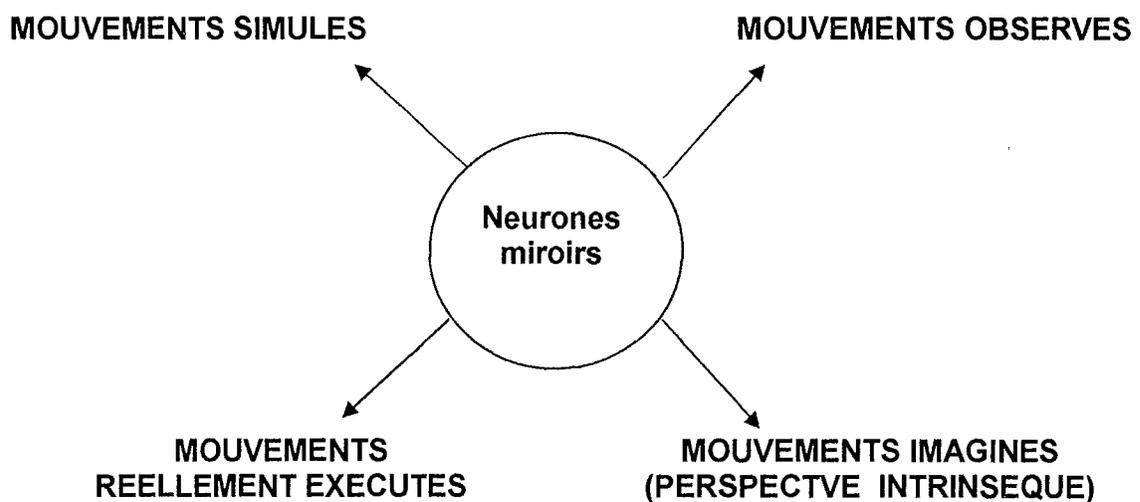
L'observation d'une action, de même que l'anticipation et l'imagination de cette action, impliquent donc la *simulation* de cette même action par l'observateur (9), ce qui augmente l'excitabilité corticospinale (prouvée par potentiels évoqués moteurs), et facilite ainsi le mouvement (10). La simulation mentale du mouvement représente en fait l'équivalent d'une petite contraction musculaire (7). De même, il a été prouvé en imagerie fonctionnelle que les aires motrices sont fonctionnellement plus actives lorsque les mouvements sont

réalisés après simulation mentale, par rapport à l'exécution seule du mouvement, sans simulation mentale préalable (21).

Decety et son équipe (7) font la différence entre la *simulation* mentale de l'action et la *préparation* mentale à l'action. En effet, sur un plan électrophysiologique au niveau du cortex moteur primaire, la simulation mentale est à rapprocher de l'action réellement exécutée, contrairement à la préparation à l'action qui possède un mécanisme différent. Dans la préparation d'action, l'efférence motrice excitatrice semble être bloquée par un mécanisme inhibiteur agissant au niveau corticospinal pour protéger les motoneurones d'un éventuel déclenchement prématuré de l'action (7, 49). Au total, la simulation mentale peut être définie comme l'intention de ne pas exécuter le mouvement, alors que la préparation de l'action serait l'intention d'exécuter le mouvement, qui serait transitoirement suspendue tant que l'ordre d'exécution n'est pas donné.

Les *neurones miroirs* sont impliqués dans l'imitation d'une action, ils codent pour le but d'une action et non pas pour les mouvements nécessaires pour y parvenir. Decety et son équipe (23) se demandent si la perspective, l'orientation du modèle à imiter interviennent dans l'activation de ces neurones miroirs, autrement dit si l'observation et l'imitation intrinsèque (comme si on se regardait soi-même agir) ou extrinsèque (comme si on regardait quelqu'un d'autre agir, ou soi-même agir dans un miroir) interviennent dans la réussite de l'atteinte du but. Ils se sont aperçu que l'imitation d'images intrinsèques était initiée plus rapidement que l'imitation d'images extrinsèques, donc plus il existe de similitudes visuo-spatiales entre l'imitateur et le modèle à imiter, plus la tâche est aisée. Donc la compatibilité entre le modèle et le mouvement à exécuter est un facteur d'amélioration de la performance motrice. Sur le plan imagistique, la différence entre l'observation et l'imitation d'une perspective intrinsèque et extrinsèque réside dans l'activation plus importante du cortex somatosensitif dans le premier cas. Ceci est en

rapport avec le fait que la perspective intrinsèque facilite l'intégration d'informations kinesthésiques, qui sont des informations à la fois sensibles et motrices. L'observation et l'imitation d'une perspective extrinsèque nécessite plus de transformations visuo-spatiales. Ceci implique en pratique que le réapprentissage de mouvements connus est plus efficace si on offre une perspective intrinsèque, alors que l'apprentissage de nouvelles tâches est plus efficient si on propose une perspective extrinsèque, puisque les transformations visuo-spatiales demandées entraînent une compréhension plus fine de la configuration spatiale de l'action.



Au total, les neurones miroirs sont impliqués dans deux situations (12) :

- dans l'accomplissement d'une action avec un but précis, et sont donc impliqués dans le comportement intentionnel, et la compréhension du comportement des autres ;
- dans l'apprentissage moteur.

3.3.3. Modulation attentionnelle de l'imagerie mentale dans le traitement du phénomène d'exclusion

Moseley suggère que l'activation corticale hiérarchisée produite par le programme d'imagerie motrice oblige les patients à consciemment focaliser leur attention sur le

membre malade, afin de contrecarrer la sous-utilisation apprise du membre (« learned disuse ») et de diminuer ainsi les symptômes de l'exclusion (35, 59).

3.3.4. « Aptitude » à imaginer

Un critère d'amélioration de la performance motrice est le fait d'être de « bons imageurs » ou de « mauvais imageurs ». Il semblerait que l'apprentissage moteur nécessite moins d'essais chez les « bons imageurs » que chez les « mauvais imageurs » d'après les études de Goss (22). A noter que, d'après Sirigu (56), les patients ayant une lésion du lobe pariétal gauche présentent plus de difficultés à être de « bons imageurs ».

Pour mesurer l'aptitude d'un malade à être un bon imageur ou un mauvais imageur, deux questionnaires sont validés en langue anglaise : le MIQ (Motor Imagery Questionnaire), et le VMIQ (Vividness of Movement Imagery Questionnaire) (12).

En conclusion, il existe 2 théories expliquant l'amélioration de la performance motrice par l'imagerie motrice :

- celle de Decety et Grèzes, neurologique : l'observation d'actions entraîne l'activation corticale à proprement parler, grâce notamment aux neurones miroirs.
- celle de Mataric et Pomplun, et également de Moseley, comportementale : l'intention d'action met en jeu des processus attentionnels, à l'origine de la facilitation du mouvement.

3.3.5. Etudes concernant l'imagerie motrice chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe

Chez le patient atteint de syndrome douloureux régional complexe, l'effet positif de l'imagerie mentale est significatif concernant la douleur et l'hypersudation, pendant au moins 6 semaines. Après 6 semaines de thérapie par imagerie mentale, 50% des patients étudiés ne présentent plus les critères cliniques du syndrome douloureux régional complexe (35).

Moseley (35) montre que ce sont les premières étapes de l'imagerie motrice qui entraînent une baisse de la douleur et de l'hypersudation chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe de manière significative, or ils n'impliquent ni des mouvements explicites du membre atteint, ni de feed-back visuel. Ceci conforte l'idée de la nécessité d'une activation hiérarchisée des réseaux neuronaux.

Les études de Parsons et Sirigu chez le patient atteint de syndrome douloureux régional complexe (53) concluent au fait que les mouvements réels et les mouvements simulés dépendent du schéma corporel.

Schwoebel montre, chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe, qu'ils mettent plus de temps à reconnaître la latéralité d'une main correspondant à leur main atteinte, ce qui pourrait être dû au fait que les afférences nociceptives perturbent le schéma corporel interne. Il y a une corrélation entre la durée de la maladie et le délai de réponse d'après Moseley (35), et ceci conforterait la théorie de la perturbation du schéma corporel. Les mêmes conclusions ont été extraites du travail de Flor et son équipe en 1995 et 1997 sur les lombalgies chroniques et sur les douleurs fantômes. Toutefois, on s'aperçoit qu'il existe un lien significatif entre la posture de la main présentée en image et le délai de réponse, lien en rapport avec l'anticipation de l'intensité de la douleur que le patient ressentirait s'il adoptait cette posture. Ceci impliquerait des mécanismes plus haut situés et plus complexes que seules l'intention motrice ou la planification motrice.

3.3.6. Etudes concernant l'imagerie motrice chez les patients atteints d'accident vasculaire cérébral

Page et son équipe (12) ont étudié l'effet de l'imagerie motrice chez des patients atteints de déficit moteur d'origine centrale, après un accident vasculaire cérébral, que ce soit en phase précoce (2 à 11 mois après l'accident vasculaire), ou en phase tardive avec des déficits moteurs stables, n'évoluant plus en rééducation classique (plus d'un an après

l'accident vasculaire). Dans les deux cas, il a été montré la supériorité de l'association imagerie motrice + rééducation classique sur l'amélioration de la fonction motrice et l'utilisation journalière du membre, par rapport à la rééducation classique seule. Il s'agissait ici d'imagerie motrice en perspective interne kinesthésique.

Liu et son équipe ont étudié l'effet de l'imagerie visuelle en perspective externe sur ce type de patients. Ils ont montré un effet significatif sur l'amélioration de la participation dans les activités de la vie journalière chez les patients ayant été soumis à ce type d'imagerie mentale par rapport aux patients ayant été soumis à de la rééducation classique par kinésithérapie. Mais il n'a pas été montré d'effet sur la performance motrice.

L'imagerie motrice en perspective externe serait donc surtout utile dans le réapprentissage des aspects cognitifs et de planification de l'action, ainsi que dans l'apprentissage de nouvelles tâches, alors que l'imagerie motrice en perspective interne permettrait de retrouver des aptitudes motrices plus basiques (12). Par conséquent, ces deux types d'imagerie mentale sont à choisir en fonction du but de la rééducation, avec la nécessité de conserver à l'identique la modalité d'imagerie et la modalité sensorielle dominante de la tâche à réaliser.

PARTIE 2 :
ETUDE DESCRIPTIVE ET
INTERVENTIONNELLE

1 - Objectif de l'étude

L'objectif de notre étude est double :

- approfondir l'analyse sémiologique du phénomène d'exclusion segmentaire du membre supérieur chez l'adulte, et en particulier les troubles du schéma corporel
- étudier l'effet des thérapies, et notamment par miroir, sur l'évolution de ce phénomène.

Nous étudierons en particulier l'effet de celles-ci sur la douleur, les perceptions corporelles et la performance motrice.

2 - Matériel et méthodes

2.1. Population

Critères d'inclusion :

Les patients inclus dans notre étude présentent un phénomène d'exclusion du membre supérieur, d'origine variable, recrutés par les cliniciens de l'Institut Régional de Réadaptation (centre de médecine physique et réadaptation Louis Pierquin à Nancy, et service de médecine physique et réadaptation dédié au service de chirurgie plastique et reconstructrice de l'appareil locomoteur à l'hôpital Jeanne d'Arc à Toul), sur une période d'un an (de septembre 2008 à septembre 2009).

L'inclusion des patients est faite par un médecin indépendant du médecin effectuant l'évaluation. L'évaluation se fait par le même médecin aux différents temps de l'étude et pour tous les patients.

Les patients doivent être stables sur le plan fonctionnel, en phase chronique, c'est-à-dire à plus de 3 mois du traumatisme initial, ne progressant plus en rééducation classique bien conduite, à savoir :

- traitement antalgique : médicamenteux, physiothérapie, stimulation électrique transcutanée

- kinésithérapie : mobilisation passive et active du segment de membre atteint, travail de l'endurance.

Les patients atteints d'exclusion sont douloureux ou non douloureux.

Les patients recrutés doivent adhérer au protocole de rééducation, et aux contraintes organisationnelles imposées par les séances de rééducation. Un « contrat » leur a été proposé en début de prise en charge, qu'ils ont accepté.

Critères d'exclusion :

Les patients atteints de pathologies neurologiques centrales, ainsi que ceux atteints de pathologies psychiatriques avérées, sont exclus du protocole.

2.2. Bilan d'évaluation

Données biographiques

- âge, sexe, profession et latéralité
- antécédents
- contexte psychosocial : antécédents anxiodépressifs, notion de conflit professionnel, anxiété en rapport avec le handicap ou au contraire recherche de bénéfices secondaires.

Histoire de l'affection

- date et type d'événement initial
- date du phénomène d'exclusion
- prise en charge de la douleur : type (médicamenteux ou non médicamenteux), délai d'instauration
- histoire de la rééducation initiale, avant l'instauration de ce protocole : type (physiothérapie antalgique, TENS, désensibilisation, kinésithérapie à visée articulaire et musculaire, pas de rééducation du tout...), rythme (nombre de fois par semaine et par jour), durée (en semaines), délai d'instauration par rapport à l'événement initial (précoce, tardif...), structure de soins (centre de rééducation, libéral).

Evaluation de la douleur et des troubles du schéma corporel : *douleur*

- présence ou non
- type
 - spontanée / provoquée
 - continue / discontinue
 - par excès de nociception / neuropathique
- échelle et score d'évaluation :
 - échelle numérique : de 0 (pas de douleur) à 10 (douleur la plus intolérable possible).
 - autoquestionnaire douleur Saint-Antoine (annexe 4).

étude du schéma corporel :

- anosognosie : refus du patient d'admettre le trouble ; agnosie digitale
- nécessité de se concentrer pour faire bouger volontairement le membre
- sentiment d'étrangeté du membre, comme s'il ne faisait plus partie du corps
- alloesthésie : perception d'une stimulation appliquée sur un segment, au niveau controlatéral et symétrique
- désorientation droite-gauche
- autotopoagnosie : difficultés à reconnaître les différentes parties de son corps et de celui de l'examineur
- asymbolie de la douleur : absence de réaction à la stimulation douloureuse, ou réponse inhabituelle.

Examen clinique*examen général et présentation du malade*

Par exemple : attitude de main à la poche, index en extension, ...

examen trophique :

- froideur
- cyanose
- hypersudation
- œdème

examen articulaire : mesure des amplitudes articulaires selon la cotation internationale

- doigts longs
 - o flexion par enroulement global, avec mesure de l'écart pulpo-palmar (EPP)
 - o extension
- pouce
 - o opposition avec score de Kapandji
- poignet
 - o flexion/extension
 - o pronosupination
- coude
 - o flexion/extension
 - o pronosupination
- épaule
 - o flexion, extension, abduction, rotation externe et rotation interne

examen sensitif

- anomalies de la sensibilité superficielle, par le test aux monofilaments de Semmes et Weinstein
- seuil de discrimination tactile, par le test de discrimination de Weber
- présence d'extinction sensitive, définie par une absence de sensation lors de la stimulation simultanée de segments de membre homologues
- présence de distorsions sensitives. Par exemple : sensation de porter des gants, présence d'objet glacé, de fourmillements, de bouts de verre, ...

Bilan fonctionnel

questionnaire DASH (Disability of the Arm-Shoulder-Hand) : questionnaire d'évaluation subjective de la capacité fonctionnelle globale des deux membres supérieurs (annexe 5)

bilan de dextérité:

- Box & Blocks : évaluation de la dextérité grossière (annexe 8)
- Purdue : évaluation de la dextérité fine (annexe 7)
- Bilan 400 points : composé de 4 épreuves évaluant successivement la mobilité de la main, la force de préhension, la prise monomanuelle et déplacement d'objet, et la fonction bimanuelle (annexe 9)

Retentissement émotionnel

Evaluation de l'anxiété et de la dépression par le *questionnaire HADS* (Hospital Anxiety and Depression Scale) (annexe 6).

2.3. Protocole*2.3.1. Protocole de rééducation*2.3.1.1. Protocole conventionnel

Nous proposons aux patients 3 semaines de rééducation intensive en centre, avec différentes techniques :

- *Techniques de physiothérapie antalgique*

Massages, ultrasons, bains écossais, cryothérapie, stimulation vibratoire transcutanée, réalisés par le kinésithérapeute : 30 minutes par jour.

- *Techniques de mobilisation*

Mobilisation passive et active, effectuée par le kinésithérapeute : 2 fois 10 à 15 minutes par jour.

- *Techniques de réintégration psychomotrice*

Celles-ci sont effectuées par l'ergothérapeute, qui propose :

- M.U.L.E. (motor upper limb exerciser distribué par Biometrics®) : 10 minutes 2 fois par jour. Cette activité est choisie pour son effet distracteur (le patient se concentre sur un jeu) qui favorise le geste spontané. De plus, la mise en place d'afférences auditives est facilement réalisable avec un contacteur : il émet un son lorsqu'il n'y a pas de contact avec la poignée et compte le nombre de secondes où le patient n'appuie pas assez fort sur la cellule.

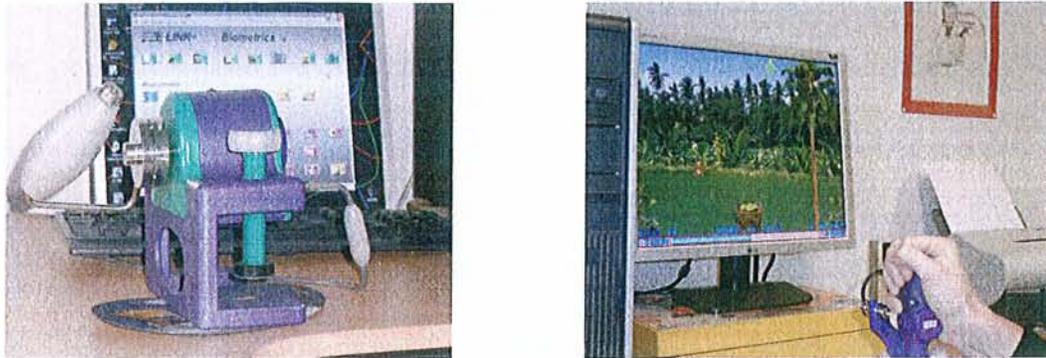


Figure 6 : M.U.L.E.

Une poignée de type oblongue est utilisée la première séance, une poignée de type Jamar est utilisée à partir de la deuxième semaine. La progression s'effectue en augmentant la résistance : 30% de la force de préhension maximum la première semaine, 40% la deuxième semaine et 50% la dernière semaine.

- Macramé : 2 fois 15 minutes par jour. Cette activité s'effectuera sur un plateau, ou il faudra faire et défaire des nœuds plats. Ensuite, les patients effectueront cette activité devant un miroir, ou ils regarderont simplement le reflet de leurs mains dans le miroir. L'afférence sera ici visuelle.

- Menuiserie : 20 minutes par jour. Tournage avec une poignée circulaire sur une tour à métaux avec du bois. Cette activité se réalisera avec un moniteur qui fera prendre conscience au patient de son exclusion, par une afférence à la fois auditive et visuelle (conscience du résultat avec correction en situation, jeu d'essais – erreurs...)

- Boîte à boulons : 10 minutes 3 fois par jour. Il s'agit de visser et dévisser des boulons, ce qui nécessite l'utilisation en force de la main.

- Désensibilisation, si nécessaire. Les patients en bénéficiant seront ceux présentant une hyperesthésie ou une allodynie.

