



Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail et a été validé par l'auteur et son directeur de mémoire en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'Enseignement intégrée à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'IFMK de Nancy n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à disposition de la communauté scientifique 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 : secretariat@kine-nancy.eu

Liens utiles

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

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION GRAND EST
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

**Efficacité et faisabilité d'un protocole exploitant de manière
simultanée la thérapie miroir et la stimulation électrique
comparé à un protocole conventionnel de thérapie miroir
chez le patient hémiplégique**

**Sous la direction de
Claudie CHAUVIÈRE**

Mémoire présenté par **Pierre FRANÇOIS**,
étudiant en 4^{ème} année de masso-kinésithérapie,
en vue de valider l'UE 28
dans le cadre de la formation initiale du
Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute

Promotion 2016-2020.



UE 28 - MÉMOIRE
DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e),FRANCOIS Pierre.....

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à Metz....., le 20/4/2020

Signature

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont accompagné pendant la formation et toutes celles qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

Tout d'abord, j'aimerais remercier ma directrice de mémoire, Mme Claudie CHAUVIÈRE, cadre coordinatrice au centre de rééducation de Lay-Saint-Christophe, pour son temps, ses conseils avisés et sa bienveillance tout au long de la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier tous les enseignants de l'IFMK de Nancy, et plus particulièrement M FERRING, mon référent, pour tous les conseils qu'il a pu me prodiguer durant ces quatre années, Mme BUATOIS pour ses recommandations pour la méthodologie et la partie statistique du mémoire, Mme JAMBEAU pour son aide lors de l'établissement du protocole et M CORDIER, qui a su développer mon intérêt et ma réflexion pour la kinésithérapie durant ses travaux pratiques. Je tiens aussi à remercier Mme MANGIN, Mme FRANOUX, Mme BIEDIGER et M JACQUOT pour leur disponibilité et leur gentillesse.

Je remercie également le personnel du service de rééducation de Lay-Saint-Christophe pour son aide et sa disponibilité lors de la réalisation du protocole.

Je remercie toutes les personnes qui m'ont accompagné pendant toutes ces années :

Messieurs Yann VERECCHIA, Pierrick BARBA, Lucas DUGRAVOT, François MOUTON, dits « le quintuple », qui ont été à mes côtés pendant toute la formation.

Mes parents pour leurs encouragements au quotidien et pour avoir relu mon mémoire.

Et enfin ma conjointe, Apolline qui m'aura supporté du début à la fin. Je la remercie pour son amour, pour sa confiance, et pour son soutien sans faille.

« Rien ne se passe comme prévu, c'est la seule chose que nous apprend le futur en devenant du passé. »

-Daniel Pennac-

Efficacité et faisabilité d'un protocole exploitant de manière simultanée la thérapie miroir et la stimulation électrique comparé à un protocole conventionnel de thérapie miroir chez le patient hémiplégique

Introduction : La rééducation motrice du membre supérieur du patient hémiplégique constitue un réel challenge pour les masseurs-kinésithérapeutes. Parmi les techniques proposées, certains auteurs se sont intéressés à l'utilisation simultanée de la thérapie miroir associée à une facilitation générée par stimulation électrique (TM/SE). Les résultats obtenus semblent prometteurs mais la diversité des protocoles complique leurs comparaisons. Le protocole proposé a été construit au vu des modalités présentées dans la littérature et sa réalisation déclinée sur un échantillon de quelques patients.

Matériel et méthode : Mis en place au Centre de rééducation de Lay-Saint-Christophe, le protocole est un essai contrôlé randomisé en simple aveugle sur 4 semaines mais, avec 3 patients seulement, il se rapporte à une étude de cas comparant un groupe bénéficiant de thérapie miroir conventionnelle (N = 1) à un groupe TM/SE (N = 2). Ont été inclus des patients hémiplégiques atteints d'AVC non évolutif, avec des déficiences motrices sévères (FMA-UP < 20), capables de comprendre et d'exécuter des consignes simples. Les critères de jugement principaux sont le Fugl-Meyer-Assessment, le Box and Block Test, l'échelle d'Ashworth modifiée. Les critères de jugement secondaires sont la douleur, la force et la satisfaction du patient. Les contrôles sont réalisés à J0, à J28 et J49.