Les séances de désensibilisation durent 10 minutes, et s'effectuent 4 fois par jour. Elle se fait par des bâtonnets recouverts de différentes matières, et de bacs à particules. Le patient classera les bâtonnets et les particules du moins irritant au plus irritant. Il commencera

avec un bac ou un bâtonnet désagréable mais non douloureux. Il passera au niveau supérieur lorsque la sensation sera redevenue normale.

2.3.1.2. Protocole par miroir

Il s'agit d'un protocole présentant les 4 étapes suivantes :

-1^{ère} étape : 2 minutes

Visualisation des deux mains placées devant soi de manière symétrique.

-2^{ème} étape : 2 minutes

Visualisation du reflet de la main saine dans le miroir, main lésée cachée par le miroir.

-3^{ème} étape : 3 à 5 minutes

Visualisation de la main saine dans le miroir avec mouvements des doigts ; le même mouvement est réalisé avec la main lésée cachée derrière le miroir.

Les mouvements doivent être réalisés sans douleur.

-4^{ème} étape : 3 à 5 minutes

Visualisation de la main saine dans le miroir avec manipulation d'objets.

En semaine : la rééducation s'effectue en centre de médecine physique et réadaptation, de manière biquotidienne, avec kinésithérapie, ergothérapie et miroir.

Le Week-End : le patient effectue une autorééducation à domicile, avec pratique d'automobilisations tout au long de la journée, réalisation d'activités nécessitant une coordination bimanuelle, et séances de réafférentation par miroir de manière biquotidienne. Pour cela, une fiche explicative a été donnée au patient (annexe), de même qu'un miroir portable constitué par la boîte noire (annexe).

Après les 3 semaines de prise en charge en centre de médecine physique et réadaptation, les patients sortent à domicile. On les invite pendant cette période à poursuivre l'autorééducation avec réafférentation par miroir, selon le programme proposé pour le Week-End.

2.3.2. Protocole d'évaluation

2.3.2.1. Evaluation clinique et fonctionnelle

Une évaluation par le bilan décrit au paragraphe 2.2 est réalisée *initialement*, puis à **3 semaines** de la prise en charge au centre, puis à **3 mois**.

Représentation du programme de rééducation

1 ^{ère} semaine		2 ^{ème} semaine		3 ^{ème} semaine		De 3 ^{ème} semaine au 3 ^{ème} mois
1 et 2	2 et 3	1 et 2	2 et 3	1 et 2	2 et 3	2 et 3
CENTRE						DOMICILE

1 : conventionnel avec kinésithérapie et ergothérapie

2 : miroir

3 : autorééducation

Semaine	Week-end	Semaine et week-end
---------	----------	---------------------

2.3.2.2 Evaluation de l'observance

Afin d'évaluer l'observance des patients à l'autorééducation pendant les WE et dans l'intervalle écoulé entre la fin de la troisième semaine de prise en charge et le bilan du troisième mois, nous avons créé l'autoquestionnaire suivant :

QUESTIONNAIRE D'OBSERVANCE

1/Avez-vous effectué votre autorééducation ?

- Combien de jours par semaine ?
- Combien de temps par jour ?
- Quel type ? automobilisations / miroir

2/Quelles ont été vos activités journalières pendant cette période ?

- Type ?
- Nombre d'heures par jour ?

3/Avez-vous repris vos activités professionnelles ?

- oui
- non

3 - Résultats

3.1. Description de la population

3.1.1. Situation sociale et professionnelle

Nous avons étudié 3 hommes et 4 femmes, âgés de 22 à 54 ans (tableau I).

Il y a 6 travailleurs manuels sur 7.

1 patiente est en maladie professionnelle (cas 4).

1 patiente a été victime d'accident de travail (cas 5).

Tous les patients sont en arrêt de travail lors du bilan initial.

Après la prise en charge avec notre protocole, 3 patients ont repris le travail (cas 1, 2 et 3).

Tableau I : Habitus

	Age (ans)	Sexe	Profession	Situation administrative
Cas 1	22	M	Peintre en bâtiment	AM
Cas 2	49	F	Auxiliaire de vie	AM
Cas 3	22	M	Agent de circulation dans l'armée	AM
Cas 4	54	F	Ouvrière en confection	MP
Cas 5	37	F	Secrétaire	AT/AM
Cas 6	53	F	Secrétaire	AM
Cas 7	37	M	Ouvrier espaces verts	AM

M : masculin ; F : féminin ; AM : arrêt maladie ; MP : maladie professionnelle ; AT : accident de travail

3.1.2. Antécédents

Les patients étudiés n'ont pas d'antécédents médico-chirurgicaux particuliers. Néanmoins, sur le plan thymique, 2 patients sur 7 (cas 2 et 5) présentaient des antécédents de dépression, diagnostiquée et traitée avant l'installation de l'exclusion.

3.1.3. Situation lésionnelle et histoire de l'affection

L'exclusion touche le pouce pour 2 patients, l'index pour 2 patients, toute la main pour 3 patients. Les caractéristiques de l'exclusion sont résumées dans le tableau II.

Tableau II : Histoire de l'exclusion

	Lésion initiale	Traitement	Lésion côté dominant	Délai du diagnostic d'exclusion par rapport à la lésion initiale	Niveau de l'exclusion
Cas 1	Section tendineuse	Chirurgie (pull-out) immédiate	non	3 mois	pouce
Cas 2	panaris	Chirurgie après 10 semaines	oui	4 mois	index
Cas 3	Section tendineuse	Chirurgie (suture) immédiate	oui	3 mois	index
Cas 4	Tendinite de De Quervain	Orthèse, puis chirurgie (2) à 4 et 15 mois	non	12 mois	pouce
Cas 5	Plaie isolée de l'éminence hypothénar	Suture immédiate	oui	8 mois	main
Cas 6	Epirochléite	Orthèses (2), puis chirurgie à 4 mois, puis immobilisation 3 semaines	oui	15 mois	main
Cas 7	Entorse pouce et poignet	Immobilisation Immédiate	oui	3 mois	main

3.1.4. Prise en charge thérapeutique

La prise en charge rééducative post-lésionnelle chez la plupart des patients consiste dans des techniques de mobilisation et physiothérapie antalgique, réalisées par un kinésithérapeute libéral, à un rythme le plus souvent hebdomadaire. Le détail de cette prise en charge est présenté dans le tableau III.

Tableau III : Rééducation initiale

	Délai	Méthode	Moyens	Volume	Technique
Cas 1	6 jours	L	K	1/ jour	MP/MA
Cas 2	1 mois	L + C	K + E	1/semaine (L) 2/jour (C)	MP/MA/P/A
Cas 3	5 jours	C	K	2/jour	MP/MA
Cas 4	Quelques semaines	L	K	épisodique	MP/MA/P/A
Cas 5	Quelques jours	L	K	épisodique	MP/MA/P
Cas 6	Quelques semaines	L	K	épisodique	MP/MA/P/A
Cas 7	Immédiat	L	K	2/semaine	A/MP/MA

L : libéral ; C : centre ; K : kinésithérapie ; E : ergothérapie ; MP : mobilisation passive ; MA : mobilisation active ; P : physiothérapie ; A : appareillage

3.2. Evaluation

3.2.1. Douleurs et troubles du schéma corporel

Douleur

Précisons que l'évaluation de la douleur s'effectue sous traitement antalgique, détaillé

dans le tableau 4. Les douleurs présentées par les patients lors de nos bilans successifs sont donc les douleurs résiduelles sous traitement antalgique.

Le traitement de la douleur associé au programme de réafférentation par miroir est divers, comprenant des antalgiques per os visant les douleurs par excès de nociception, selon les 3 paliers de l'OMS, ou les douleurs neuropathiques. Deux patients (cas 3 et 5) ont bénéficié d'analgésie continue par cathéter péri-nerveux, une patiente (cas 2) a bénéficié d'un traitement antalgique local. Enfin, la stimulation électrique trans-cutanée (TENS) a concerné 2 patients (cas 2 et 5).

Tableau IV : Traitement antalgique reçu lors du programme de réafférentation par miroir

	Pallier 1	Pallier 2	Pallier 3	Neurotrophe	Cathéter périnerveux	TENS	Local
Cas 1	x						
Cas 2	x	x				x	x
Cas 3					x		
Cas 4	x			x			
Cas 5	x		x	x	x	x	
Cas 6	x	x		x			
Cas 7	x						

Initialement :

On constate que sur les 7 patients étudiés, 3 sont spontanément douloureux (cas 4,5 et 6), et 3 (cas 2, 4 et 5) présentent des douleurs provoquées.

Au total, 4 patients sur 7 sont douloureux (cas 2, 4, 5 et 6), quel que soit le mode.

2 patients (cas 4 et 5) ont à la fois des douleurs spontanées et provoquées, 1 patient a des douleurs provoquées mais non spontanées (cas 2), et 1 patient a des douleurs spontanées mais non provoquées (cas 6).

Parmi les 4 patients douloureux, 3 (cas 2, 4 et 5) présentent des douleurs de type neuropathique et 1 présente des douleurs par excès de nociception (cas 6). Les caractéristiques de la douleur sont présentées par le tableau 5.

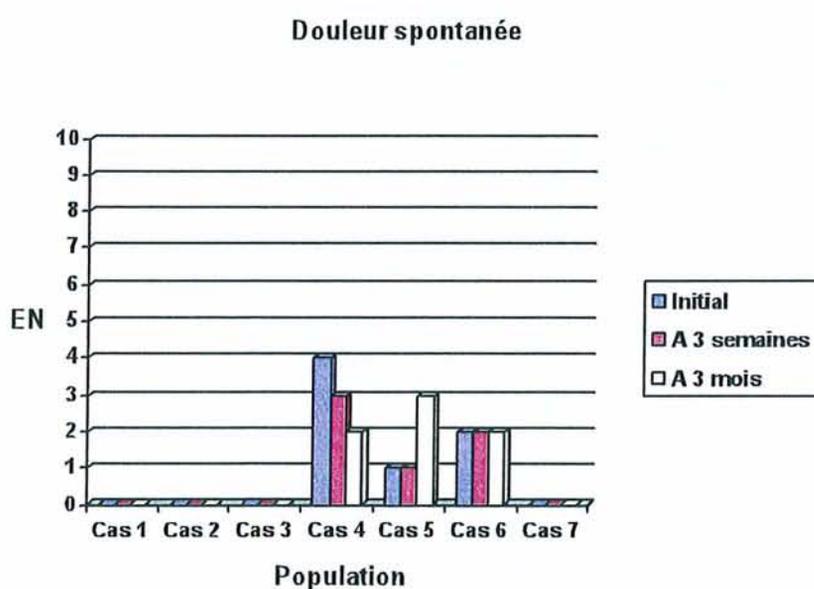
Tableau V : Caractéristiques de la douleur

	T1	T2	T3
Cas 1	Non douloureux	Non douloureux	Non douloureux
Cas 2	Froid douloureux et décharges électriques au toucher	Décharges électriques au toucher	Décharges électriques au toucher
Cas 3	Non douloureux	Non douloureux	Non douloureux
Cas 4	Décharges électriques et sensation « d'aiguilles enfoncées » paroxystiques, spontanément et au toucher	idem	idem
Cas 5	Brûlures, fourmillements et sensation de broiement, spontanément, au toucher et à la mobilisation	idem	idem
Cas 6	Excès de nociception, spontanée	idem	idem
Cas 7	Non douloureux	Non douloureux	Non douloureux

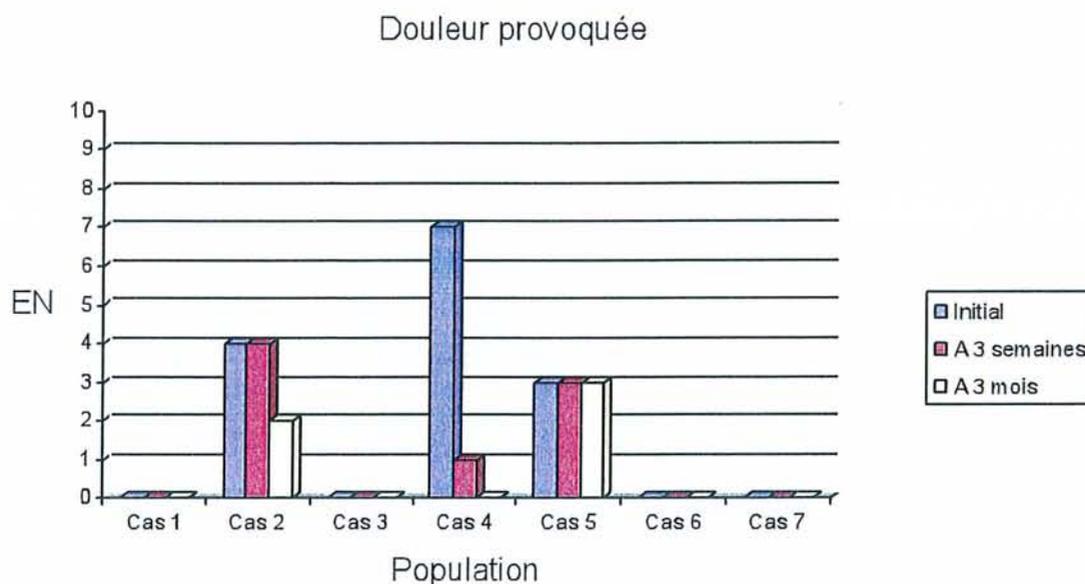
Evolution :

L'intensité initiale de la douleur sur l'échelle numérique (EN), ainsi que l'évolution de celle-ci chez tous les patients étudiés sont résumées sur les histogrammes 1 et 2.

Globalement, sur les 4 patients douloureux, seulement 2 voient leur douleur diminuer au décours de la prise en charge (cas 2 et 4), la patiente 5 voit sa douleur spontanée augmenter (de 1 à 3 sur l'EN) alors que sa douleur provoquée reste stable, et la patiente 6 voit sa douleur spontanée rester identique.



Histogramme 1 : Evolution de la douleur spontanée des 7 patients



Histogramme 2 : Evolution de la douleur provoquée des 7 patients

Sur le plan instrumental, les scores du questionnaire Saint-Antoine sont résumés dans le tableau VI. On constate que pour les patients douloureux, les scores sensoriels sont élevés lorsqu'il existe une composante neuropathique (patients 2, 4, et 5). De même, le ressenti douloureux est source d'affects négatifs, comme en témoignent les scores affectifs élevés. On constate que tout au long de la prise en charge, les caractéristiques de la douleur restent globalement identiques, avec des scores variant peu.

Tableau VI : Questionnaire Douleur Saint-Antoine, score en sensoriel (S) et affectif (A)

	T1	T2	T3
Cas 1	non douloureux	non douloureux	non douloureux
Cas 2	24 S et 23 A	22 S et 19 A	24 S et 18 A
Cas 3	non douloureux	non douloureux	non douloureux
Cas 4	32 S et 41 A	17 S et 22 A	18 S et 21 A
Cas 5	86 S et 53 A	50 S et 86 A	75 S et 71 A
Cas 6	9 S et 31 A	8 S et 33 A	9 S et 34 A
Cas 7	non douloureux	non douloureux	non douloureux

Troubles du schéma corporel

Initialement :

Le phénomène d'*anosognosie* du trouble est retrouvé dans un seul cas, chez la patiente 5.

L'autotopoagnosie est retrouvée chez la patiente 2.

La désorientation droite-gauche est retrouvée chez 2 patientes, la 5 et la 6.

L'alloesthésie et *l'asymbolie de la douleur* sont des phénomènes absents chez tous les patients.

Le sentiment d'étrangeté du membre au bilan initial concerne 2 patientes : la 2 et la 5.

Enfin, *la nécessité de se concentrer* pour faire bouger le segment de membre exclu concerne tous les patients lors du bilan initial.

Evolution :

L'anosognosie de la patiente 5 a complètement disparu lors du bilan à 3 semaines et 3 mois.

L'autotopoagnosie de la patiente 2 a disparu lors du bilan des 3 semaines et 3 mois.

La désorientation droite - gauche a disparu chez la patiente 5, mais pas chez la patiente 6, où elle persistait lors des différents bilans successifs.

Le sentiment d'étrangeté du membre a disparu chez la patiente 5 au bilan des 3 semaines et 3 mois, contrairement de la patiente 2 où on a constaté une persistance de celui-ci lors des différents bilans de suivi.

Enfin, *la nécessité de se concentrer* pour faire bouger le segment de membre exclu a disparu chez la plupart des patients, excepté le cas 2 et 6 (voir tableau VII).

Tableau VII : évolution de la nécessité de concentration pour mobiliser le membre exclu

	Bilan initial	Bilan à 3 semaines	Bilan à 3 mois
Cas 1	Oui	Non	Non
Cas 2	Oui	Oui	Oui
Cas 3	Oui	Moins	Moins
Cas 4	Oui	Moins	Non
Cas 5	Oui	Non	Non
Cas 6	Oui	Oui	Oui
Cas 7	Oui	Non	Non

D'un point de vue qualitatif, nous avons relevé quelques phrases exprimées par certains patients, caractéristiques de troubles du schéma corporel.

Cas 2 :

Cette patiente avait la sensation tout au long de la prise en charge d'avoir un doigt « énorme, gonflé, ayant changé de forme », contrastant avec l'examen clinique qui ne rapportait qu'un œdème modéré.

Lors du bilan initial, avant la prise en charge par notre protocole, elle affirmait : « J'ai l'impression de n'avoir que 4 doigts. J'ai l'impression que mon doigt est mort. »

Au terme des 3 semaines, on constatait une amélioration partielle de la symptomatologie, avec baisse de la sensation de mort du doigt. Elle ne ressentait plus la sensation de n'avoir que 4 doigts, elle disait avoir « 4 doigts et demi ».

Cas 5 :

Au terme des 3 semaines de prise en charge, on a constaté une baisse de l'anosognosie, la patiente disant : « Je me rends compte maintenant qu'avant j'excluais mon bras ».

3.2.2. Examen clinique

Présentation générale

Initialement :

La présentation générale du patient est typique dans 4 cas. En effet, les patients atteints d'exclusion de l'index (cas 2 et 3) se présentent avec celui-ci en extension permanente. La patiente 5 se présente avec une attitude de protection du membre supérieur, où tous les

doigts sont repliés dans la main spontanément, l'avant-bras est en pronation et l'épaule en rotation interne.

Enfin, la patiente 6 présente une discrète attitude en pronation de la main.

Evolution :

Les patients 3 et 6 voient leur attitude vicieuse se corriger progressivement, contrairement aux patients 2 et 5.

Examen cutané-trophique

Initialement :

5 patients sur 7 présentent des anomalies, avec présence d'au moins un élément sur les 4 étudiés (froideur, cyanose, hypersudation ou œdème). A noter que 4 patients sur 7 (cas 1, 2, 5 et 7) présentent un œdème de leur segment de membre exclu, élément théoriquement absent dans l'exclusion pure.

Evolution :

Celle - ci a été favorable, avec diminution de la froideur, de la cyanose, de l'hypersudation et/ou de l'œdème pour 4 patients sur les 5 présentant des troubles cutané-trophiques initialement. Nous n'avons pas constaté leur réapparition à l'examen des 3 mois.

Concernant 1 patiente, le cas 5, l'œdème présent initialement persiste à l'examen des 3 semaines et des 3 mois. Les 3 autres dimensions (froideur, cyanose et hypersudation) ont évolué de manière favorable.

Examen orthopédique

Initialement :

Chez tous les patients, on retrouvait une limitation des amplitudes articulaires, tant en actif qu'en passif.

Evolution :

Celle-ci a également été favorable tout au long de la prise en charge, avec une amélioration analytique chez tous les patients.

Qualitativement, le mouvement actif est de réalisation plus aisée chez tous les patients, avec baisse des cocontractions et des tremblements après les 3 semaines de prise en charge, et une meilleure dissociation des mouvements des doigts.

De même, tous les patients décrivent une « facilitation du mouvement sous miroir », et tous emploient ces mêmes termes. La patiente 2 ne s'en passe plus et s'en sert plusieurs fois par jour, estimant « ne se sentir bien que lorsqu'elle utilise le miroir ». Elle demande d'ailleurs à pouvoir conserver la boîte.

Examen sensitif

Initialement :

Aucun patient ne présente d'anomalie, tant au test aux monofilaments qu'au test de discrimination de Weber.

L'extinction sensitive touche 1 patient (cas 5).

Trois patients (cas 2, 5 et 7) présentent des distorsions sensitives.

La patiente 2 ressent une sensation de froideur de la phalange distale de l'index exclu, «comme si elle sortait du congélateur».

La patiente 5 ressent « des vers grouillant dans la main ».

Enfin le patient 7 parle d'une sensation « de main dans les orties ».

Evolution :

On note la disparition de l'extinction sensitive chez la patiente 5 au bilan des 3 semaines et 3 mois.

Les distorsions sensitives ont disparu chez les patients 5 et 7 au bilan des 3 semaines et 3 mois, contrairement à la patiente 2 qui continuait à ressentir son doigt « gelé ».

3.2.3. Signes fonctionnels

Questionnaire DASH

Le tableau VIII résume les scores aux différents temps de l'étude, ils se sont tous globalement améliorés au fur et à mesure de la prise en charge.

Tableau VIII : questionnaire DASH pour les activités de la vie journalière (en %)

	T1	T2	T3
Cas 1	67,5	35	32
Cas 2	41	40,8	25
Cas 3	53	41	39
Cas 4	46,7	41	36
Cas 5	74	62,5	52,5
Cas 6	67,5	50	48,5
Cas 7	65	47	41

Bilans de dextérité

Les différents scores sont résumés dans les tableaux IX (pour le test de Purdue), X (pour le Box and Blocks) et XI (pour le bilan 400 points).

Globalement, les scores à ces différents tests sont perturbés lors du bilan initial, et se sont améliorés tout au long de la prise en charge chez tous les patients, excepté chez la patiente 2.

Tableau IX : Purdue

	T1	T2	T3
Cas 1	5/5/4/4* 18/40**	6/4/5/6 21/40	7/5/6/6 24/40
Cas 2	0/4/2/2 8/40	0/2/0/2 4/40	0/2/0/2 4/40
Cas 3	0/5/0/2 7/40	0/7/0/3 10/40	0/6/4/3 13/40
Cas 4	1/0/0/0 1/40	1/0/0/1 2/40	1/0/0/1 2/40
Cas 5	0/0/0/0 0/40	0/2/0/1 3/40	0/2/0/1 3/40
Cas 6	1/2/0/2 5/40	1/2/2/3 8/40	1/1/2/3 7/40
Cas 7	1/3/2/3 9/40	1/4/4/3 12/40	2/4/5/3 14/40

*Note sur 10 aux différentes épreuves

Epreuve 1(main droite) / épreuve 2 (main gauche) / épreuve 3 (deux mains simultanément)
/ épreuve 4 (épreuve d'assemblage)

**Note totale

Tableau X : Box and Blocks

Nombre de cubes déplacés d'une boîte à l'autre en une minute

	T1	T2	T3
Cas 1	MD : 73 MA : 61	MD : 93 MA : 63	MD : 95 MA : 64
Cas 2	MD : 50 MA : 67	MD : 53 MA : 64	MD : 55 MA : 60
Cas 3	MD : 51 MA : 62	MD : 60 MA : 69	MD : 69 MA : 66
Cas 4	MD : 61 MA : 55	MD : 66 MA : 58	MD : 63 MA : 60
Cas 5	MD : 32 MA : 61	MD : 37 MA : 65	MD : 38 MA : 64
Cas 6	MD : 45 MA : 52	MD : 48 MA : 57	MD : 50 MA : 56
Cas 7	MD : 67 MA : 61	MD : 76 MA : 68	MD : 80 MA : 72

MD : main dominante ; MA : main d'appoint

Bilan 400 points

Tableau XI : score global du bilan 400 points

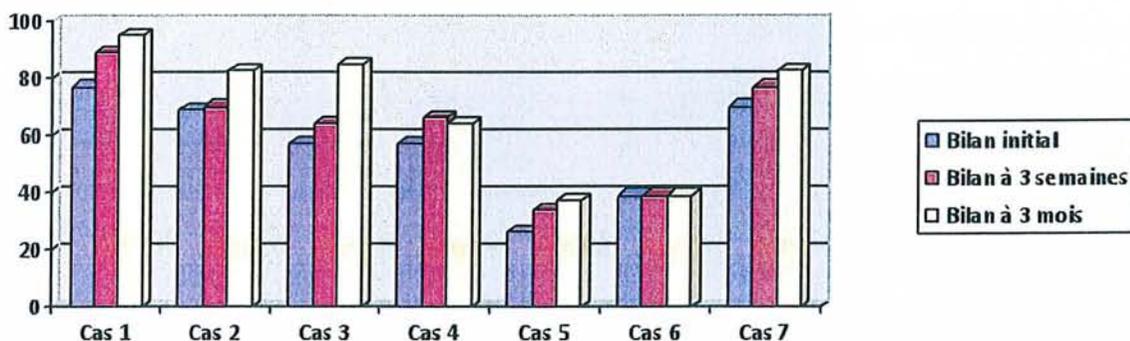
	T1	T2	T3
Cas 1	77/51/47/37* soit 53%*	89/75/87/85 soit 84%	95/75/95/83 soit 87%
Cas 2	69/51/43/43 soit 52%	70/66/53/53 soit 61%	83/76/33/37 soit 57%
Cas 3	57/31/58/60 soit 51,5%	64/52/88/77 soit 70%	85/66/87/87 soit 81%
Cas 4	57/16/30/35 soit 34,5%	66/45/35/40 soit 46%	64/45/45/43 soit 49%
Cas 5	26/0/18/35 soit 20%	34/5/42/40 soit 30%	37/6/50/43 soit 34%
Cas 6	39/43,5/37/35 soit 38%	39/45/46/40 soit 42,5%	39/45/48/45 soit 44,25%
Cas 7	70/31/57/62 soit 55%	77/43/63/67 soit 62,5%	83/43/68/70 soit 66%

*1^{er} chiffre : mobilité de la main ; 2^e chiffre : force de préhension ; 3^e chiffre : déplacement monomanuel ; 4^e chiffre : fonction bimanuelle

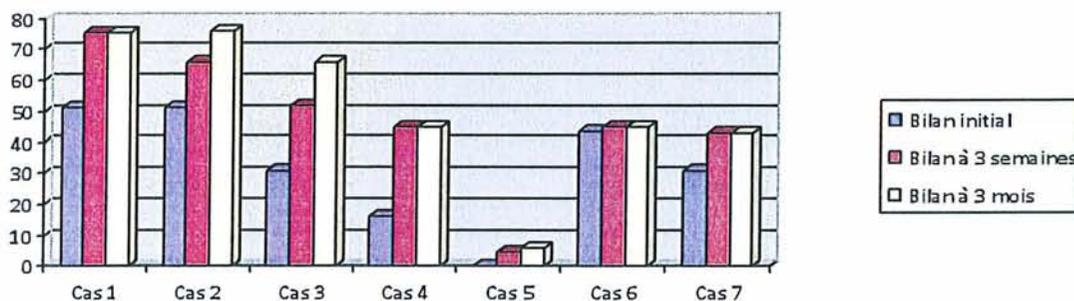
Chaque épreuve est notée sur 100

**score total, en pourcentage

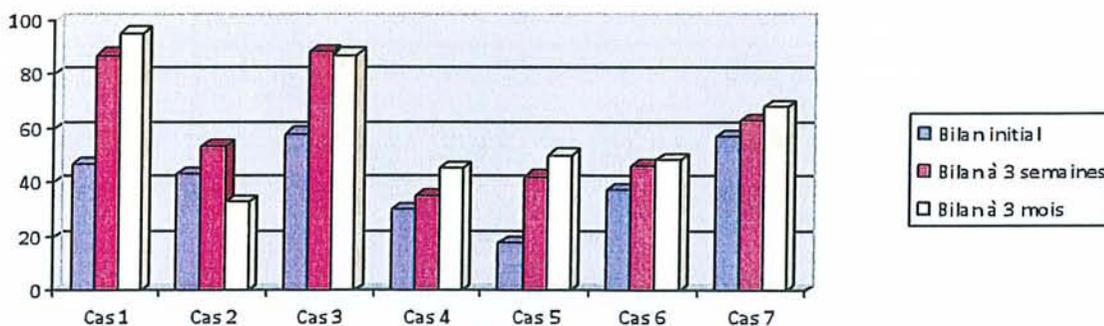
Les histogrammes suivants présentent épreuve par épreuve l'évolution des scores du bilan 400 points tout au long de la prise en charge.



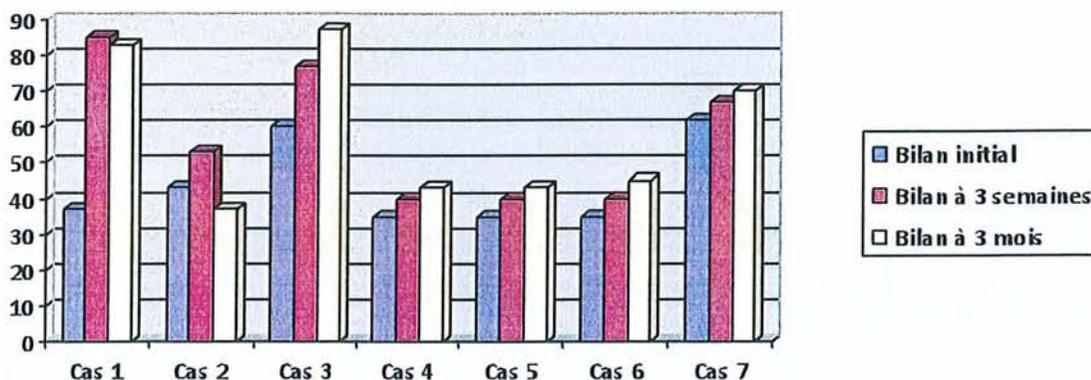
Histogramme 3 : Evolution des scores de l'épreuve 1 du bilan 400 points (mobilité de la main)



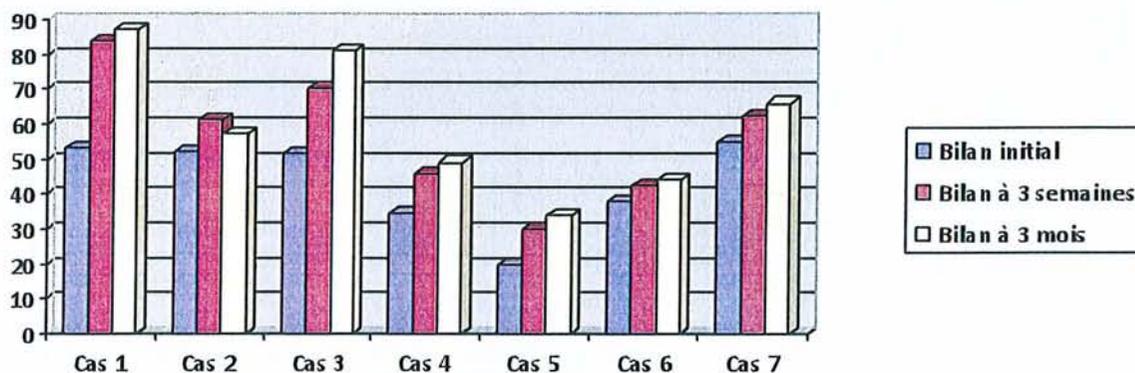
Histogramme 4 : Evolution des scores de l'épreuve 2 du bilan 400 points (force de préhension)



Histogramme 5 : Evolution des scores de l'épreuve 3 du bilan 400 points (déplacement monomanuel)



Histogramme 6 : Evolution des scores de l'épreuve 4 du bilan 400 points
(fonction bimanuelle)



Histogramme 7 : Evolution du score global du bilan 400 points

Concernant le bilan 400 points, on constate que d'une manière globale, tous les patients voient leurs scores totaux s'améliorer aux bilans des 3 semaines et des 3 mois.

De même, les épreuves 3 et 4 de ce bilan évaluant plus spécifiquement l'exclusion, sont également améliorées chez tous les patients, excepté chez la patiente 2. Par ailleurs, celle-ci déclare au bilan des 3 mois une persistance de la mise en danger de son index, avec un accident de brûlure en cuisinant, et une augmentation de la vaisselle cassée...

3.2.4. Retentissement émotionnel

Initialement :

L'évaluation par le questionnaire HADS de l'état thymique et du retentissement émotionnel des 7 patients atteints d'exclusion étudiés rapporte un certain degré d'anxiété, avec dans 4 cas un score d'anxiété initial supérieur ou égal à 11.

Le score de dépression est moins élevé, avec des scores initiaux entre 2 et 10.

Evolution :

On constate une stabilité globale des scores d'anxiété et de dépression lors des bilans successifs, chez tous les patients, avec la même tendance : les patients ayant des scores bas initialement, continuent à avoir des scores bas lors des bilans à 3 semaines et 3 mois ; les patients ayant un fort retentissement thymique de leur handicap lors du bilan initial avec des scores élevés d'anxiété et de dépression, continuent à avoir des scores élevés lors des différents bilans.

Tableau XII : questionnaire HADS

	T1	T2	T3
Cas 1	2/21 D	1/21 D	1/21 A
	1/21 A	1/21 D	1/21 D
Cas 2	5/21 D	5/21 D	6/21 D
	11/21 A	11/21 A	10/21 A
Cas 3	4/21 D	1/21 A	1/21 A
	3/21 A	3/21 D	2/21 D
Cas 4	2/21 D	2/21 D	1/21 D
	11/21 A	8/21 A	8/21 A
Cas 5	8/21 D	5/21 D	6/21 D
	13/21 A	8/21 A	12/21 A
Cas 6	10/21 D	11/21 D	11/21 D
	14/21 A	15/21 A	17/21 A
Cas 7	9/21 D	9/21 D	7/21 D
	7/21 A	5/21 A	4/21 A

D : dépression ; A : anxiété

3.2.5. Evaluation de l'observance

Nous avons constaté, par l'intermédiaire de notre autoquestionnaire déclaratif, que tous les patients étudiés ont présenté une observance exemplaire concernant l'usage du miroir et de l'autorééducation, qui étaient effectués de manière biquotidienne, tous les jours. Leurs activités de la vie journalière ont été plus ou moins bien réalisées, et ceci est par ailleurs reflété par les scores du questionnaire DASH. Enfin, concernant leur reprise professionnelle, seulement 3 patients ont repris le travail (cas 1, 2 et 3).

PARTIE 3 :
DISCUSSION
ET
PERSPECTIVES

1 - Discussion

1.1. Analyse sémiologique descriptive du phénomène d'exclusion

Tout d'abord, il convient de préciser que notre étude n'a aucune prétention méthodologique pour valider la technique de réafférentation par miroir. Il s'agit d'une étude qualitative, réalisée sur un faible échantillon de population (7 cas), l'objectif étant de discuter et d'améliorer les connaissances concernant la sémiologie et les modalités de prise en charge de cette pathologie souvent méconnue.

Nous avons étudié pratiquement autant d'hommes que de femmes (3 hommes et 4 femmes), d'âges variables (22 à 54 ans), ce qui correspond aux données de la littérature. Il s'agit dans 6 cas sur 7 de travailleurs manuels, ce qui est également en accord avec la littérature, rapportant l'apparition du phénomène d'exclusion dans 75% des cas chez les travailleurs manuels. Nous avons à la fois des atteintes de la main dominante ou non dominante, avec une supériorité pour la main dominante (5 cas sur 7).

Il ne semble pas y avoir de lien entre la gravité de la lésion initiale et l'intensité du phénomène d'exclusion. Citons par exemple le cas de la patiente 5, où la lésion initiale était une simple lésion de l'éminence hypothénar, sans lésion de paquet vasculo-nerveux ou tendineuse associée. L'exclusion était très sévère avec un score initial au bilan 400 points bas à 20% ; l'évolution était certes favorable, mais incompatible avec une reprise professionnelle, occasionnant également une gêne persistante dans les activités de la vie journalière.

L'autre exemple que nous pouvons citer est celui de la patiente 2 où la lésion initiale était un panaris de l'index, avec l'évolution de l'exclusion la plus défavorable au niveau des bilans fonctionnels, plus particulièrement aux épreuves 3 et 4 du bilan 400 points. Néanmoins, cette patiente fait partie de ceux ayant repris leur emploi à leur poste antérieur, ceci reflétant par conséquent un handicap social relativement limité malgré ses scores

médiocres aux bilans fonctionnels. Ceci ouvre la porte à une discussion autour de la différence entre capacité et participation au sens de la CIF (Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé), et sur la validité de nos bilans.

On ne connaît pas les facteurs qui entraînent l'apparition du phénomène d'exclusion chez une personne plutôt que chez un autre. Nous pouvons faire le rapprochement avec le syndrome douloureux régional complexe, qui partage d'ailleurs une séméiologie commune avec le phénomène d'exclusion, où l'anxiété sous-jacente semble favoriser son apparition. Dans notre étude, 4 patients sur les 7 étudiés présentent des scores d'anxiété élevés au questionnaire HADS, supérieur ou égal à 11/21 (patients 2, 4, 5 et 6). De même, la patiente 2 est en conflit permanent avec son chirurgien, qui d'après elle n'a pas su diagnostiquer à temps son phénomène d'exclusion. Elle a par ailleurs été traitée quelques années auparavant pour syndrome dépressif. La patiente 5 est suivie pour dépression depuis 3 ans, dans un contexte de harcèlement moral sur son lieu de travail. Toutes ces perturbations thymiques ont-elles une influence sur la genèse du phénomène d'exclusion ?

Lorsqu'on étudie la séméiologie des 7 patients, on rencontre des difficultés à faire la part des choses entre le phénomène d'exclusion pure et l'association de ce dernier à un syndrome douloureux régional complexe a minima : les patients ont tous des limitations articulaires, des troubles trophiques avec présence dans certains cas d'œdème (cas 1, 2, 5 et 7) et certains patients ont des douleurs spontanées (cas 4, 5 et 6).

Ceci va dans le sens de Frettlöh et Galer (18, 20) qui affirment que l'exclusion est plus fréquente chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe que chez les patients douloureux d'autres origines.

Aussi, on constate que le délai de diagnostic du phénomène d'exclusion est tardif chez nos 7 patients, allant de 3 jusqu'à 15 mois. Certes, l'exclusion chronique est un critère d'inclusion dans notre étude, mais néanmoins ceci montre que certains patients ne sont pas

diagnostiqués à temps. Par conséquent, ils ne bénéficient pas à temps de prise en charge rééducative adaptée avec techniques de réintégration psychomotrice. Or tout ce temps perdu entraîne une réorganisation corticale notamment du cortex pariétal, avec chronicisation et irréversibilité partielle de celle-ci (30). Cette prise en charge tardive pourrait expliquer une amélioration seulement partielle du phénomène d'exclusion chez nos patients, malgré les techniques de réafférentation proposées.