Résultats : La taille de la population ne permet pas d'affirmer la supériorité d'un protocole. En début d'étude, les caractéristiques des patients 1 et 2 sont assez comparables. Le patient 1 (TM/SE) montre une amélioration de la fonction motrice (FMA-UP J0 : 4, FMA-UP J28 : 54) et une diminution de la spasticité. Le patient 2 (TM) présente une amélioration de la fonction motrice (FMA-UP J0 : 4, FMA-UP J28 : 29), une diminution de la spasticité mais une augmentation de la douleur. Le patient 3 (TM/SE) n'a démontré aucune évolution notable. Aucun effet indésirable n'a été rapporté durant l'étude.

Discussion : Cette étude confirme la faisabilité du protocole et suggère que la TM/SE peut être efficace dans la rééducation motrice du membre supérieur du patient hémiplégique comme les résultats proposés par la littérature. L'analyse du protocole montre ses limites et propose des axes d'améliorations.

Mots-clés : AVC, fonction motrice, membre supérieur, thérapie miroir, stimulation électrique

Efficacy and feasibility of mirror therapy combined with electrical stimulation compared to a conventional mirror therapy protocol for the hemiplegic patient

Introduction: Motor rehabilitation of the upper limb of a hemiplegic patient is a real challenge for physiotherapists. Among the techniques proposed, some authors focus on the simultaneous application of mirror therapy associated with a facilitation generated by electrical stimulation (MT/ES). The results obtained seem promising but the diverse protocols makes it complicated to compare them. The proposed protocol was constructed in view of the methods presented in the literature and its application on a population consisting of a few patients.

Material and method: The 4-week single-blind randomized controlled trial was set up at the Lay-Saint-Christophe Rehabilitation Center. However, with the involvement of only 3 patients, a case study was conducted comparing a group undergoing a conventional mirror therapy (N = 1) with a MT/ES group (N = 2). Hemiplegic patients with non-progressive stroke, with severe motor impairments (FMA-UP <20), able to understand and execute simple instructions were included in the aforementioned study. The primary outcomes are the Fugl-Meyer-Assessment, the Box and Block Test, the modified Ashworth scale. The secondary outcomes are pain, strength and patient's satisfaction. Check-ups were done at D0, D28 and D49.

Results: The size of the population does not allow to confirm the superiority of a protocol. At the beginning of the study, the characteristics of patients 1 and 2 were fairly comparable. Patient 1 (MT/ES) shows an improvement in motor function (FMA-UP D0: 4, FMA-UP D28: 54) and a decrease in spasticity. Patient 2 (MT) presents an improvement in motor function (FMA-UP D0: 4, FMA-UP D28: 29), a decrease in spasticity but an increase in pain. Patient 3 (MT/ES) showed no significant change. No adverse effects were reported during the study.

Discussion: This study confirms the feasibility of the protocol and suggests that the MT/ES could be effective in motor rehabilitation of the upper limb of a hemiplegic patient, supported by the results found in the literature. The analysis of the protocol shows its limitation and suggests areas for improvement.

Keywords : Stroke, motor function, upper extremity, mirror therapy, electrical stimulation

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte.....	1
1.2. L'accident vasculaire cérébral	4
1.2.1. Physiopathologie.....	4
1.2.2. Évolution.....	5
1.3. Description des techniques utilisées.....	6
1.3.1. La thérapie miroir	6
1.3.2. La stimulation électrique	7
1.3.3. Mécanismes d'actions.....	8
1.3.3.1. Thérapie miroir.....	8
1.3.3.2. Stimulation électrique	10
2. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	10
2.1. Stratégie de recherche documentaire.....	10
2.2. Population.....	13
2.2.1. Critères d'inclusion	13
2.2.2. Critères de non-inclusion	13
2.2.3. Critères d'exclusion	14
2.3. Critères de jugement.....	14
2.3.1. Critères de jugement principaux	14
2.3.2. Critères de jugement secondaires	15
2.4. Organisation du recueil de données.....	16
2.4.1. Recueil d'informations initiales.....	16
2.4.2. Recueil des résultats.....	16
2.5. Matériel utilisé	17
2.6. Méthode	18
2.6.1. Modalités de randomisation et d'évaluation.....	18
2.6.2. Réunion d'information	18
2.6.3. La phase expérimentale.....	19
2.6.3.1. Installation des patients et du matériel	19
2.6.3.2. Déroulement du protocole	20