1.2. Effets de la technique de réafférentation par miroir

Dans ce travail, nous proposons d'expérimenter une nouvelle méthode de réintégration psychomotrice du segment de membre exclu, avec une réafférentation de ce dernier par miroir.

La thérapie par miroir a été décrite pour la première fois par Ramachandran en 1996 dans le traitement des douleurs des membres fantômes. En effet, ces patients présentaient un dysfonctionnement du cycle : intention motrice de bouger un membre ⇔ feedback proprioceptif, entraînant une réorganisation du cortex somatosensitif primaire, à l'origine de la douleur. L'objectif de la thérapie par miroir était de rompre ce cercle vicieux en fournissant un feedback visuel adapté afin de réorganiser le cortex dans le bon sens via la plasticité cérébrale.

Depuis, de nombreuses autres utilisations de la réafférentation par miroir ont été étudiées, tant sur la douleur que sur la fonction, avec une certaine efficacité (1, 12, 31, 34, 44, 46, 54).

Le miroir fait partie des thérapies par leurre sensoriel, et permettrait par l'apport d'une afférence visuelle saine, de remplacer le feed-back proprioceptif erroné du membre malade, à l'origine d'une cascade de mauvaises informations aboutissant à l'exclusion.

Ainsi, en corrigeant le mismatch entre l'afférence sensitive et l'efférence motrice, cette thérapie permettrait de rompre le cercle vicieux douleur ⇔ troubles attentionnels et

immobilisation ⇔ réorganisation corticale ⇔ troubles du schéma corporel ⇔ exclusion (59).

Le rôle des neurones miroirs du cortex prémoteur, activés lorsque le sujet a l'intention d'agir, avec une cible à atteindre (12, 23, 55), semble capital pour expliquer l'efficacité de cette thérapie.

Dans notre étude, on a mis en évidence le rôle du miroir sur la fonction. Sur un plan qualitatif, tous les patients interrogés décrivent une « facilitation du mouvement » sous miroir. Ceci signe la *priorité du feed-back visuel sur le feed-back proprioceptif* décrite à plusieurs reprises dans la littérature (1, 27, 41, 48, 55, 59). La patiente 2 n'arrive plus à se passer de son miroir et s'en sert plusieurs fois par jour, tant l'effet ressenti lors de la séance est bénéfique.

A l'inspection, on note également que tous nos patients améliorent le *contrôle du mouvement volontaire* avec baisse des cocontractions et des tremblements lors de l'exécution du geste volontaire. Les mouvements dissociés sont plus aisément effectués. Ceci signe le meilleur recrutement des unités motrices.

Sur le plan objectif, l'amélioration des amplitudes articulaires à l'examen clinique ainsi que l'amélioration des bilans fonctionnels objectivent cet effet positif de la réafférentation, même s'il reste imparfait.

La rééducation par miroir présente d'autres avantages en dehors de son efficacité sur la douleur et la fonction. En effet, il s'agit d'une thérapie peu onéreuse, simple d'utilisation, non invasive, peu coûteuse en temps puisque les séances ne durent que quelques minutes, pouvant être utilisée sur de longues périodes en autorééducation. Enfin, il n'y a aucune contre-indication ou effet indésirable.

1.2.1. Exclusion et troubles du schéma corporel

Les troubles du schéma corporel apparaissent comme étant un élément capital dans la genèse du phénomène d'exclusion. Le schéma corporel est, d'après la définition de Giummarra, « la représentation dynamique interne des propriétés spatiales et biomécaniques de son propre corps » (59), et se construit dans le cortex pariétal. Les systèmes sensitifs (visuels et proprioceptifs notamment), et moteurs (mouvement et copie de l'efférence) convergent pour créer la représentation de ce schéma corporel. Si l'un de ces systèmes est endommagé, ou lorsqu'il y a un conflit entre les différentes modalités d'afférences sensibles, cela peut mener à de multiples perturbations sensorielles, comme par exemple sensation de membre fantôme, douleur fantôme, douleur dans le syndrome douloureux régional complexe, ou exclusion.

La notion de précocité de la prise en charge semble primordiale lorsqu'on souhaite traiter les troubles du schéma corporel. Tichelaar (61) suggère que l'apparition des troubles du schéma corporel et notamment le sentiment d'étrangeté du membre, sont le reflet d'une réorganisation irréversible du cortex somatosensitif primaire et de ce fait rendent la thérapie par miroir inefficace.

Dans notre étude, 5 patients sur 7 ne ressentent pas de sentiment d'étrangeté de leur membre exclu, ce qui peut expliquer une amélioration de l'exclusion chez ces patients, authentifiée par une amélioration des scores aux épreuves 3 et 4 du bilan 400 points. La patiente 5, qui présente initialement ce sentiment d'étrangeté de sa main, voit ce dernier disparaître tout au long de la prise en charge, parallèlement à l'amélioration de ses bilans fonctionnels.

A contrario, le cas 2 est le seul de l'étude à ne pas améliorer son exclusion, mais également le seul où le sentiment d'étrangeté persiste.

Dans ce même sens, nous pouvons nous demander si la présence des distorsions sensitives représente également un facteur de gravité de l'exclusion. Dans notre étude, on constate chez les patients 5 et 7 une diminution des distorsions sensitives, évoluant en parallèle avec l'amélioration des bilans successifs.

Inversement, chez la patiente 2 on constate la persistance des distorsions sensitives tout au long de la prise en charge, cette patiente étant par ailleurs la seule de l'étude à avoir des scores à 3 mois se dégradant lors des épreuves 3 et 4 du bilan 400 points.

1.2.2. Exclusion et douleur

Un autre point à discuter est le *traitement de la douleur* associée à l'exclusion. Il semblerait que celui-ci doive être *le plus rapide et le plus efficace* possible.

En effet, plusieurs articles traitent de l'inefficacité du miroir sur la douleur chronique chez le patient atteint de syndrome douloureux régional complexe, d'une part en raison d'une baisse de la plasticité cérébrale avec le temps (32) et d'autre part du fait des changements trophiques avec rétractions et contractures se développant suite à la chronicisation de la douleur (38).

Il a été montré que toute stimulation nociceptive intense et/ou prolongée entraîne des remaniements neurochimiques dans l'ensemble des structures nociceptives, périphériques (hyperalgésie primaire, activation de nocicepteurs auparavant « silencieux », apparition de sites récepteurs aux morphines endogènes), mais aussi centrales (hyperalgésie secondaire, hyperactivité des neurones spinaux, et modification de la cartographie sensitive au niveau cérébral grâce à la plasticité neuronale). Ceci augmente l'intensité de la réaction nociceptive. De même, ces remaniements vont s'accompagner de réactivité à la nociception de voies non nociceptives, comme les voies de la sensibilité épicrotine ou arthrokinétique. Une analgésie efficace et précoce est donc indispensable pour inhiber cette cascade de réactions qui sinon risquent d'être durables, allant jusqu'à une véritable

mémorisation de la douleur. Il faut donc à tout prix éviter cette mémorisation de la douleur, pour lutter contre l'inutilisation du membre par protection. L'apprentissage de l'immobilité entraîne des remaniements corticaux déviants, qui peuvent eux-mêmes engendrer la douleur et donc être à l'origine d'un cercle vicieux (32).

En effet, Zanette et Schwenkreis ont retrouvé les mêmes remaniements corticaux, à savoir une hyperexcitabilité corticale, respectivement chez les patients immobilisés après fracture et chez les patients amputés douloureux. De plus, Butler et son équipe ont montré en 1999 l'apparition des mêmes symptômes que ceux retrouvés chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe, excepté la douleur, chez des patients sains immobilisés pendant 4 semaines.

Par conséquent, on peut en conclure que les symptômes non douloureux retrouvés chez les patients atteints de syndrome douloureux régional complexe (dysfonction motrice avec exclusion, troubles vaso-moteurs...), peuvent être induits par la simple immobilisation, sans qu'il y ait un événement douloureux au préalable.

L'exclusion n'est peut-être pas un phénomène évoluant en parallèle avec la douleur ; ce ne serait pas seulement la douleur qui créerait l'exclusion. Il semblerait que le traitement de la douleur soit un préalable indispensable au traitement de l'exclusion, mais non suffisant.

Notre courte série ne permet pas d'avoir des idées claires sur l'évolution respective et parallèle de la douleur et de la fonction. La patiente 2 voit sa douleur diminuer tout au long de sa prise en charge, mais la réintégration de son index dans le schéma corporel reste difficile. La patiente 5 présente une légère augmentation de la douleur spontanée au bilan des 3 mois, peut-être en rapport avec l'ablation du cathéter péri-nerveux, mais on observe néanmoins une amélioration de l'exclusion de sa main.

De même, nous avons des patients non douloureux qui restent néanmoins exclus (cas 1 et 3). Par contre, ces patients ont une progression importante aux bilans fonctionnels au

cours de la prise en charge, et ont tous les deux repris leur emploi à la sortie du protocole. Nous pouvons suggérer que ces résultats satisfaisants sont favorisés par l'absence de douleur initiale.

Il nous est difficile de compléter les données de la littérature concernant le rapport entre douleur et exclusion, étant donné le faible échantillon de notre étude. Il serait intéressant dans l'avenir de compléter la population d'étude. L'idéal serait d'étudier 2 groupes de patients atteints d'exclusion chronique, un groupe où les patients sont douloureux et un groupe où ils ne le sont pas, l'objectif étant d'analyser l'évolution de l'exclusion après réalisation d'un programme de réafférentation dans les deux groupes, et d'essayer de mettre en évidence une éventuelle différence significative.

1.2.3. Miroir et manipulation attentionnelle

Enfin, la thérapie par miroir possède également un rôle de manipulation attentionnelle, et permet de rétablir le contact avec le membre atteint d'exclusion (61).

Dans notre étude, on a constaté une *diminution des symptômes de négligence* après le programme de réafférentation par miroir.

En effet, tous les patients ressentaient le besoin de se concentrer pour faire bouger leur membre exclu, à la fin de notre prise en charge ce sentiment a complètement disparu pour 5 patients sur 7.

De même, nous avons constaté cliniquement chez tous les patients une baisse de l'aspontanéité des mouvements, une diminution de la lenteur d'exécution des mouvements et de l'initiation du geste, associée à une augmentation de l'amplitude du mouvement. Les bilans fonctionnels en témoignent.

En outre, la manipulation attentionnelle offerte par le miroir pourrait également expliquer à titre indépendant un certain contrôle de la douleur chez nos patients, puisque la manipulation de l'attention visuelle modifie la perception de la douleur (31).

1.3. Décloisonnement effecteur/commande, appareil locomoteur/appareil neurologique

La thérapie par miroir s'intègre dans une prise en charge globale du patient, en luttant contre la sectorisation du traitement appareil par appareil.

En effet, on ne peut pas dissocier l'atteinte périphérique de l'atteinte centrale, l'appareil locomoteur de l'appareil neurologique.

La séméiologie du phénomène d'exclusion associe à la fois des symptômes d'allure périphérique, ce qui est aisément compréhensible étant donnée l'atteinte initialement musculo-squelettique, mais également des symptômes d'allure centrale, retrouvés fréquemment chez les patients avec une atteinte corticale pariétale.

En effet, les patients atteints d'exclusion présentent des difficultés à l'initiation du mouvement, qui est de réalisation lente avec de faibles amplitudes, ils doivent se concentrer ou regarder leur membre pour le faire bouger volontairement, ils ressentent un sentiment d'étrangeté vis-à-vis de leur membre malade. Cela rappelle la séméiologie des lésions du cortex pariétal droit, et notamment la composante cognitive de l'héminégligence.

De même, la symptomatologie à type de distorsions sensitives retrouvée chez 2 de nos patients atteints d'exclusion (cas 5 et 7) semble être en rapport avec un remaniement du cortex pariétal, et c'est d'ailleurs ce que suggère Tichelaar et son équipe (61).

Enfin, les signes cliniques des patients atteints de syndrome douloureux régional complexe, qui est censée être une pathologie périphérique, nous indiquent que la séparation entre l'appareil locomoteur et le système nerveux central n'est finalement pas si évidente. Ces patients ressentent des douleurs dépassant le site traumatique initial, avec des sensations référées. Des études récentes en IRM fonctionnelle confirment l'impact de la pathologie périphérique sur le système nerveux central en montrant une réorganisation du cortex somatosensitif primaire chez ces patients (30).

Enfin, chez nos patients et notamment chez les patientes 5 et 6, on met en évidence grâce au traitement par miroir une *réintégration du membre supérieur dans le schéma corporel*, signant également le rôle de celui-ci en tant que guide de la plasticité corticale. En effet, la patiente 5 dit au bilan des 3 mois « Je me rends compte maintenant qu'avant j'excluais mon membre », signant une baisse de l'anosognosie. De même, la patiente 6 déclare spontanément lors des entretiens se servir plus facilement de ses deux mains dans les activités de la vie journalière.

Par ailleurs, chez tous les patients (excepté la patiente 2), on constate une amélioration des scores à l'épreuve 4 du bilan 400 points, signant une meilleure réussite des épreuves bimanuelles, et donc une réintégration du segment de membre exclu dans le schéma corporel.

Ainsi, un leurre sensoriel ayant un effet sur le système nerveux central entraîne une amélioration d'une fonction périphérique musculo-squelettique.

Pour conclure, il existe un lien certain entre *douleur, attention, altération du schéma corporel et réorganisation corticale avec troubles de l'intégration sensorielle, et exclusion*.

Il est difficile dans l'état actuel des connaissances de préciser quelles sont les interactions entre ces différentes composantes, mais il semble indispensable de rompre le cercle vicieux le plus tôt possible afin de lutter contre la chronicisation des troubles.

Par ailleurs, l'effet observé de la thérapie par miroir aborde deux dimensions fondamentales :

1/Il existe une plasticité cérébrale dans le cerveau adulte.

En effet, au cours des deux dernières décennies, se sont accumulés des travaux qui montrent que l'organisation du système nerveux central n'est pas un phénomène rigide une fois la maturation des voies nerveuses terminée. La plasticité du système nerveux central continue

de s'exprimer, de manière toutefois plus limitée, chez l'adulte et même durant la sénescence. Elle se manifeste en particulier par un remodelage morphologique et fonctionnel de circuits neuronaux différenciés. Il est actuellement bien établi que la plasticité du système nerveux central contribue à l'engrammation neurobiologique de l'expérience. Elle sous-tend les processus d'apprentissage et d'adaptation comportementale, et favorise la restauration fonctionnelle après lésion nerveuse (62).

2/le cerveau n'est pas la réunion de régions hiérarchisées, ou chacune envoie des informations à une région d'un niveau supérieur, mais une réunion d'interactions complexes qui sont en *équilibre dynamique avec l'environnement* du cerveau.

Les thérapies par leurre sensoriel et notamment la thérapie par miroir sont un support utilisable pour guider cette plasticité cérébrale et induire par celle-ci un retour à une fonction normale d'un membre.

2 - Perspectives

2.1. Précocité du diagnostic d'exclusion

Le diagnostic de l'exclusion doit être posé précocement. Existe-t-il des signes pathognomoniques d'exclusion, et si oui, quels sont-ils ?

Tout d'abord, il nous semble important d'être vigilant sur l'apparition des troubles du schéma corporel. On pourrait reprendre les 3 éléments qui semblent être les plus importants selon Galer et Jensen pour définir l'exclusion, à savoir la *nécessité de se concentrer* pour faire bouger son membre, ainsi que le *sentiment d'étrangeté* et de *poids mort* de celui-ci (annexe 1 (18)). Dans notre étude, la nécessité de se concentrer pour faire bouger son membre est unanime, par contre les deux autres caractéristiques sont plus rarement retrouvées - uniquement chez la patientes 2 (la patiente 5 présentant un sentiment d'étrangeté uniquement lors du bilan initial, avec disparition lors des bilans suivants), mais c'est aussi celle dont l'exclusion est la plus irréversible, avec par conséquent la

réorganisation corticale la plus définitive. Le sentiment d'étrangeté du membre serait donc un signe de gravité de l'exclusion, en accord avec Galer et Jensen.

La présence de *distorsions sensitives* semble être tout aussi importante à évaluer que les troubles du schéma corporel, celles-ci étant en rapport avec la réorganisation du cortex pariétal.

Enfin, il est important de rechercher des *signes attentionnels* rappelant la composante cognitive de l'héminégligence d'origine centrale, avec lenteur d'initiation et d'exécution du mouvement, associée à une sous-utilisation spontanée du membre.

2.2. Prise en charge précoce de la douleur associée

Même si à partir de notre étude nous ne pouvons pas conclure sur une relation de cause à effet de la douleur sur l'exclusion, il semble tout de même important que celle-ci soit contrôlée le plus précocement et efficacement possible, afin d'éviter la réorganisation corticale qu'elle engendre.

Le traitement antalgique doit bien évidemment comporter une médication bien conduite selon l'échelle OMS à 3 niveaux concernant la douleur par excès de nociception. Il ne faut pas négliger les traitements de la composante neuropathique de la douleur (antiépileptiques ou antidépresseurs tricycliques).

D'autres techniques classiques de physiothérapie antalgique (cryothérapie, électrothérapie...), ainsi que la neurostimulation électrique trans-cutanée (TENS) en mode gate-control ou libération d'endorphines, doivent y être ajoutées selon les indications.

Ceci est bien maîtrisé. Néanmoins, il nous semble capital d'optimiser le contrôle de la douleur par l'apport de nouvelles techniques d'analgésie, parmi lesquelles les techniques d'analgésie locorégionale continue.

Il s'agit d'une technique réalisée au bloc opératoire par le médecin anesthésiste, et consiste dans la mise en place d'un cathéter au contact de la structure nerveuse, permettant une

interruption pharmacologique de la conduction nerveuse. Le bloc différentiel permet l'obtention d'une analgésie sans perturbation de la motricité et de la sensibilité, ainsi la rééducation peut être débutée immédiatement après la pose du cathéter. L'anesthésique local s'administre en bolus lors de la pose, puis il est administré de manière continue à faible concentration : ropivacaine ou Naropéine 0,2%, avec un débit de 0,1 ml/kg/h (de 5 à 15 ml/h).

La mise en place du cathéter périmerveux et les posologies sont instituées par le médecin anesthésiste, le protocole est écrit et le suivi quotidien s'effectue sur un carnet pré-imprimé.

Cette méthode d'analgésie sous-entend une collaboration étroite entre le médecin rééducateur et le médecin anesthésiste, afin d'assurer un meilleur contrôle de la douleur et par la-même une meilleure efficacité de la rééducation.

2.3. Thérapeutiques par miroir et évolutions : programme d'imagerie motrice

Selon plusieurs études, le miroir intégré dans un programme plus complet d'imagerie motrice serait plus efficace sur la douleur et la fonction que le miroir seul (35, 38, 41).

Toutefois, la plupart des études sont difficile à évaluer sur le plan méthodologique, excepté les études de Moseley de 2004 et 2006. Les mécanismes neuronaux ne sont pas encore bien compris, et il semble nécessaire dans l'avenir de combiner les études comportementales et d'imagerie fonctionnelle.

En attendant des études plus approfondies, nous pourrions proposer à nos patients le protocole suivant :

1. Programme d'imagerie motrice d'une durée totale de *6 semaines*, avec *2 semaines* de travail de reconnaissance de latéralité de la main, suivies de *2 semaines* d'imagerie mentale avec imagination de mouvements de la main, suivies de *2 semaines* de réafférentation par

miroir. L'objectif serait d'activer successivement le cortex prémoteur puis moteur, afin d'optimiser le retour à la fonction.