2.6.3.2.1. Le traitement conventionnel.....	20
2.6.3.2.2. Le traitement spécifique de J0 à J7	21
2.6.3.2.3. Le traitement spécifique de J7 à J28.....	22
2.6.3.2.4. Le traitement de J28 à J49	23
2.7. Méthode statistique.....	23
3. RÉSULTATS	24
3.1. Caractéristiques de la population	24
3.2. Résultats des critères de jugement principaux.....	25
3.2.1. Fugl-Meyer-Assessment Upper Extremity	25
3.2.2. Box and Blocks Test	26
3.2.3. Échelle d’Ashworth modifiée.....	27
3.3. Résultats des critères de jugement secondaires.....	28
3.3.1. Évaluation de la douleur	28
3.3.2. Épreuve de force	29
3.3.3. Évaluation de la satisfaction.....	30
4. DISCUSSION.....	31
4.1. Analyse des résultats.....	31
4.1.1. Patient 1	31
4.1.2. Patient 2	32
4.1.3. Patient 3	33
4.1.4. Comparaison des résultats avec la littérature.....	34
4.1.5. Biais de l’étude	35
4.2. Analyse du protocole.....	36
4.2.1. Comparaison avec les protocoles retrouvés dans la littérature	36
4.2.1.1. Critères d’inclusion et de non inclusion	36
4.2.1.2. Modalités de traitement.....	37
4.2.1.3. Spécificité de TM/SE.....	38
4.2.2. Critique du protocole	39
4.2.2.1. Matériel.....	39
4.2.2.2. Organisation.....	40
4.2.2.2.1. Délai d’inclusion.....	40
4.2.2.2.2. Organisation des séances	40

4.2.2.3. Moyens humains.....	41
4.2.2.4. Choix des critères de jugement.....	41
4.2.3. Remarques de l'équipe soignante et des patients	42
4.3. Possibles mécanismes de la TM/SE	42
4.4. Ouverture	43
5. CONCLUSION.....	45
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

Liste des abréviations

AVC : Accident vasculaire cérébral

BBT : Box and block Test

EVA : Échelle visuelle analogique

FD : Flexisseurs des doigts

FH : Flexisseurs de l'hallux

FMA : Fugl-Meyer-Assessment

FMA-UP : Fugl-Meyer-Assessment for the upper extremity

FP : Flexisseurs du poignet

HAS : Haute autorité de santé

OMS : Organisation mondiale de la santé

TM : Thérapie miroir

TM/SE : Thérapie miroir et stimulation électrique simultanée

SE : Stimulation électrique

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

D'après l'organisation mondiale de la santé (OMS), l'accident vasculaire cérébral (AVC) est « *un déficit brutal d'une fonction cérébrale focale sans autre cause apparente qu'une cause vasculaire* » [1]. Chaque année, 130 000 personnes en moyenne sont touchées par un AVC en France. Du fait du vieillissement de la population, l'incidence des AVC est en constante augmentation. Les conséquences de cette pathologie cérébro-vasculaire sont importantes. En France, elle est la première cause de handicap acquis chez l'adulte, la deuxième cause de démence, ainsi que la troisième cause de mortalité. De plus, les coûts engendrés par la prise en charge des patients atteints d'AVC représentent une somme considérable pour l'Assurance Maladie. Dans l'optique d'améliorer la prévention ainsi que le traitement des AVC, le plan d'action national AVC 2010-2014 a été mis en place [1], [2].

La réalisation de ce mémoire s'inscrit donc dans un contexte caractérisé par un problème de santé publique majeur que représente l'AVC. Parmi les différentes déficiences causées par l'accident vasculaire cérébral, le choix a été fait de s'intéresser tout particulièrement à la rééducation du membre supérieur. En effet, les déficits neuro-moteurs (hémiplégie) et neuro-sensitifs du membre supérieur persistent plusieurs mois après l'AVC et sont à l'origine de nombreuses restrictions de participations pour les patients. De plus, ce spectre pathologique est souvent associé à des troubles neuro-cognitifs et/ou neuro-visuels (telle que l'hémianopsie), qui ont évidemment un impact sur la rééducation. Il semble donc primordial de proposer un suivi rééducatif le plus adapté possible afin qu'ils retrouvent un maximum d'autonomie.

De nombreuses techniques de rééducation sont couramment utilisées pour la rééducation motrice du membre supérieur des patients hémiplegiques, comme certaines approches neurophysiologiques tel que le concept de Bobath ou la méthode Kabat, l'électrothérapie, la thérapie miroir et d'autres techniques plus novatrices comme l'utilisation de la réalité virtuelle [1]. La complexité du tableau clinique du patient hémiplegique impose au rééducateur de sélectionner les techniques les plus adaptées à réaliser selon son évolution. Parmi celles-ci, il peut être intéressant d'examiner le moyen de les rendre les plus efficaces possibles.

Parmi ces techniques, l'utilisation de la thérapie miroir (TM) et de la stimulation électrique (SE) sur le membre supérieur vont être plus spécifiquement développées. En 2012, les premières publications regroupées dans l'étude Cochrane montrent que la TM peut avoir des effets bénéfiques sur la fonction motrice [3]. Depuis, les résultats de l'étude Cochrane de 2018 sur une population de plus de 1000 sujets démontrent une efficacité significative de la TM comparée aux autres interventions pour la rééducation de la fonction motrice du patient hémiplegique [4]. D'autres études telles que celle de Zeng *et al.* [5], ainsi que celle de Pérez-Cruzado *et al.* démontrent des résultats similaires [6]. Au sujet de l'utilisation de la SE appliquée au membre supérieur, la HAS, toujours en 2012, concluait que la SE n'a pas montré d'efficacité supérieure par rapport aux autres thérapies conventionnelles [1]. Bien qu'aucune preuve significative n'ait affirmé l'efficacité de la SE, du fait du bas grade des articles réalisés, plusieurs auteurs mettent en avant les résultats prometteurs de celle-ci, tel que Eraifej *et al.*, Howlett *et al.*, ainsi que Yang *et al.* [7]-[9].

Il y a une dizaine d'années, Yun *et al.* ont été parmi les premiers à proposer un protocole utilisant de manière simultanée les deux techniques que sont la TM et la SE (TM/SE) [10]. Il est supposé que la SE facilite l'apprentissage moteur réalisé pendant la TM. Sur les 7 articles trouvés s'intéressant à une possible synergie de la TM/SE, les résultats semblent montrer l'efficacité de ce traitement combiné, toutefois le faible effectif des populations étudiées ne permet pas d'avoir de certitudes [10]-[13]. De plus, la variété des protocoles utilisés rend difficile la comparaison des résultats de ces études, au vu des modalités d'applications très différentes. Comme exemple, dans l'étude de Nagapattinam *et al.* le patient doit adapter le rythme de son mouvement à celui de la stimulation [14], alors que dans le protocole proposé par Schick *et al.* le patient doit reproduire périodiquement le mouvement [15]. Une seule étude utilise un contacteur placé sous la main saine pour synchroniser la stimulation de la main lésée et le mouvement de la main saine. Cette étude compare un groupe TM/SE et un groupe contrôle bénéficiant d'une thérapie conventionnelle [12].

L'utilisation d'un contacteur pour rendre le mouvement des deux mains le plus simultané possible, paraît être le moyen le plus judicieux pour reproduire au mieux un mouvement symétrique. Dans ce travail d'initiation à la recherche, le but est donc de comparer l'efficacité d'un protocole combinant la TM et la SE utilisant un contacteur à un protocole de TM classique sur le patient hémiplegique. Afin de répondre à cette problématique, un pré-protocole est réalisé. Pour évaluer l'efficacité des traitements, différentes évaluations du membre supérieur sont utilisées concernant la fonction motrice et la spasticité. De plus,

d'autres indicateurs sont choisis pour suivre l'évolution de la douleur des patients et leur satisfaction vis à vis de leur prise en charge. C'est ainsi que s'élabore la question à laquelle ce travail va essayer de répondre : **l'utilisation simultanée de la thérapie miroir et de la stimulation électrique comparée à la thérapie miroir seule permet-elle d'obtenir de meilleurs résultats dans la rééducation du patient hémiplegique ?**

Pour répondre à cette question, l'objectif est la rédaction d'un protocole optimal, inspiré de la littérature et adapté afin de diminuer le risque de biais et de faciliter sa réalisation. Ce protocole est un essai contrôlé randomisé en simple aveugle d'une durée de 4 semaines. Il compare deux groupes suivant quotidiennement soit une séance de thérapie miroir soit une séance de thérapie miroir associée à la stimulation électrique. Compte tenu des délais imposés par la rédaction du mémoire, seule une étude préliminaire a été réalisée d'après celui-ci. Au final, avec 3 patients inclus au terme du protocole, cette étude préliminaire se rapporte à une étude de cas.