2. *La reconnaissance de la latéralité de la main* implique la présentation d'une quarantaine de photographies représentant des postures variées de mains droites et gauches, que le patient doit reconnaître. Le patient doit être installé de manière confortable sur une chaise, et les images doivent lui être présentées d'une manière aléatoire dans un écran installé devant lui. Un logiciel informatique pourrait être créé afin de stocker les images et de les sélectionner de manière aléatoire. Le patient doit appuyer sur un bouton dès qu'il a reconnu la latéralité de la main qui lui est présentée.

La rapidité d'exécution sera évaluée régulièrement au cours des séances.

Cette épreuve est réalisée *3 fois par heure*, le matin et l'après-midi (par exemple de *9h à 12h, et de 14h à 17h*).

L'imagination motrice de mouvements de main implique la présentation d'une vingtaine de photographies sélectionnées de manière aléatoire parmi celles de l'épreuve précédente. Le patient est invité à imaginer la posture de la main qui lui est présentée. Cette épreuve doit être réalisée également *3 fois par heure*, matin et après-midi (*de 9h à 12h, et de 14h à 17h*).

Il est important de préciser que l'imagination motrice doit être effectuée en perspective intrinsèque, à savoir que le patient s'imagine soi-même agir, et non en perspective extrinsèque, comme s'il regardait quelqu'un d'autre agir. En effet,

l'expérience montre que l'imitation d'images intrinsèques est initiée plus rapidement que l'imitation d'images extrinsèques, donc plus il existe de similitudes visuo-spatiales entre l'imitateur et le modèle à imiter, plus la tâche est aisée. Donc la compatibilité entre le modèle et le mouvement à exécuter est un facteur d'amélioration de la performance motrice. Sur le plan de l'imagerie, la différence entre l'observation et l'imitation d'une

perspective intrinsèque et extrinsèque réside dans l'activation plus importante du cortex somatosensitif dans le premier cas. Ceci est en rapport avec le fait que la perspective intrinsèque facilite l'intégration d'informations kinesthésiques, qui sont des informations à la fois sensibles et motrices. L'observation et l'imitation d'une perspective extrinsèque nécessite plus de transformations visuo-spatiales (28).

Enfin, la troisième épreuve comprend une *réafférentation par miroir*. Cette dernière s'effectue grâce à la boîte noire, précédemment décrite. Le patient doit adopter la posture d'une vingtaine d'images de mains sélectionnées de manière aléatoire parmi la banque d'images, tout en visualisant le reflet de sa main saine à la place de la main malade, qui est portée hors de la vue. Cette épreuve doit également être réalisée de manière plus soutenue que dans notre protocole actuellement appliqué, à savoir *3 fois par heure*, matin et après-midi (*de 9h à 12h, et de 14h à 17h*).

3. Ce protocole d'imagerie motrice doit être réalisé *5 jours sur 7*, du lundi au vendredi, soit en hospitalisation complète, soit en hospitalisation de jour.

Le week-end, les patients sont invités à réaliser des activités bimanuelles, en pensant à réintégrer le plus possible leur membre exclu.

Puisque le but du miroir, et a fortiori de l'imagerie motrice hiérarchisée, est de réconcilier l'efférence motrice avec le feed-back sensoriel en fournissant un feed-back sensoriel adapté, d'autres techniques de manipulation de l'afférence sensitive sont envisageables (59) :

- manipuler une force appliquée sur le membre, afin de jouer sur le feed-back proprioceptif (techniques en immersion, avec retour haptique) ;
- présenter des images de réalité virtuelle, afin de manipuler l'afférence visuelle. L'étude de Perani (43) semble indiquer que la réalité virtuelle ne sollicite pas les mêmes régions

corticales que celles impliquées dans l'exclusion, toutefois les études à ce sujet sont pauvres et mériteraient d'être multipliées ;

- pratiquer des stimulations magnétiques transcrâniennes répétitives, afin de jouer directement sur l'excitabilité corticale.

CONCLUSION

Le phénomène d'exclusion segmentaire est une pathologie rencontrée dans les services de chirurgie et de médecine physique et de réadaptation. Son diagnostic est souvent tardif et doit reposer sur une analyse sémiologique précise, avec recherche tout particulièrement de troubles du schéma corporel, de distorsions sensitives et de signes attentionnels.

Les enchaînements physiopathologiques conduisant au phénomène d'exclusion restent imprécis, mais il semble que douleur, immobilisation, et troubles du schéma corporel sont des éléments clé de sa genèse et de sa pérennisation.

La théorie de la dysafférentation semble la plus plausible pour expliquer ce phénomène, le classant dans les comportements de négligence d'origine périphérique. Il induit une réorganisation du cortex somatosensitif, rendue possible grâce à la plasticité cérébrale. Celle-ci est néanmoins réversible, expliquant l'engouement récent pour des nouvelles thérapeutiques.

Celles-ci doivent s'attacher à proposer une réintégration du membre exclu dans le schéma corporel, le plus précocement possible, dans un climat d'indolence.

Des protocoles de rééducation conventionnelle associée à de nouvelles thérapies par leurre sensoriel, comme la thérapie par miroir, sont efficaces et prometteurs. Ces protocoles doivent probablement comporter un programme plus complet d'imagerie motrice.

Cependant, les limites méthodologiques des études d'un phénomène si complexe et multifactoriel ne permettent pas aujourd'hui d'affirmer l'efficacité propre des traitements par leurre sensoriel, en dépit d'un faisceau d'arguments théoriques.

- ANNEXES -

Annexe 1 : Traduction en français des 5 items de Galer et Jensen pour définir l'exclusion

Annexe 2 : Protocole d'auto-rééducation à domicile (week-end)

Annexe 3 : Boîte noire

Annexe 4 : Questionnaire Douleur Saint-Antoine

Annexe 5 : Questionnaire DASH

Annexe 6 : Questionnaire HADS

Annexe 7 : Test de Purdue

Annexe 8 : Test de Box and Blocks

Annexe 9 : Bilan 400 points

Annexe 10 : Descriptif des cas étudiés

Annexe 1 : Traduction en français des 5 items de Galer et Jensen pour définir l'exclusion (1999) (18)

Item 1 : Si je ne focalisais pas mon attention sur mon membre douloureux, il ne bougerait pas, comme un poids mort.

Item 2 : Mon membre douloureux ne semble pas faire partie de mon corps.

Item 3 : Je dois focaliser toute mon attention sur mon membre douloureux pour le faire bouger comme je le souhaite.

Item 4 : Mon membre douloureux bouge parfois tout seul, indépendamment de ma volonté, sans que je puisse le contrôler.

Item 5 : Mon membre douloureux semble mort

Annexe 2 : Protocole d'autorééducation à domicile (week-end)

1/ Traitement de la douleur

-médicamenteux

+/- non médicamenteux : TENS

2/Désensibilisation (si nécessaire) :

-bains écossais

-bacs à particules

-tissus

3/Automobilisations. Tout au long de la journée.

-mobiliser passivement le membre atteint par le membre sain.

-toucher le membre atteint par le membre sain le plus souvent possible.

-effectuer des activités bimanuelles intégrant le membre atteint (éplucher des légumes, ...)

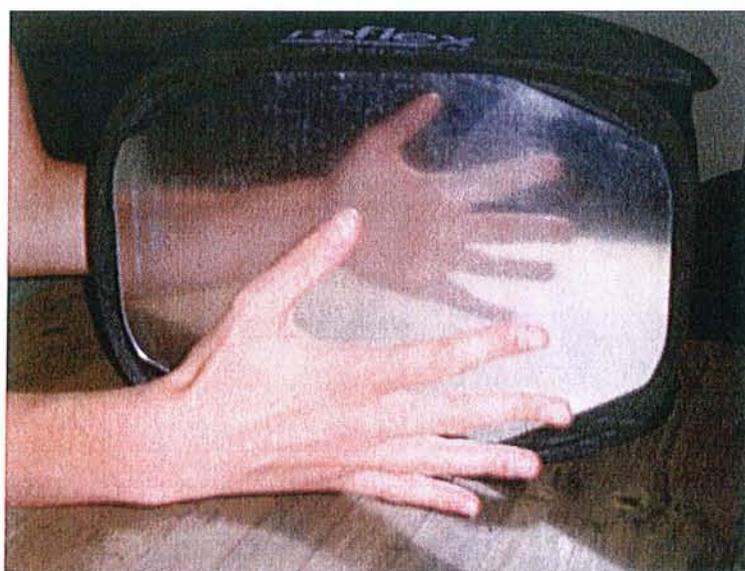
4/Miroir. Biquotidien.

Grâce à la boîte noire, selon le protocole appris en rééducation (annexe).

Annexe 3 : Boîte noire

Il s'agit d'une boîte pliante, fermée, avec sur une face présence d'un miroir.

Le patient ne perçoit ainsi que sa main saine et le reflet de sa main saine dans le miroir.



Annexe 4 : Questionnaire Douleur Saint-Antoine

Ce questionnaire est destiné à apprécier la description d'une douleur.

Il s'agit d'une échelle verbale multidimensionnelle.

Il comporte 61 qualificatifs répartis en 17 sous-classes :

-9 sensorielles (A à I)

-7 affectives (J à P)

-1 évaluative (Note)

L'intérêt de ce questionnaire est d'aider à préciser la séméiologie sensorielle d'une douleur. Ainsi, une description type de décharges électriques ou de coups de poignard peut orienter vers un mécanisme de douleur par déafférentation. Une description type de lourdeur, de pesanteur, de compression peut orienter vers une douleur à type de contracture musculaire.

Ce questionnaire permet également de préciser une notion d'intensité et apprécier le vécu de la douleur.

QUESTIONNAIRE DE SAINT ANTOINE

NOM :	Prénom :	Date :																								
<p>A. Battements Pulsations Elancements En éclairs Décharges électriques Coups de marteau</p>	<table border="1" style="width: 100%; height: 60px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>													<p>H. Picotements Fourmillements Démangeaisons</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table> <p>I. Engourdissement Lourdeur Sourde</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>												
<p>B. Rayonnante Irradiante</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 10px;"></td><td style="width: 50%; height: 10px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 10px;"></td><td style="width: 50%; height: 10px;"></td></tr> </table>						<p>J. Fatigante Epuisante Ereintante</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>																				
<p>C. Piqûre Coupure Pénétrante Transperçante Coups de poignard</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 60px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>														<p>K. Nauséuse Suffocante Syncope</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>												
<p>D. Pincement Serrement Compression Ecrasement En étou Broiement</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 60px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>														<p>L. Inquiétante Oppressante Angoissante</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>												
<p>E. Tiraillement Éirement Distension Déchirure Torsion Arrachement</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 60px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>														<p>M. Harcelante Obsédante Cruelle Torturante Suppliciante</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 60px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>												
<p>F. Claleur Brûlure</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 10px;"></td><td style="width: 50%; height: 10px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 10px;"></td><td style="width: 50%; height: 10px;"></td></tr> </table>						<p>N. Gênante Désagréable Pénible Insupportable</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>																				
<p>G. Froid Glacé</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 10px;"></td><td style="width: 50%; height: 10px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 10px;"></td><td style="width: 50%; height: 10px;"></td></tr> </table>						<p>O. Enervante Exaspérante Horripilante</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 15px;"></td><td style="width: 50%; height: 15px;"></td></tr> </table>																				
		<p>P. Déprimante Suicidaire</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td style="width: 50%; height: 10px;"></td><td style="width: 50%; height: 10px;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%; height: 10px;"></td><td style="width: 50%; height: 10px;"></td></tr> </table>																								

Mode d'emploi

Décrivez la douleur telle que vous la ressentez en général. Sélectionnez les qualificatifs qui correspondent à ce que vous ressentez, dans chaque groupe de mots, choisir le mot le plus exact. Précisez la réponse en donnant au qualificatif que vous avez choisi une note de 0 à 4 selon le code suivant :

- 0 absent, pas du tout
- 1 faible, un peu
- 2 modéré, moyennement
- 3 fort, beaucoup
- 4 extrêmement fort

Annexe 5 : Questionnaire DASH

Disability of the Arm – Shoulder – Hand

Il s'agit d'un questionnaire comprenant 30 questions, 21 évaluant la difficulté à réaliser des activités précises de la vie quotidienne, 9 autres concernant les relations sociales (pour 3) et des symptômes particuliers tels la douleur, la force, la mobilité et le sommeil. S'il y a moins de 4 réponses manquantes, le questionnaire est interprétable. Le score obtenu après conversion est rapporté à une échelle de 0 à 100. Plus le score est élevé, plus le handicap fonctionnel est important.

Cotation : $\{(somme\ des\ valeurs\ choisies/nombre\ de\ questions\ répondues)-1\} \times 25$

QUESTIONNAIRE DASH

NOM :

PRENOM :

DATE :

Merci de compléter ce questionnaire !

Ce questionnaire va nous aider à apprécier votre état de santé général et vos problèmes musculo-articulaires en particulier.

C'est à vous de remplir ce questionnaire. Ce n'est pas obligatoire, et les réponses resteront strictement confidentielles dans votre dossier médical.

Veillez répondre à toutes les questions. Certaines se ressemblent, mais toutes sont différentes. Vous pouvez faire des commentaires dans la marge. Nous lirons tous vos commentaires, aussi n'hésitez pas à en faire autant que vous souhaitez.

Il n'y a pas de réponses justes ou fausses. Si vous hésitez, donnez la réponse qui vous semble la plus adaptée.

Instructions

Ce questionnaire s'intéresse à ce que vous ressentez et à vos possibilités d'accomplir certaines activités.

Veillez répondre à toutes les questions en considérant vos possibilités au cours des 7 derniers jours. Si vous n'avez pas eu l'occasion de pratiquer certaines de ces activités au cours des 7 derniers jours, veuillez entourer la réponse qui vous semble la plus exacte si vous aviez dû faire cette tâche. Le côté n'a pas d'importance. Veillez répondre en fonction du résultat final, sans tenir compte de la façon dont vous y arrivez.

Veillez évaluer votre capacité à réaliser les activités suivantes au cours des 7 derniers jours.

(Entourez une seule réponse par ligne)	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
1. Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
2. Ecrire	1	2	3	4	5
3. Tourner une clé dans une serrure	1	2	3	4	5
4. Préparer un repas	1	2	3	4	5
5. Ouvrir un portail ou une lourde porte en la poussant	1	2	3	4	5
6. Placer un objet sur une étagère au dessus de votre tête	1	2	3	4	5
7. Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols et des murs)	1	2	3	4	5
8. Jardiner, s'occuper des plantes (fleurs et arbustes)	1	2	3	4	5
9. Faire un lit	1	2	3	4	5
10. Porter des sacs de provisions ou une mallette	1	2	3	4	5
11. Porter un objet lourd (supérieur à 5 KG)	1	2	3	4	5
12. Changer une ampoule en hauteur	1	2	3	4	5
13. Se laver ou se sécher les cheveux	1	2	3	4	5
14. Se laver le dos	1	2	3	4	5
15. Enfiler un pull-over	1	2	3	4	5

<i>(Entourer une seule réponse par ligne)</i>	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
16. Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
17. Activités de loisir sans gros effort (jouer aux cartes, tricoter, etc...)	1	2	3	4	5
18. Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule, du bras ou de la main (bricolage, tennis, golf, etc...)	1	2	3	4	5
19. Activités de loisir nécessitant toute la liberté de mouvement (badminton, lancer de balle, pêche, frisbee, etc...)	1	2	3	4	5
20. Déplacements (transports)	1	2	3	4	5
21. Vie sexuelle	1	2	3	4	5

(Entourez une seule réponse)

22. Pendant les 7 derniers jours, à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins?

1 Pas du tout 2 Légèrement 3 Moyennement 4 Beaucoup 5 Extrêmement

23. Avez vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles à cause de vos problèmes d'épaule, de bras ou de main?

1 Pas du tout 2 Légèrement 3 Moyennement 4 Très limité 5 Incapable

Veuillez évaluer la sévérité des symptômes suivants durant les 7 derniers jours.

<i>(Entourez une réponse sur chaque ligne)</i>	Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
24. Douleur de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
25. Douleur de l'épaule, du bras ou de la main en pratiquant une activité particulière. Précisez cette activité	1	2	3	4	5
26. Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
27. Faiblesse du bras, de l'épaule ou de la main	1	2	3	4	5
28. Raideur du bras, de l'épaule ou de la main	1	2	3	4	5

(Entourez une seule réponse)

29. Pendant les 7 derniers jours, votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main?

1 Pas du tout 2 Un peu 3 Moyennement 4 Très perturbé 5 Insomnie complète

30. "Je me sens moins capable, moins confiant ou moins utile à cause du problème de mon épaule, de mon bras ou de ma main"

1 Pas d'accord du tout 2 Pas d'accord 3 Ni d'accord, ni pas d'accord
4 D'accord 5 Tout à fait d'accord

Annexe 6 : Questionnaire HADS

Hospital Anxiety and Depression Scale

ECHELLE H.A.D.S. (ECHELLE DU RETENTISSEMENT EMOTIONNEL)

NOM :

Prénom :

Date :

Les médecins savent que les émotions jouent un rôle important dans la plupart des maladies. Si votre médecin est au courant des émotions que vous éprouvez, il pourra mieux vous aider. Ce questionnaire a été conçu de façon à permettre à votre médecin de se familiariser avec ce que vous éprouvez vous-même sur le plan émotionnel.

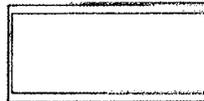
Ne faites pas attention aux chiffres et aux lettres imprimés à gauche du questionnaire.

Lisez chaque série de questions et soulignez 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.

D	A	Je me sens tendu ou énervé :
	3	la plupart du temps
	2	Souvent
	1	de temps en temps
	0	Jamais
		Je prends plaisir aux mêmes choses qu'autrefois :
0		oui, tout autant
1		pas autant
2		un peu seulement
3		presque plus
		J'ai une sensation de peur comme si quelque chose d'horrible allait m'arriver :
	3	oui, très nettement
	2	oui, mais ce n'est pas grave
	1	un peu, mais cela ne m'inquiète pas
	0	pas du tout
		Je ris facilement et vois le bon côté des choses :
0		autant que par le passé
1		plus autant qu'avant
2		vraiment moins qu'avant
3		plus du tout
		Je me fais du souci :
	3	très souvent
	2	assez souvent
	1	Occasionnellement
	0	très occasionnellement
		Je suis de bonne humeur :
3		Jamais
2		rarement
1		assez souvent
0		la plupart du temps
D		

D	A	Je peux rester tranquillement assis à ne rien faire et me sentir décontracté :
	0	oui, quoi qu'il arrive
	1	oui, en général
	2	Rarement
	3	Jamais
		J'ai l'impression de fonctionner au ralenti :
3		presque toujours
2		très souvent
1		Parfois
0		Jamais
		J'éprouve des sensations de peur et j'ai l'estomac noué :
	0	Jamais
	1	Parfois
	2	assez souvent
	3	très souvent
		Je ne m'intéresse plus à mon apparence :
3		plus du tout
2		je n'y accord pas autant d'attention que je le devrais
1		il se peut que je n'y fasse plus autant attention
0		j'y prête autant d'attention que par le passé
		J'ai la bougaotte et n'arrive pas à tenir en place :
	3	oui, c'est tout à fait le cas
	2	un peu
	1	pas tellement
	0	pas du tout
		Je me réjouis d'avance à l'idée de faire certaines choses :
	0	autant qu'auparavant
	1	un peu moins qu'avant
	2	bien moins qu'avant
	3	presque jamais
		J'éprouve des sensations soudaines de panique :
	3	vraiment très souvent
	2	assez souvent
	1	pas très souvent
	0	Jamais
		Je peux prendre plaisir à un bon livre ou à une bonne émission de radio ou de télévision :
	0	Souvent
	1	Parfois
	2	Rarement
	3	très rarement
D	A	



Annexe 7 : Test de Purdue

Ce test consiste dans le déplacement le plus rapide possible de petites tiges, de rondelles et d'écrous sur un tableau perforé. Les exercices proposés sont au nombre de quatre : insertion des tiges dans les trous par la main droite / même épreuve avec la main gauche / même épreuve avec les 2 mains simultanément / insertion sur la tige d'un écrou et de deux rondelles. Ce test évalue l'habileté générale des membres supérieurs ainsi que la dextérité fine des doigts. Les 4 épreuves évaluent des aspects différents de la dextérité digitale.