En rapport avec cette question de recherche, plusieurs hypothèses ont été proposées :

- Hypothèse n°1 : L'utilisation de TM/SE dans la rééducation de patients hémiplegiques est plus efficace pour améliorer la fonction motrice du membre supérieur que l'utilisation de la TM seule
- Hypothèse n°2 : La TM/SE permet aux patients de ressentir une diminution de leurs douleurs, une diminution de la spasticité et d'être plus satisfaits de leur traitement que ceux du groupe TM.

Tout d'abord, un court rappel sur la physiopathologie de l'AVC est proposé. Dans les suites, quelques mécanismes d'actions plausibles de la TM et de la SE sont énoncés. Ensuite, la stratégie de recherche documentaire est présentée, puis en détail, le déroulement du protocole avec analyse statistique est exposé. Après cela, les résultats basés sur l'étude préliminaire sont traités. Ceux-ci, permettent d'alimenter la discussion. Elle présente l'analyse des résultats obtenus, puis elle s'intéresse à la critique du protocole mis en place. Enfin, la conclusion est présentée.

1.2. L'accident vasculaire cérébral

1.2.1. Physiopathologie

Les accidents vasculaires cérébraux sont la conséquence d'une ischémie aigüe du parenchyme cérébral. Or, le cerveau consomme une grande quantité d'oxygène et de glucides afin de fonctionner correctement. Ces apports sont permis par la circulation sanguine. Donc, si le cerveau est privé d'apport sanguin et par conséquent d'oxygène, ses besoins ne sont plus satisfaits, ce qui engendre une souffrance de la zone cérébrale privée des substrats nécessaires à son fonctionnement. La zone en souffrance sera plus ou moins étendue en fonction de la gravité de l'atteinte vasculaire, mais aussi selon la possibilité de suppléance artérielle ou non. Si une zone ne reçoit plus aucun apport sanguin, le tissu nerveux central se nécrose. Cette nécrose, véritable mort cellulaire, va s'étendre peu à peu en périphérie, dans la zone de pénombre ischémique si le débit sanguin n'est pas rétabli, entraînant une perte de fonction cérébrale [16], [17].

Le mécanisme principal responsable d'AVC reste ischémique dans 80 à 85% des cas. La diminution transitoire, voire permanente du flux sanguin peut être la conséquence d'une artériosclérose (30%), d'une maladie lacunaire (20%) voir d'un accident embolique (20%) ou thrombotique [16], [18]. Le second mécanisme lésionnel est hémorragique, causé le plus souvent par l'hypertension artérielle [16].

La localisation hémisphérique de la lésion entraîne une variété de tableaux cliniques. Globalement, lors d'un AVC, des atteintes d'une gravité plus ou moins marquée sont retrouvées au niveau des fonctions motrices, sensibles, de la vision, de l'audition et du langage [16], [18]. La spécificité des tableaux cliniques se comprend par rapport aux territoires artériels lésés [16], [19]. Cette classification permet de mieux comprendre l'état de chaque patient et ainsi d'adapter au mieux les traitements (Voir Tab. I).

Tableau I : Principales manifestations cliniques des infarctus cérébraux en fonction des territoires artériels [16]

Circulation antérieure	Artère ophtalmique	• Cécité monoculaire
	Artère cérébrale antérieure	• Déficit moteur à prédominance crurale • Syndrome frontal
	Artère cérébrale moyenne superficielle	• Déficit moteur à prédominance brachiofaciale • Aphasie ou hémiparésie
	Artère cérébrale moyenne profonde	• Hémiplégie proportionnelle
Circulation postérieure	Artère cérébrale postérieure	• Hémianopsie latérale homonyme • Hémianesthésie
	Territoire vertébrobasilaire	• Syndrome alterne (Wallenberg) • Syndrome cérébelleux • Infarctus médullaire cervical

1.2.2. Évolution

Le taux de mortalité reste très élevé après un AVC, avec environ 28% de décès à un an [20]. Pour les survivants, l'évolution est variable allant du rétablissement complet à des situations de dépendances majeures. [16].

L'évolution des capacités des patients après un AVC dépend de plusieurs facteurs : l'origine et l'impact de l'AVC, l'âge des patients, leur environnement (aidant). Tous ces facteurs semblent avoir un intérêt pronostic. A taille égale, l'hémorragie peut être de meilleur pronostic qu'un infarctus, les tissus cérébraux comprimés et non lésés pouvant retrouver leur fonction antérieure. Quel que soit le mécanisme lésionnel, le thérapeute est confronté à des complications (récidive, spasticité, SDRC, troubles cognitifs...) qui limitent les possibilités de récupérations fonctionnelles [16].

La récupération va être permise par deux facteurs principaux. Tout d'abord, la plasticité cérébrale ou neuroplasticité, décrite comme « *la propriété que possèdent les cellules nerveuses et les ensembles neuronaux de pouvoir modifier leur forme (aspect structural), leur réseau de connectivité et/ou leur mode de fonctionnement (aspect fonctionnel)* ». Elle a d'abord lieu lors du développement cérébral et permet son organisation en fonction des expériences vécues. Mais elle peut aussi être mise en jeu lors de la restauration des fonctions nerveuses après une lésion [21]. Après un AVC, la neuroplasticité a lieu dans l'hémisphère lésé, mais également dans l'hémisphère sain [22], [23]. L'étude des mécanismes de plasticité

cérébrale est permise par l'évolution des techniques d'imagerie non invasive, comme par exemple grâce à l'IRM fonctionnelle [23]. Malgré tout, la distinction des mécanismes de plasticité selon le modèle structural ou le modèle fonctionnel reste compliquée car ils sont interdépendants. De plus, l'action finale de ces mécanismes de plasticité va dépendre de facteurs individuels comme l'âge, la lésion, les exercices et bien d'autres, ce qui rend encore plus difficile l'étude de ces réorganisations post-lésionnelles [21]. A ces mécanismes de plasticité, s'associe le deuxième point de récupération. C'est la mise en place de stratégies fonctionnelles face au handicap résiduel. Elles sont travaillées dans les services de rééducation dès l'arrivée du patient.

C'est par le biais de ces deux principes que la TM et la SE peuvent permettre de moduler la récupération des patients atteints d'AVC.

1.3. Description des techniques utilisées

1.3.1. La thérapie miroir

D'abord présentée par Ramachandran en 1995 pour traiter les douleurs fantômes chez les patients amputés, la thérapie miroir a peu à peu été adaptée pour d'autres pathologies [24]. Ainsi, en 1999, Altshuler *et al.* ont proposé cette thérapie à des patients atteints d'hémiplégie suite à un AVC [25]. La TM consiste à placer un miroir entre les deux membres du patient. Le but est ainsi de refléter l'image du membre sain par le miroir. Le patient ne voit pas le membre « lésé », mais uniquement le reflet du membre sain. Par ce mécanisme, le but est de leurrer le cerveau par les afférences visuelles renvoyées par le miroir, en faisant croire au sujet hémiplégique que le membre lésé a récupéré un mouvement normal. En effet, comme expliqué précédemment, la TM a une efficacité significative dans la rééducation de la fonction motrice selon Thieme et pourrait être plus efficace que les autres interventions pour le traitement de la douleur et de l'héminégligence [4]. La TM semble également diminuer la spasticité à court terme [26].

De nombreux protocoles sont décrits dans la littérature. Celui du centre de rééducation de Lay-Saint-Christophe et proposé par J-M Beis *et al.* est intéressant car progressif [27]. Pour réaliser ce protocole, ils se sont notamment basés sur l'article de McCabe de 2011 et sur celui de Rothgangel *et al.* de 2013 qui propose une synthèse ainsi qu'un protocole à destination des professionnels [28], [26]. La TM suit une progression en 3 étapes de 2 semaines chacune,