Annexe 8 : Test de Box and Blocks

Ce test mesure la capacité à transférer le plus de cubes (dimension du cube : 2,5 cm) possible, en une minute, d'un compartiment d'une boîte au compartiment adjacent (cloison de 15, 2 cm). Il s'agit d'une prise relativement grossière d'un déplacement et d'un lâcher. Ce test évalue donc la dextérité grossière.

Des normes sont établies pour la main dominante et d'appoint, pour les hommes et les femmes, à partir de 310 hommes et 318 femmes, sains, âgés de 20 à 94 ans.

Des notes peuvent être données, de 0 à 10, selon le nombre de cubes déplacés.

Annexe 9 : Bilan 400 points

Ce test permet de faire une évaluation chiffrée de l'utilisation d'une main lésée grâce à 57 situations différentes. Dans le cadre de notre étude, il permettra de confirmer le diagnostic d'exclusion lors des gestes spontanés. Il est composé de 4 épreuves notées sur 100 points : la mobilité de la main, la force de préhension, la prise monomanuelle et déplacement d'objet, et la fonction bimanuelle.

BILAN 400 POINTS MAIN					
DATE :					
NOM					
PRENOM :					
AGE :					
PROFESSION :					
DOMINANCE :					
D G					
COTE LESE					
D G					
ERGO :					
TOTAL : / 400					
/ / /					
%					
100					
90					
80					
70					
60					
50					
40					
30					
20					
10					
0					

MOBILITE DE LA MAIN					
Côté sain		Côté lésé			
Cote	Mouvements	Cote	Coeff	Note	
	FLEXION DOIGTS		3		
	EXTENSION DOIGTS		2		
	ECARTEMENT DOIGTS LONGS		3		
	RAPPROCHEMENT DOIGTS LONGS		2		
	ADDUCTION POUCE		2		
	ECARTEMENT POUCE		3		
	OPPOSITION		3		
	OPPOSITION CONTRE RESISTANCE		2		
	PINCES LATERALES CONTRE RESISTANCE		2		
	PLEINE MAIN CONTRE RESISTANCE		3		
	PRONATION		3		
	SUPINATION		2		
NOTE :		/ 100	TOTAL		/ 90

FORCE DE PREHENSION				
Côté sain		Côté lésé		
Valeur	Dynamomètres	Valeur	Note / 10	Note / 20
	VIGORIMETRE DE MARTIN (Bar)			
	COLLINS (Kgf)			
	JAMAR (Kgf)			
	PINCH (Kgf)			
	PINCE ETALU (mm Hg)			
- 10%	+ 10%	TOTAL		
NOTE :		/ 100		

DEPLACEMENT MONOMANUEL			FONCTION BIMANUELLE			
sain	Temps	lésé	les 2 mains sont utilisées spontanément			
Cote	Matériel	Cote	Cote	Items à réaliser	D	Commentaires
	Cube 10 cm			Couper viande		
	Cube 7,5 cm			Ouvrir une bouteille, la fermer		
	Cube 5 cm			Ouvrir un bocal		
	Cube 2,5 cm			Dévisser, visser écrou de 20mm		
	Cylindre 10 cm			Dévisser, visser écrou de 4mm		
	Cylindre 4 cm			Oter 3 boutons		
	Cylindre 8 mm			Mettre 3 boutons		
	Balle 7 cm de diamètre			Oter 3 lacets		
	Briquet électronique			Mettre 3 lacets		
	Bille 2,5 cm de diamètre			Enfiler fil dans une aiguille		
	Bille de 1,5 cm de diamètre			Sortir une allumette		
	Clef plate			L'allumer, l'éteindre		
	Pièce de 2,9 cm de diamètre			Porte monnaie (pièces et bânet)		
	Pièce de 2,4 cm de diamètre			Ecrire 15 mots		
	Pièce de 1,5 cm de diamètre			Tracer un trait (règle)		
	Pointe			Plier feuille sur trait		
	Fer à repasser 2Kg			Déchirer sur la pliure		
	Verser en pronation			Couper du carton		
	Verser en supination			Couper du métal		
	Verre			Déchirer un journal		
Note : /60			Total : /60			
NOTE : / 100			NOTE : / 100			

COTATION

- 3 : Mouvement, action ou geste normal
 2 : Mouvement, action ou geste lent, imprécis, disharmonieux
 1 : Mouvement, action ou geste incomplet ou avec exclusion ou compensation
 0 : Mouvement, action ou geste impossible

Epreuve 4 : "D" = Dominance

Noter "+" pour respect de dominance

Noter "-" pour transfert de dominance

Annexe 10 : Descriptif des cas étudiés**Cas 1**

Monsieur S., âgé de 22 ans, pris en charge pour phénomène d'exclusion du pouce datant de 3 mois au service de rééducation de Toul (Institut Régional de Réadaptation) à partir du 30/07/2009.

Il n'a pas d'antécédents médico-chirurgicaux ou psychiatriques notables.

Il est célibataire sans enfant.

Sur le plan professionnel, il est titulaire d'une licence pro-TP, était en stage depuis 6 mois le jour de l'accident.

Histoire : Le 17/05/2009 il a été victime d'un accident de scie circulaire, occasionnant une section complète du long fléchisseur du pouce gauche en zone 1 (patient droitier), traitée en urgence par réinsertion avec pull-out et immobilisation selon la méthode de Duran. Il a bénéficié 6 jours après le traitement chirurgical d'une prise en charge en kinésithérapie libérale quotidienne avec mobilisation passive et active dans les amplitudes autorisées par l'immobilisation.

Il ne s'agissait pas d'un accident du travail ou de trajet.

Le traitement antalgique était assuré par des antalgiques de pallier I à type de paracétamol, de manière efficace.

A l'ablation de l'immobilisation, Mr. S présentait une exclusion du pouce, raison pour laquelle notre protocole comprenant une réafférentation par miroir lui a été proposé, qu'il a accepté.

Bilan initial :*Examen clinique*

-La présentation générale du patient était sans particularité.

-L'examen cutanéotrophique du pouce ne rapportait pas de troubles vasomoteurs, à savoir pas de froideur, pas de cyanose, pas d'hypersudation. Par contre, il existait un œdème modéré.

-L'examen articulaire initial était le suivant :

flexion/extension du pouce, en passif : MP 50/10/0 et IP 65/20/0, et en actif : MP 50/20/0 et IP 60/20/0. Kapandji à 10/10 en passif et 9/10 en actif.

-L'examen sensitif (test aux monofilaments et test de discrimination de Weber) était normal. Il n'existait pas d'extension sensitive, ni de distorsions sensitives.

Douleur et schéma corporel

-Mr S. n'était pas douloureux lors de la prise en charge, que ce soit de manière spontanée ou de manière provoquée. Il cotait sa douleur à 0/10 sur l'échelle numérique. Le questionnaire Douleur Saint-Antoine n'a par conséquent pas été réalisé.

-L'examen du schéma corporel était normal, hormis une nécessité de se concentrer pour pouvoir faire bouger son pouce.

Retentissement fonctionnel

-Le questionnaire DASH rapportait un score à 67,5% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : score à 5/5/4/4 soit 18/40

Box & Blocks : 73 cubes pour la main dominante (main saine) et 61 cubes pour la main d'appoint (main malade)

Bilan 400 points : score à 77/51/47/37 (épreuve 1/2/3/4), soit un total de 53%.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS rapportait un score de 2/21 pour la dépression et 1/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 semaines était le suivant :

Examen clinique

-Examen cutanéotrophique normal avec disparition de l'œdème.

-L'examen articulaire était en amélioration, avec :

flexion/extension du pouce, en passif : MP 65/0/0 et IP 65/0/0, et en actif : MP 50/5/0 et IP 65/0/0. Kapandji à 10/10 en passif et en actif.

Douleur et schéma corporel

-Mr S. n'était toujours pas douloureux, que ce soit de manière spontanée ou provoquée, la douleur étant cotée à 0/10 à l'EN.

-L'examen du schéma corporel retrouvait une disparition de la nécessité de se concentrer pour faire bouger son pouce.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH était à 35% de gêne dans les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : score à 6/4/5/6 soit 21/40

Box & Blocks : 93 cubes pour la main dominante (main saine) et 63 cubes pour la main d'appoint (main malade).

Bilan 400 points : score à 89/75/87/85 (épreuve 1/2/3/4), soit un total de 84%.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS rapportait un score de 1/21 pour la dépression et 1/21 pour l'anxiété.

Bilan à trois mois :

Examen clinique

-L'examen articulaire globalement stable avec :

flexion/extension du pouce, en passif MP 70/0/0 et IP 65/0/0, et en actif : MP 55/5/0 et IP 60/0/0. Kapandji 10/10 tant en actif que en passif.

-Le reste de l'examen clinique était resté normal.

Douleur et schéma corporel

-Mr S. ne présentait toujours pas de douleur ou de troubles du schéma corporel.

Retentissement fonctionnel

-Le questionnaire DASH était à 32% de gêne dans les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : score à 7/5/6/6, soit 24/40.

Box & Blocks : 95 cubes pour la main dominante et 64 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : score à 95/75/95/83, soit un total de 87%.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS rapportait un score de 1/21 pour l'anxiété et 1/21 pour la dépression.

A noter que Mr S. a trouvé un emploi en Interim quelques semaines après la prise en charge de son exclusion par notre protocole.

Cas 2

Madame A., âgée de 49 ans, prise en charge pour phénomène d'exclusion de l'index datant de 4 mois au centre de rééducation de Toul (Institut Régional de Réadaptation) à partir du 09/07/2009.

Il n'existait pas d'antécédents médico-chirurgicaux notables. Sur le plan psychiatrique, la patiente présentait une dépression ancienne traitée.

Sur le plan professionnel, elle effectuait le métier d'auxiliaire de vie.

Histoire : Panaris de l'index droit en début de l'année 2009 chez une patiente droitrière, avec intervention chirurgicale le 05/03/2009. Apparition d'un phénomène d'exclusion du pouce dans les suites. Début de prise en charge rééducative un mois après l'intervention chirurgicale, avec initialement 6 séances de kinésithérapie libérale à type de mobilisation passive et active. Ensuite, prise en charge rééducative classique en centre de MPR, avec de manière biquotidienne : physiothérapie associant massages et stimulation vibratoire transcutanée (Vibralgic), kinésithérapie de mobilisation passive et active, et ergothérapie associant un travail d'enroulement passif et actif, confection d'orthèse d'enroulement, travail de dextérité fine et travail de force avec contacteur.

Devant l'inefficacité de cette prise en charge sur l'exclusion de son index, nous avons proposé à Mme A. une prise en charge avec réafférentation par miroir pendant 3 semaines, qu'elle a acceptée.

Le traitement de la douleur comportait un traitement local avec patch de lidocaïne et gel anti-inflammatoire, antalgiques per os de pallier 1 (paracétamol) et 2 (tramadol), ainsi que des séances quotidiennes de stimulation électrique trans-cutanée (TENS).

Notons que lors de l'entretien initial, la patiente nous fait immédiatement part de son « retard de diagnostic ». Elle exprime des reproches à l'égard du chirurgien qui l'a opérée et suivie, d'une part à propos de l'intervention chirurgicale « 10 semaines trop tard », d'autre part à propos du « retard de prise en charge de l'exclusion ».

Bilan initial :*Examen clinique*

-La patiente avait l'attitude typique des gens présentant une exclusion de l'index, à savoir l'index en extension.

-L'examen cutanéotrophique rapportait à la fois une froideur, une cyanose, une hypersudation et un œdème de l'index.

-L'examen articulaire était le suivant :

flexion/extension de l'index, en passif : MP 80/0/0 IPP 65/20/0 IPD 25/10/0. Kapandji à 10/10.

-L'examen sensitif était sans particularité concernant le test aux monofilaments et le test de discrimination de Weber. Il n'existait pas d'extinction sensitive.

On notait par contre la présence de distorsions sensitives avec sensation de froideur de la phalange distale de l'index, « comme s'il sortait du congélateur ».

Douleur et schéma corporel

-Mme A. ne présentait pas de douleur spontanée, par contre elle ressentait au toucher une douleur qu'elle cotait à 4/10 à l'EN, à type de froid douloureux et de décharges électriques. Le QDSA était à 24 en sensoriel et 23 en affectif.

-L'examen du schéma corporel rapportait une autopagnosie, une nécessité de se concentrer pour faire bouger son index, et un sentiment d'étrangeté du membre. Mme A. disait avoir « l'impression de n'avoir que 4 doigts », avec la sensation « que son index était mort ». De même, elle avait le sentiment que son doigt était « énorme, gonflé, ayant changé de forme », contrastant avec l'examen clinique rapportant certes un œdème, mais minime, sans aucune déformation.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH rapportait une gêne à 41% pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : score à 0/4/2/2 soit 8/40

Box & Blocks : 50 cubes pour la main dominante (main malade), et 67 cubes pour la main d'appoint (main saine).

Bilan 400 points : le score était à 69/51/43/43 (épreuve 1/2/3/4), soit un score total de 52%.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS rapportait un score à 5/21 pour la dépression et à 11/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 semaines :

Examen clinique

-L'attitude de la patiente était identique à celle du bilan initial, à savoir avec l'index en extension.

-L'examen cutanéotrophique était normal.

-L'examen articulaire était le suivant :

flexion/extension de l'index, en passif : MP 90/0/0 IPP 80/5/0 IPD 20/5/0. Kapandji 10/10.

-L'examen sensitif restait inchangé, avec la persistance des distorsions sensitives à type de froideur glaciale de la phalange distale de l'index.

Douleur et schéma corporel

-La douleur et ses caractéristiques restaient inchangées, avec des décharges électriques lors du toucher cotées à 4/10 à l'EN.

Le QDSA était à 22 en sensoriel et 19 en affectif.

-L'examen du schéma corporel était encore perturbé, avec persistance de la nécessité de se concentrer pour faire bouger son index, persistance également du sentiment d'étrangeté de celui-ci. Mme A. déclare tout de même une diminution de la sensation de mort du doigt, avec le sentiment d'avoir « 4 doigts et demi », au lieu de 4 lors du bilan initial. L'autopagnosie a disparu. Par contre, Mme A. continuait à percevoir son doigt « déformé et tordu », contrastant avec un examen cutanéotrophique normal et un examen articulaire en amélioration.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH rapportait une gêne pour les activités de la vie journalière à 40,8%.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : score à 0/2/0/2, soit 4/40.

Box & Blocks : 53 cubes pour la main dominante, et 64 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : le score était à 70/66/53/53 pour les épreuves 1/2/3/4, soit un total de 61%.

Retentissement émotionnel

Le score au questionnaire HADS était de 5/21 pour la dépression et à 11/21 pour l'anxiété.

La patiente déclare lors de l'entretien « ne plus pouvoir se passer de son miroir », tant le mouvement est facilité par cette pratique, elle explique d'ailleurs la « nécessité de s'isoler pour pratiquer ses séances de miroir », elle dit pratiquer cette thérapie par miroir plusieurs fois par jour.

Bilan à 3 mois :

Examen clinique

-La patiente se présente toujours avec son index spontanément en extension.

-L'examen cutanéotrophique restait normal.

-L'examen articulaire était le suivant :

flexion/extension de l'index, en passif : MP 90/0/0 IPP 80/0/0 et IPD 15/5/0. Kapandji 10/10.

-L'examen sensitif rapportait toujours les distorsions sensitives décrites précédemment, à type de froid glacial avec impression de « phalange sortant du congélateur ».

Douleur et schéma corporel

-La douleur était évaluée à 2/10 à l'EN, et celle-ci gardait les mêmes caractéristiques que lors du bilan précédent, à savoir présence de décharges électriques au toucher.

Le QDSA était à 24 en sensoriel et 18 en affectif.

-L'examen du schéma corporel était superposable à celui du bilan des 3 semaines, aucune amélioration n'était notée.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH rapportait 25% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : score identique à celui du bilan des 3 semaines (4/40).

Box & Blocks : 55 cubes pour la main dominante, et 60 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : le score était à 83/76/33/37 pour les épreuves 1/2/3/4, soit un total à 57%.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS rapportait un score à 6/21 pour la dépression et à 10/21 pour l'anxiété.

A noter que malgré cette évolution médiocre du phénomène d'exclusion, la patiente a repris son travail antérieur.

Cas 3

Mr D., âgé de 22 ans, pris en centre au centre de rééducation Louis Pierquin (Institut Régional de Réadaptation) pour phénomène d'exclusion de l'index droit datant de 3 mois, à partir du 21/04/2009.

Ce patient, agent de circulation dans l'armée, ne présentait pas d'antécédents médico-chirurgicaux ou psychiatriques notables.

Il a été victime en fin janvier 2009 d'une section complète du FCP de l'index de la main droite (main dominante), prise en charge immédiatement de manière chirurgicale par suture. Il ne s'agissait pas d'un accident du travail.

Il a été pris en charge sur le plan douloureux par l'installation d'analgésie locorégionale continue par cathéter périmerveux pendant 4 jours, de manière efficace, le patient ne bénéficiant pas d'autre traitement antalgique. Sur le plan rééducatif, cette dernière a débuté en centre de médecine physique et réadaptation, 5 jours après l'intervention chirurgicale, avec 2 séances quotidiennes, 5 jours sur 7, de kinésithérapie de mobilisation passive et active. Malgré cette prise en charge précoce, on assistait progressivement à l'installation d'un phénomène d'exclusion segmentaire de l'index. Devant la persistance de celui-ci à trois mois de l'intervention, notre protocole avec réafférentation par miroir lui a été proposé pour une durée de 3 semaines, qu'il a accepté.

Bilan initial :*Examen clinique*

-Mr D. se présente avec une attitude typique, l'index de sa main droite en extension de façon spontanée.

-Sur le plan cutanéotrophique, on retrouvait une froideur de l'index, avec cyanose et hypersudation. On ne mettait pas en évidence d'œdème.

-L'examen articulaire était le suivant :

flexion/extension de l'index, en actif : IPP 55/5/0 IPD 20/15/0

flexion/extension de l'index, en passif : IPP 60/5/0 IPD 30/5/0

-L'examen sensitif était normal tant au test aux monofilaments, qu'au test de discrimination de Weber.

On ne mettait pas en évidence de distorsions sensitives.

Douleur et schéma corporel

-Mr D. ne signalait pas de douleur, que ce soit de manière spontanée ou provoquée. La douleur était constamment cotée à 0/10 à l'EN.

Le QDSA n'a par conséquent pas été réalisé.

-L'examen du schéma corporel était sans grande particularité, hormis la nécessité de se concentrer pour faire bouger son index.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH retrouvait 53% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : 0/5/0/2, à savoir 7/40.

Box & Blocks : 51 cubes pour la main dominante (main malade), et 62 cubes pour la main d'appoint (saine).

Bilan 400 points : le score était à 57/31/58/60 respectivement pour les épreuves 1/2/3/4, pour un score total de 51,5%.

Retentissement émotionnel

Le score HADS était à 4/21 pour la dépression et 3/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 semaines :

Examen clinique

-La présentation de Mr D. l'index en extension était moins flagrante, comparativement au bilan initial.

-Sur un plan cutanéotrophique, on assistait à la disparition des troubles vaso-moteurs à type de froideur, cyanose et hypersudation de l'index. Pas d'apparition d'œdème après les 3 semaines de prise en charge.

-Le bilan articulaire était le suivant :

flexion/extension de l'index, en actif : IPP 55/0/0 IPD 25/5/0

flexion/extension de l'index, en actif : IPP 90/0/0 IPD 50/0/0

-Le bilan sensitif restait normal.

Douleur et schéma corporel

-Mr D. n'a jamais été douloureux lors de la prise en charge.

-La nécessité de se concentrer pour faire bouger son index persistait, mais de manière moins marquée. Mr D. insistait sur le fait que la pratique du miroir lui permettait de « plus facilement contrôler et commander » son index.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH était à 41% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : 0/7/0/3, soit 10/40.

Box & Blocks : 60 cubes pour la main dominante, et 69 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : le score était à 64/52/88/77, pour un score total à 70%.

Retentissement émotionnel

Le score HADS était à 1/21 pour la dépression, et 3/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 mois :

Examen clinique

-Il persistait une attitude spontanée avec l'index en extension, mais mineure.

-L'examen cutanéotrophique était normal, de même que l'examen sensitif.

-Le bilan articulaire était le suivant :

flexion/extension de l'index, en actif : IPP 60/0/0 IPD 30/10/0

flexion/extension de l'index, en passif : IPP 85/0/0 50/0/0

Douleur et schéma corporel

-Mr D. n'était toujours pas douloureux.

-Le schéma corporel était encore légèrement perturbé, avec nécessité encore de se concentrer pour bouger son index, mais de manière nettement inférieure que lors du bilan initial d'après son ressenti. Il a le sentiment que le mouvement est plus facile à commander, et que l'index « répond plus vite ».

Retentissement fonctionnel

-Le DASH était à 39% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : à 0/6/4/3 soit 13/40.

Box & Blocks : 69 cubes pour la main dominante et 66 pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : score à 85/66/87/87, soit 81%.

Retentissement émotionnel

Le HADS était à 1/21 pour la dépression et 2/21 pour l'anxiété.

Mr D. a repris son activité professionnelle depuis notre prise en charge.

Cas 4

Mme T., patiente âgée de 54 ans, prise en charge au centre de rééducation Louis Pierquin à l'Institut Régional de Réadaptation à partir du 30/05/2009 pour exclusion du pouce gauche datant de 12 mois, sur tendinite de De Quervain, chez une patiente droitrière.

Cette patiente n'a pas d'antécédents médico-chirurgicaux ou psychiatriques notables.

Elle exerçait la profession d'ouvrière en confection sur une machine à coudre, nécessitant des gestes répétés avec une cadence à respecter.

Elle est reconnue en maladie professionnelle depuis le 27/03/2007.

La symptomatologie douloureuse a débuté en décembre 2006. Elle a été opérée à 2 reprises, une première fois en mars 2007, et devant la persistance des douleurs malgré le repos et les séances de kinésithérapie libérale, une nouvelle intervention chirurgicale a été réalisée en février 2008.

On assistait dans les suites à une installation progressive d'un phénomène d'exclusion du pouce gauche, associé à une persistance des douleurs. Celles-ci sont soulagées partiellement par un traitement antalgique per os, comportant des antalgiques de palier 1 et à visée neurotrophe.

Sur le plan rééducatif, elle a bénéficié cette dernière année de quelques séances de kinésithérapie avec mobilisation passive et active du pouce et physiothérapie. De même, une orthèse de repos a été confectionnée à but antalgique, mais le port a été de courte durée du fait d'une mauvaise tolérance.

Devant la persistance de ce phénomène d'exclusion douloureux du pouce, notre protocole avec réafférentation par miroir lui a été proposé, qu'elle a accepté.

Bilan initial :***Examen clinique***

-La présentation spontanée de la patiente était sans grande particularité.

-L'examen cutanéotrophique était normal.

-Le bilan articulaire était le suivant :

flexion/extension du pouce, en passif : MP 50/0/0 IP 75/0/0

Kapandji en actif à 6/10 et en passif à 7/10.

-Le bilan sensitif était normal, pas de mise en évidence de distorsions sensitives.

Douleur et schéma corporel

-Mme T. présentait des douleurs de repos cotées à 4/10 à l'EN, et des douleurs provoquées par la mobilisation et le toucher cotées à 7/10 à l'EN. Les douleurs étaient à type de décharges électriques et sensation « d'aiguilles enfoncées » dans le pouce.

Le QDSA était à 32 en sensoriel et 41 en affectif.

-Le schéma corporel retrouvait uniquement la nécessité de se concentrer pour faire bouger son pouce.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH était à 46,7% de gêne pour les activités de la vie quotidienne.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : 1/0/0/0 soit 1/40.

Box & Blocks : 61 cubes pour la main dominante (main saine), et 55 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 57/16/30/35 soit un total à 34,5%.

Retentissement émotionnel

Le HADS était à 2/21 pour la dépression et 11/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 semaines :

Examen clinique

-Le bilan cutanéotrophique et sensitif demeuraient normaux.

-Le bilan articulaire était le suivant :

flexion/extension, en passif : MP 55/0/0 IP 85/0/0

Kapandji en actif à 6/10 et en passif à 10/10.

Douleur et schéma corporel

-La douleur spontanée était faiblement améliorée, avec une cotation à 3/10 à l'EN. La douleur provoquée par contre a quasiment disparu, avec une cotation à 1/10 à l'EN. Les caractéristiques de la douleur restent semblables à celles du bilan initial.

Le QDSA était à 17 en sensoriel et 22 en affectif.

-La nécessité de se concentrer pour faire bouger son pouce persistait, mais de façon diminuée par rapport au bilan initial.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH était à 41% de gêne pour les activités de la vie journalière.

Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : 1/0/0/1 soit 2/40.

Box & Blocks : 66 cubes pour la main dominante, et 58 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 66/45/35/40 soit un total de 46%.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS retrouvait un score à 2/21 pour la dépression et à 8/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 mois :

Examen clinique

-Le bilan articulaire était le suivant :

flexion/extension, en passif : MP 50/0/0 IP 80/0/0

Kapandji en actif à 7/10 et en passif à 10/10.

-Le reste de l'examen clinique demeurait normal.

Douleur et schéma corporel

-La douleur spontanée a encore légèrement diminué, à 2/10 sur l'EN. La douleur provoquée a complètement disparu.

Le QDSA était à 18 pour le sensoriel et à 21 pour l'affectif.

-L'examen du schéma corporel était normal, avec une disparition de la nécessité de se concentrer pour faire bouger son pouce d'après la patiente.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH était à 36% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : 1/0/0/1 : soit 2/40.

Box & Blocks : 63 cubes pour la main dominante, et 60 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 64/45/45/43 soit 49%.

Retentissement émotionnel

Le score HADS était à 1/21 pour la dépression et 8/21 pour l'anxiété.

Cas 5

Mme L, patiente âgée de 37 ans, secrétaire, droitrière, a été prise en charge au centre Louis Pierquin (Institut Régional de Réadaptation) depuis le 08/01/2009 pour phénomène d'exclusion du membre supérieur droit datant de 8 mois, associé à un syndrome douloureux régional complexe de type I.

La patiente présente dans ses antécédents une hypertension artérielle suivie et bien équilibrée. Sur le plan psychologique, elle est traitée et suivie pour un syndrome dépressif depuis 3 ans, dans un contexte de harcèlement sur son lieu de travail. Elle exerçait la profession de secrétaire.

Le traumatisme initial, survenu dans le cadre d'un accident du travail, était celui d'une plaie de la main (éminence hypothénar) le 22/05/2008, sans lésion nerveuse ou tendineuse. Elle a été traitée en urgence par suture.

Les suites immédiates ont été marquées par une persistance des douleurs, des troubles trophiques et un début d'enraidissement de l'épaule et de la main évoquant un syndrome douloureux régional complexe de type I, confirmé par la scintigraphie osseuse.

Elle a rapidement été prise en charge au centre de la douleur, avec mise en place de traitement médicamenteux per os à base de paracétamol, de morphiniques et d'antiépileptiques. Deux blocs périphériques sympathiques à l'Isméline ont été effectués en août 2008. De même, elle a bénéficié de séances de rééducation kinésithérapique de mobilisation passive et active du membre supérieur droit en libéral. Cette prise en charge s'est révélée inefficace tant sur la douleur que sur la fonction, avec apparition progressive d'un phénomène d'exclusion.

Face à ce phénomène d'exclusion douloureux, nous lui avons proposé notre protocole avec 3 semaines de réafférentation par miroir, effectué sous analgésie locorégionale continue par cathéter périmerveux.

La patiente a bénéficié donc d'un bloc tronculaire sur le nerf médian, radial et ulnaire à la Naropéine le 03/12/08, avec une posologie de 6cc/heure, efficace sur les douleurs de manière quasi-complète.

Le traitement antalgique per os a été poursuivi à l'identique, associé à un traitement par stimulation électrique trans-cutanée en 2 séances biquotidiennes.

L'ablation du cathéter d'analgésie a eu lieu après les 3 semaines de rééducation.

Bilan initial :

Examen clinique

-La patiente se présente avec une attitude de protection du membre supérieur, où tous les doigts sont repliés dans la main spontanément, l'avant-bras est en pronation et l'épaule en rotation interne.

-Le bilan cutané-trophique rapporte une froideur de la main, avec cyanose, hypersudation et œdème.

-Le bilan articulaire est le suivant :

Flexion/extension de poignet, en actif : 20/0/30

EPP MP, en actif : 2/0,5/0/0 et en passif : 1/0/0/0

Déficit d'extension, en actif : MP 10/35/10/20 IPP 30/60/80/75 IPD 25/40/40/45

Déficit d'extension, en passif : MP 10/0/0/5 IPP 25/55/75/60 IPD 15/25/30/30

Kapandji en actif à 4/10 et en passif à 10/10.

-Le bilan sensitif est normal concernant le test aux monofilaments et le test de discrimination de Weber.

On met en évidence par contre une extinction sensitive au niveau de la main exclue.

De même, elle rapporte des distorsions sensitives avec sensation de « vers grouillant dans la main ».

Douleur et schéma corporel

-Douleur :

La douleur est quasi inexistante de manière spontanée, elle était cotée à 1/10 à l'EN. Les douleurs provoquées par le toucher sont cotées à 3/10 à l'EN. Ces douleurs sont d'allure neuropathique, à type de brûlures, fourmillements et broiement de la main.

Le QDSA initial est à 86 en sensoriel et 53 en affectif.

-Le schéma corporel est perturbé avec une anosognosie du trouble, une nécessité de se concentrer pour faire bouger sa main atteinte, un sentiment d'étrangeté du membre supérieur droit, avec désorientation droite-gauche. Elle décrit également son membre comme « déformé, gonflé », l'empêchant de bouger à sa guise.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH est à 74% de gêne dans les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel rapporte :

Purdue : 0/0/0/0 soit 0/40.

Box & Blocks : 32 cubes pour la main dominante (main malade) et 61 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 26/0/18/35 pour les épreuves 1/2/3/4, soit 20%.

Retentissement émotionnel

Le score HADS retrouve un score à 8/21 pour la dépression et 13/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 semaines :

Examen clinique

-La présentation spontanée de Mme L. est toujours en attitude de protection du membre supérieur.

-L'examen cutanéotrophique est amélioré avec notamment disparition de la froideur, de la cyanose et de l'hypersudation. Il persiste néanmoins l'œdème de la main.

-L'examen articulaire est le suivant :

Flexion/extension de poignet, en actif : 30/0/40

EPP MP, en actif : 3/2/2/2 et en passif : 2/1,5/1/1

Déficit d'extension, en actif : MP 10/0/0/5 IPP 20/40/55/55 IPD 5/10/15/15

Déficit d'extension, en passif : MP 0/0/0/5 IPP 15/35/40/50 IPD 0/0/15/10

Kapandji, en actif à 9/10 et en passif à 10/10.

-On note la disparition de l'extinction sensitive, ainsi que des distorsions sensibles.

Douleur et schéma corporel

-La douleur spontanée est d'intensité minime, stable par rapport au bilan initial, cotée à /10 à l'EN. La douleur provoquée par le toucher reste elle aussi stable à 3/10. Les caractéristiques sont les mêmes, à savoir sensation de brûlure, de fourmillement et de broiement de la main.

Le QDSA était à 50 en sensoriel et 86 en affectif.

-Le schéma corporel s'est amélioré, avec levée de l'anosognosie du trouble, disparition de la désorientation droite-gauche, du sentiment d'étrangeté du membre et de la nécessité de se concentrer pour faire bouger sa main.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH était à 62,5% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel était le suivant :

Purdue : 0/2/0/1 soit 3/40. Même si le score reste faible, les préhensions sont de meilleure qualité avec davantage de rapidité d'exécution.

Box & Blocks : 37 cubes pour la main dominante, et 65 pour la main d'appoint. A noter par rapport au bilan initial une approche et une prise tridigitale plus efficaces.

Bilan 400 points : 34/5/42/40 soit 30%.

Sur un plan qualitatif, on observe des progrès, avec lors des différentes épreuves :

Epreuve 1 (mobilité) : gain de mobilité, mais avec des mouvements qui restent cependant incomplets pour la plupart. Difficultés dans les mouvements contre résistance.

Epreuve 2 (force de préhension) : saisie et maintien des outils désormais possible.

Epreuve 3 (déplacement monomanuel) : préhension globales et fines plus aisées qu'initialement. Prise impossible cependant des objets de plus de 9 cm de diamètre. Objets de plus de 500g non déplacés.

Epreuve 4 (fonction bimanuelle) : davantage de respect de la dominance pour les gestes de la vie quotidienne qui ne nécessitent pas de résistance.

Retentissement émotionnel

Le HADS rapportait un score à 5/21 pour la dépression et pour 8/21 l'anxiété.

Bilan à 3 mois :

Examen clinique

-La présentation spontanée de la patiente est sensiblement identique.

-Le bilan cutanéotrophique retrouve la persistance de l'œdème de la main.

-Le bilan articulaire est le suivant :

Flexion/extension de poignet en actif : 35/0/45

EPP MP, en actif : 1,5/1/1/1,5 et en passif : 1/0/0/0

Déficit d'extension, en actif : MP 0/0/0/0 IPP 10/30/45/50 IPD 5/10/20/10

Déficit d'extension, en passif : MP 0/0/0/0 IPP 10/20/35/35 IPD 5/10/15/5

Kapandji, en actif à 10/10 et en passif à 10/10.

-Le bilan sensitif reste normal.

Douleur et schéma corporel

-La douleur spontanée s'est légèrement majorée, mais restait néanmoins supportable avec une cotation à 3/10 à l'EN. La douleur provoquée par le toucher restait stable à 3/10. Les caractéristiques de cette douleur étaient identiques.

Le QDSA est à 75 en sensoriel et à 71 en affectif.

-Le schéma corporel est rétabli, à noter que la patiente a pris conscience de son trouble puisqu'elle affirme lors de la consultation : « Je me rends compte maintenant qu'avant j'excluais mon bras ».

Retentissement fonctionnel

-Le DASH retrouve 52,5% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel est le suivant :

Purdue : 0/2/0/1 soit 3/40.

Box & Blocks : 38 cubes pour la main dominante, et 64 pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 37/6/50/43 soit 34%.

Sur un plan qualitatif, les oppositions sont devenues toutes possibles, avec une utilisation plus spontanée de la main droite dans les tâches bimanuelles en dehors des gestes contre résistance.

Retentissement émotionnel

Le score HADS est à 6/21 pour la dépression et à 12/21 pour l'anxiété.

Cas 6

Madame S., âgée de 53 ans, prise en charge à partir du 09/01/2009 au centre de rééducation Louis Pierquin (Institut Régional de Réadaptation) pour exclusion de la main droite (dominante), dans les suites d'une épitrochléite.

La patiente présente comme antécédents médicaux une arthrose diffuse surtout rachidienne avec hernie discale C4-C5 droite inopérable. De même, elle a subi récemment une hystérectomie avec ovariectomie, avec résultat anatomopathologique favorable.

Elle ne présente pas d'antécédents psychologiques ou psychiatriques notables.

Elle exerçait le métier de secrétaire dans l'entreprise familiale.

Son histoire a débuté en mai 2007, avec l'apparition d'une épitrochléite droite. Elle a bénéficié pendant 4 mois (de mai à août 2007) d'une immobilisation par 2 orthèses de poignet, et devant l'absence d'amélioration, elle a bénéficié d'un traitement chirurgical spécifique de l'épitrochléite, associé à une neurolyse du nerf cubital. Une immobilisation plâtrée de 3 semaines a suivi.

Cette intervention était jugée efficace sur le plan douloureux, en association à des antalgiques de palier 1 (anti-inflammatoires) et 2 (tramadol) et à visée neurotrophe (gabapentine), mais dans les suites Mme S. a développé un phénomène d'exclusion de la main.

Elle a bénéficié de séances de rééducation en libéral avec kinésithérapie comprenant physiothérapie antalgique, mobilisation passive et active.

Malgré cette prise en charge, l'exclusion a persisté. A 15 mois du début de l'installation de l'exclusion, nous lui avons proposé le programme de 3 semaines de réafférentation par miroir au centre, qu'elle a accepté.

Bilan initial :*Examen clinique*

- Mme S. se présente spontanément avec sa main en pronation.
- Le bilan cutanéotrophique est normal.
- Le bilan articulaire retrouve un déficit modéré d'enroulement global des doigts longs.
- Le bilan sensitif est normal.

Douleurs et schéma corporel

-Sur le plan douloureux, Mme S. présente des douleurs modérées de la main exclue, de manière spontanée, cotées à 2/10 à l'EN. Ces douleurs ne présentent pas de composante neuropathique (rappelons qu'elle est traitée par gabapentine, qui est par conséquent totalement efficace). Il n'existe pas de douleur provoquée.

Le QDSA est à 9 en sensoriel et à 31 en affectif.

-Le schéma corporel est perturbé, avec sentiment d'étrangeté de la main, nécessité de se concentrer pour bouger sa main, et désorientation droite-gauche.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH rapporte 67,5% de gêne dans les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel est le suivant :

Purdue : 1/2/0/2 soit 5/40.

Box & Blocks : 45 cubes pour la main dominante (malade), et 52 cubes pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 39/43,5/37/35 soit un total de 38%.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS est à 10/21 pour la dépression et à 14/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 semaines :

Examen clinique

-On observe la disparition de l'attitude spontanée de la main exclue en pronation.

-Le bilan cutanéotrophique et sensitif restent normaux.

-On constate une amélioration de l'enroulement global des doigts, qui n'est presque plus déficitaire, tant en actif qu'en passif. On constate une meilleure commande, avec une rapidité plus importante et une exécution du geste plus précise lorsqu'on lui demande de mobiliser sa main.

Douleur et schéma corporel

-Le bilan de la douleur est strictement identique à celui du bilan initial, le QDSA étant légèrement modifié avec un score à 8 en sensoriel et à 33 en affectif.

-Le schéma corporel reste perturbé, avec persistance d'une désorientation droite-gauche et d'une nécessité de se concentrer pour mobiliser la main lors des mouvements spontanés, mais on note la disparition du sentiment d'étrangeté de la main.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH est à 50% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel est le suivant :

Purdue : 1/2/2/3 soit 8/40.

Box & Blocks : 48 cubes pour la main dominante, et 57 pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 39/45/46/40 soit 42,5% au total.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS est à 11/21 pour la dépression et à 15/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 mois :

Examen clinique

-L'examen est superposable à celui des 3 semaines.

Douleurs et schéma corporel

-L'examen de la douleur et du schéma corporel sont superposables à ceux du bilan des 3 semaines. Le QDSA est proche, avec un score à 9 en sensoriel et à 34 en affectif.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH est à 48,5% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel est le suivant :

Purdue : 1/1/2/3 soit 7/40.

Box & Blocks : 50 cubes pour la main dominante, et 56 pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 39/45/48/45 soit un total de 44,25%.

Retentissement émotionnel

Le questionnaire HADS est à 11/21 pour la dépression et à 17/21 pour l'anxiété.

Cas 7

Mr B., âgé de 37 ans, a été suivi pour phénomène d'exclusion de sa main dominante à partir du 18/09/2009 au centre de rééducation Louis Pierquin (Institut Régional de Réadaptation).

Ce patient, sans antécédents médicochirurgicaux ou psychologiques particuliers, exerçait le métier d'ouvrier des espaces verts. Il a été victime d'une entorse du pouce et du poignet droit en juillet 2009. Il ne s'agissait pas d'un accident de travail. Il a été immobilisé pendant 2 mois, en association à un traitement de kinésithérapie libérale afin d'entretenir les amplitudes articulaires des segments de membre non immobilisés. Sur le plan antalgique, le paracétamol seul a été efficace, permettant de supprimer les douleurs de manière complète.

Dans les suites de son entorse, nous avons été confrontés à l'installation progressive d'une exclusion de sa main, persistante malgré la levée de l'immobilisation et de la poursuite de la kinésithérapie en libéral. Par conséquent, nous lui avons proposé notre protocole de réafférentation par miroir, qu'il a accepté.

Bilan initial*Examen clinique*

-Mr B. n'avait pas d'attitude spontanée particulière lors de l'inspection.

-Le bilan cutanéotrophique retrouvait un œdème modéré, sans troubles vaso-moteurs.

-Le bilan articulaire retrouvait :

Flexion/extension de poignet, an actif : 50/0/30

Prono-supination active : 70/0/90

EPP MP, en actif : 0/0/0/0

Kapandji à 10/10 en actif et en passif.

-Le bilan sensitif était normal en ce qui concerne le test aux monofilaments et le test de discrimination de Weber, mais on retrouvait des distorsions sensitives à type de « sensation de main dans les orties ».

Douleur et schéma corporel

-Mr B. n'a jamais été douloureux lors de sa prise en charge, que ce soit de manière spontanée ou provoquée.

-Le schéma corporel retrouvait simplement la nécessité de se concentrer pour faire bouger sa main.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH retrouvait 65% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel est le suivant :

Purdue : 1/3/2/3 soit 9/40.

Box & Blocks : 67 cubes pour la main dominante (exclue), et 61 pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 70/31/37/62, soit 55%.

Retentissement émotionnel

Le score HADS est à 9/21 pour la dépression et à 7/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 semaines

Examen clinique

-Le bilan cutanéotrophique est normal, avec disparition de l'œdème.

-Le bilan articulaire est le suivant :

Flexion/extension de poignet, an actif : 65/0/45

Pronosupination active : 80/0/90

EPP MP, en actif : 0/0/0/0

Kapandji à 10/10 en actif et en passif.

-Le bilan sensitif ne retrouve plus les distorsions sensitives du bilan initial.

Douleur et schéma corporel

-Le patient reste non douloureux.

-L'examen du schéma corporel est normal, le patient dit ne plus devoir se concentrer pour bouger sa main.

-Le DASH rapporte 47% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel est le suivant :

Purdue : 1/4/4/3 soit 12/40.

Box & Blocks : 76 cubes pour la main dominante, et 68 pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 77/43/63/67 soit 62,5%.

Retentissement émotionnel

Le bilan HADS retrouve un score de 9/21 pour la dépression et 5/21 pour l'anxiété.

Bilan à 3 mois

Examen clinique

-Les bilans cutané-trophique et sensitif sont normaux.

-Le bilan articulaire est superposable à celui du bilan des 3 semaines.

Retentissement fonctionnel

-Le DASH est à 41% de gêne pour les activités de la vie journalière.

-Le bilan fonctionnel retrouve :

Purdue : 2/4/5/3 soit 14/40.

Box & Blocks : 80 cubes pour la main dominante, et 72 pour la main d'appoint.

Bilan 400 points : 83/43/68/70 soit 66%.

Retentissement émotionnel

Le bilan HADS retrouve un score de 7/21 pour la dépression et 4/21 pour l'anxiété.

BIBLIOGRAPHIE

1. Acerra NE, Souvlis T, Moseley GL. Stroke, complex regional pain syndrome and phantom limb pain: can commonalities direct future management? *J Rehabil Med.* 2007 Mar;39(2):109-14.
2. André J, Vielh-Ben Meridija 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 Réadaptation Méd Phys.* 1996;39:433-42.
3. Andre JM, Paysant J, Martinet N, Beis JM, Le Chapelain L. [Illusions of body normality in amputees and paraplegic patients]. *Rev Neurol (Paris).* 2001 Oct; 157(10):1237-43.
4. Beis JM, Andre JM, Vielh A, Ducrocq X. Event-related potentials in the segmental exclusion syndrome of the upper limb. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1998 Jun; 38(4):247-52.
5. Berman D, Derasmo MJ, Marti A, Berman AJ. Unilateral forelimb deafferentation in the monkey: purposive movement. *J Med Primatol.* 1978; 7(2):106-13.
6. Bioulac B, Burbaud P, Cazalets J, Gross C. Fonctions motrices. EMC.
7. Bonnet M, Decety J, Jeannerod M, Requin J. Mental simulation of an action modulates the excitability of spinal reflex pathways in man. *Brain Res Cogn Brain Res.* 1997 Mar; 5(3):221-8.
8. Brodie EE, Whyte A, Niven CA. Analgesia through the looking-glass? A randomized controlled trial investigating the effect of viewing a 'virtual' limb upon phantom limb pain, sensation and movement. *Eur J Pain.* 2007 May; 11(4):428-36.
9. Chaminade T, Meary D, Orliaguet JP, Decety J. Is perceptual anticipation a motor simulation? A PET study. *Neuroreport.* 2001 Dec 4; 12(17):3669-74.
10. Clark S, Tremblay F, Ste-Marie D. Differential modulation of corticospinal excitability during observation, mental imagery and imitation of hand actions. *Neuropsychologia.* 2004; 42(1):105-12.
11. Darnall BD. Self-delivered home-based mirror therapy for lower limb phantom pain. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009 Jan; 88(1):78-81.
12. de Vries S, Mulder T. Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *J Rehabil Med.* 2007 Jan; 39(1):5-13.
13. Decety J. Do imagined and executed actions share the same neural substrate? *Brain Res Cogn Brain Res.* 1996 Mar; 3(2):87-93.
14. Decety J. The neurophysiological basis of motor imagery. *Behav Brain Res.* 1996 May; 77(1-2):45-52.
15. Eisenberg E, Chistyakov AV, Yudashkin M, Kaplan B, Hafner H, Feinsod M. Evidence for cortical hyperexcitability of the affected limb representation area in CRPS: a

- psychophysical and transcranial magnetic stimulation study. *Pain*. 2005 Jan; 113(1-2):99-105.
16. Fecteau S, Pascual-Leone A, Theoret H. Psychopathy and the mirror neuron system: preliminary findings from a non-psychiatric sample. *Psychiatry Res*. 2008 Aug 15; 160(2):137-44.
 17. Forderreuther S, Sailer U, Straube A. Impaired self-perception of the hand in complex regional pain syndrome (CRPS). *Pain*. 2004 Aug; 110(3):756-61.
 18. Frettlöh J, Huppe M, Maier C. Severity and specificity of neglect-like symptoms in patients with complex regional pain syndrome (CRPS) compared to chronic limb pain of other origins. *Pain*. 2006 Sep; 124(1-2):184-9.
 19. 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*. 1995 Jul; 10(5):385-91.
 20. Galer BS, Jensen M. Neglect-like symptoms in complex regional pain syndrome: results of a self-administered survey. *J Pain Symptom Manage*. 1999 Sep; 18(3):213-7.
 21. Gemignani A, Di Stefano M, Sebastiani L, Ghelarducci B, Jeannerod M, Guazzelli M, et al. Influence of mental motor imagery on the execution of a finger-to-thumb opposition task. *Arch Ital Biol*. 2004 Feb; 142(1):1-9.
 22. Goss S, Hall C, Buckolz E, Fishburne G. Imagery ability and the acquisition and retention of movements. *Mem Cognit*. 1986 Nov; 14(6):469-77.
 23. Jackson PL, Meltzoff AN, Decety J. Neural circuits involved in imitation and perspective-taking. *Neuroimage*. 2006 May 15; 31(1):429-39.
 24. Jeannerod M. Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*. 1995 Nov; 33(11):1419-32.
 25. Johnson SH, Sprehn G, Saykin AJ. Intact motor imagery in chronic upper limb hemiplegics: evidence for activity-independent action representations. *J Cogn Neurosci*. 2002 Aug 15; 14(6):841-52.
 26. Karnath HO, Himmelbach M, Perenin MT. Neglect-like behavior in healthy subjects: dissociation of space exploration and goal-directed pointing after vestibular stimulation. *Exp Brain Res*. 2003 Nov; 153(2):231-8.
 27. Lajoie Y, Paillard J, Teasdale N, Bard C, Fleury M, Forget R, et al. Mirror drawing in a deafferented patient and normal subjects: visuoproprioceptive conflict. *Neurology*. 1992 May; 42(5):1104-6.
 28. Lewis JS, Kersten P, McCabe CS, McPherson KM, Blake DR. Body perception disturbance: a contribution to pain in complex regional pain syndrome (CRPS). *Pain*. 2007 Dec 15; 133(1-3):111-9.

29. Maertens de Noordhout A. Main et handicap : l'adaptation des postes de travail des personnes handicapées moteur. Actes des 7e Entretiens de l'Institut Garches ed. Paris: Arnette; 1994.
30. Maihofner C. Functional brain imaging in pain: Cortical plasticity in complex regional pain syndromes. *Neurologia croatica*. 2005; 54, Suppl 2:19-25.
31. McCabe C, Lewis J, Shenker N, Hall J, Cohen H, Blake D. Don't look now! Pain and attention. *Clin Med*. 2005 Sep-Oct; 5(5):482-6.
32. McCabe CS, Haigh RC, Ring EF, Halligan PW, Wall PD, Blake DR. A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of complex regional pain syndrome (type 1). *Rheumatology (Oxford)*. 2003 Jan; 42(1):97-101.
33. Moisello C, Bove M, Huber R, Abbruzzese G, Battaglia F, Tononi G, et al. Short-term limb immobilization affects motor performance. *J Mot Behav*. 2008 Mar; 40(2):165-76.
34. Monconduit L, Villanueva L. Intégration et modulation de la douleur dans le système nerveux central. *Neuropsychiatrie : Tendances et Débats*. 2005; 27:45-59.
35. Moseley GL. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial. *Pain*. 2004 Mar; 108(1-2):192-8.
36. Moseley GL. Imagined movements cause pain and swelling in a patient with complex regional pain syndrome. *Neurology*. 2004 May 11; 62(9):1644.
37. Moseley GL. Why do people with complex regional pain syndrome take longer to recognize their affected hand? *Neurology*. 2004 Jun 22; 62(12):2182-6.
38. Moseley GL. Is successful rehabilitation of complex regional pain syndrome due to sustained attention to the affected limb? A randomised clinical trial. *Pain*. 2005 Mar; 114(1-2):54-61.
39. Moseley GL. Distorted body image in complex regional pain syndrome. *Neurology*. 2005 Sep 13; 65(5):773.
40. Moseley GL. Using visual illusion to reduce at-level neuropathic pain in paraplegia. *Pain*. 2007 Aug; 130(3):294-8.
41. Moseley GL, Gallace A, Spence C. Is mirror therapy all it is cracked up to be? Current evidence and future directions. *Pain*. 2008 Aug 15; 138(1):7-10.
42. Pelissier J, Azouvi P, Beis JM, Pradat-Dielh P, Rode G, Rousseau M, et al. Les syndromes de négligence spatiale. Perennou D BV, Pelissier J, editor. Paris: Masson; 1998.
43. Perani D, Fazio F, Borghese NA, Tettamanti M, Ferrari S, Decety J, et al. Different brain correlates for watching real and virtual hand actions. *Neuroimage*. 2001 Sep; 14(3):749-58.

44. Pleger B, Tegenthoff M, Ragert P, Forster AF, Dinse HR, Schwenkreis P, et al. Sensorimotor retuning [corrected] in complex regional pain syndrome parallels pain reduction. *Ann Neurol*. 2005 Mar;57(3):425-9.
45. Porro CA, Cettolo V, Francescato MP, Baraldi P. Ipsilateral involvement of primary motor cortex during motor imagery. *Eur J Neurosci*. 2000 Aug;12(8):3059-63.
46. Ramachandran V, Blakeslee S. *Le Fantôme Intérieur* Odile Jacob; 2002.
47. Ramachandran VS. Plasticity and functional recovery in neurology. *Clin Med*. 2005 Jul-Aug; 5(4):368-73.
48. Rosen B, Lundborg G. Training with a mirror in rehabilitation of the hand. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 2005; 39(2):104-8.
49. Roth M, Decety J, Raybaudi M, Massarelli R, Delon-Martin C, Segebarth C, et al. Possible involvement of primary motor cortex in mentally simulated movement: a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroreport*. 1996 May 17; 7(7):1280-4.
50. Sathian K, Greenspan AI, Wolf SL. Doing it with mirrors: a case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair*. 2000;14(1):73-6.
51. Schwoebel J, Boronat CB, Branch Coslett H. The man who executed "imagined" movements: evidence for dissociable components of the body schema. *Brain Cogn*. 2002 Oct; 50(1):1-16.
52. Schwoebel J, Coslett HB, Bradt J, Friedman R, Dileo C. Pain and the body schema: effects of pain severity on mental representations of movement. *Neurology*. 2002 Sep 10; 59(5):775-7.
53. Schwoebel J, Friedman R, Duda N, Coslett HB. Pain and the body schema: evidence for peripheral effects on mental representations of movement. *Brain*. 2001 Oct; 124(Pt 10):2098-104.
54. Selles RW, Schreuders TA, Stam HJ. Mirror therapy in patients with causalgia (complex regional pain syndrome type II) following peripheral nerve injury: two cases. *J Rehabil Med*. 2008 Apr; 40(4):312-4.
55. Shenton JT, Schwoebel J, Coslett HB. Mental motor imagery and the body schema: evidence for proprioceptive dominance. *Neurosci Lett*. 2004 Nov 3; 370(1):19-24.
56. Sirigu A, Daprati E, Ciancia S, Giraux P, Nighoghossian N, Posada A, et al. Altered awareness of voluntary action after damage to the parietal cortex. *Nat Neurosci*. 2004 Jan; 7(1):80-4.
57. Sumitani M, Miyauchi S, McCabe CS, Shibata M, Maeda L, Saitoh Y, et al. Mirror visual feedback alleviates deafferentation pain, depending on qualitative aspects of the pain: a preliminary report. *Rheumatology (Oxford)*. 2008 Jul; 47(7):1038-43.
58. Sutbeyaz S, Yavuzer G, Sezer N, Koseoglu BF. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007 May; 88(5):555-9.

59. Swart CM, Stins JF, Beek PJ. Cortical changes in complex regional pain syndrome (CRPS). *Eur J Pain*. 2009 Oct; 13(9):902-7.
60. Umansky R. The hand sock, an artificial handicap to prehension in infancy, and its relation to clinical disuse phenomena. *Pediatrics*. 1973 Oct;52(4):546-5.
61. Vladimir Tichelaar YI, Geertzen JH, Keizer D, Paul van Wilgen C. Mirror box therapy added to cognitive behavioural therapy in three chronic complex regional pain syndrome type I patients: a pilot study. *Int J Rehabil Res*. 2007 Jun;30(2):181-8.
62. Xerri C. Plasticité des représentations somesthésiques et illusions perceptives : le paradoxe du membre fantôme. *Intellectica*. 2003;36-37:67-87.
63. Yavuzer G, Selles R, Sezer N, Sutbeyaz S, Busmann JB, Koseoglu F, et al. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008 Mar;89(3):393-8.
64. Zanette G, Manganotti P, Fiaschi A, Tamburin S. Modulation of motor cortex excitability after upper limb immobilization. *Clin Neurophysiol*. 2004 Jun;115(6):1264-75.

VU

NANCY, le 21 décembre 2009

Le Président de Thèse

NANCY, le 5 janvier 2010

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur J. PAYSANT

Professeur H. COUDANE

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE

NANCY, 7 janvier 2010

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY 1

Par délégation

Madame C. CAPDEVILLE-ATKISON

RESUME

TITRE : LE PHENOMENE D'EXCLUSION SEGMENTAIRE DU MEMBRE SUPERIEUR CHEZ L'ADULTE : DESCRIPTION et APPROCHES THERAPEUTIQUES CONVENTIONNELLE ET PAR MIROIR

Le diagnostic clinique du syndrome d'exclusion est souvent tardif, à l'origine de séquelles par retard thérapeutique.

S'appuyant sur la littérature et sur une série d'exclus du membre supérieur, l'ensemble des signes constitutifs du phénomène d'exclusion sont exposés, et les signes cliniques cardinaux à rechercher sont mis en exergue.

Les données récentes de la pathogénie et des enchaînements physiopathologiques sont présentés. Ces réflexions théoriques sont à l'origine des thérapies nouvelles par leurre sensoriel.

L'étude interventionnelle comporte des thérapies conventionnelles et par miroir.

Les résultats témoignent de l'efficacité d'une approche globale intégrant les concepts utilisés en réadaptation de pathologies locomotrices périphériques et neurologiques centrales.

Des programmes plus complets d'imagerie motrice sont un nouvel espoir pour les patients souffrant de phénomène d'exclusion.

TITRE EN ANGLAIS

Upper limb neglect-like syndrome on adults : description, conventional therapy and mirror therapy.

THÈSE DE MÉDECINE SPÉCIALISÉE

Date de soutenance : 9 Février 2010

MOTS CLEFS :

Phénomène d'exclusion, dysafférentation, trouble attentionnel, troubles du schéma corporel, douleur, plasticité cérébrale, miroir, programme d'imagerie motrice.

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR :

Faculté de Médecine de Nancy
9, Avenue de la Forêt de Haye
54505 VANDOEUVRE LES NANCY CEDEX