soit 6 semaines d'entraînement. Les séances durent 20 minutes par jour et sont réalisées 5 jours par semaine. Différents mouvements sont réalisés avec une minute de pause entre chaque série. La première période (T1) est une phase sans activité motrice du côté lésé. Le patient se concentre sur le reflet du membre sain qui réalise des mouvements actifs et imagine que cette image spéculaire n'est autre que son membre pathologique. La deuxième période (T2) débute par une phase identique à (T1), puis se poursuit par les mêmes exercices, tandis que le kinésithérapeute réalise une mobilisation passive synchrone du membre lésé derrière le miroir pour chacune des séquences de mouvement. Enfin, lors de la dernière période (T3), 5 mouvements sont réalisés à l'identique de (T2), puis le patient essaye de réaliser activement des mouvements du membre lésé, synchronisés avec les mouvements du membre sain. Le but de cette phase est « *l'intentionnalité du geste* » du côté lésé, même s'il ne peut être réalisé dans son entièreté [27].

1.3.2. La stimulation électrique

D'après la HAS, la stimulation électrique fonctionnelle est « *l'application continue d'un courant électrique sur la peau, au niveau d'un point précis en regard d'un nerf ou d'un muscle, pour obtenir une contraction musculaire utile au mouvement* » [1]. La stimulation a pour but d'engendrer la contraction musculaire de la zone stimulée. Pour cela, au niveau du membre supérieur, deux électrodes sont généralement utilisées afin d'engendrer la stimulation, l'efficacité de leur placement est testée avant le début de la stimulation. Les paramètres sont ajustés en fonction des muscles visés.

Bien qu'aucune preuve ne démontre l'efficacité de la stimulation électrique pour la rééducation de la fonction motrice, certaines études mettent en avant son efficacité dans le traitement de la spasticité. En effet, lorsqu'elle est comparée à un groupe contrôle, la stimulation électrique permettrait d'obtenir de meilleurs résultats et engendrerait une diminution de la spasticité et une augmentation des amplitudes articulaires [29].

Dans ce protocole, bien que le but final soit des mouvements orientés vers une fonction, les exercices mis en œuvre n'incluent pas de mouvements dits fonctionnels. La stimulation électrique proposée reste une stimulation électrique cyclique. Le montage, les paramètres et les effets restent similaires. Cependant, l'hétérogénéité des protocoles ne permet pas de statuer sur des modalités de réalisations précises.

1.3.3. Mécanismes d'actions

1.3.3.1. Thérapie miroir

La thérapie miroir peut paraître simple, mais les mécanismes sous-jacents sont bien plus complexes et diversifiés que ce qui pourrait être supposé par intuition. Actuellement, plusieurs hypothèses complémentaires tentent d'expliquer l'efficacité de la thérapie miroir.

La première hypothèse consiste en l'implication des neurones miroirs dans l'efficacité de la TM. Ce système mis en évidence par Rizzolatti, regroupe plusieurs structures cérébrales dont le cortex prémoteur, l'aire motrice supplémentaire, le gyrus frontal inférieur, et le lobule pariétal inférieur. Ces neurones miroirs auraient un rôle dans l'apprentissage moteur lors d'imitations à partir de modèles. C'est par un mécanisme de décomposition de l'action observée en séquence élémentaire que les neurones miroirs permettraient d'intégrer plus facilement un nouveau mouvement [30]-[33]. La thérapie miroir permettrait de faciliter l'activation de ce système, par le biais de l'imagerie motrice dans un premier temps puis par le principe d'action/observation lorsque le patient se concentre sur le mouvement répété, engendré par son membre sain dans le miroir [34].

Selon la supposition suivante, la TM permet de recruter des voies de conduction normalement inhibées chez le sujet sain. Ainsi, la thérapie miroir participerait également au recrutement de voies de conduction normalement « dormantes », inhibées. Elles auraient pour origine l'hémisphère sain et se projetteraient ipsilatéralement, pour contrôler l'hémicorps plégique. En augmentant le recrutement de ces voies corticales, la thérapie miroir pourrait participer à l'amélioration de la fonction motrice déficitaire [31].

La troisième hypothèse met en avant l'augmentation de l'attention du patient sur le membre plégique provoquée par la thérapie miroir. En effet, la thérapie miroir repose en partie sur l'intensité de la concentration du patient sur l'image renvoyée par le miroir. Lors des exercices, il est demandé au patient d'apporter une attention maximale sur son membre lésé. Une répétition quotidienne de ces exercices peut contribuer au maintien du membre plégique dans le schéma corporel du patient, comme la thérapie contrainte oblige le patient à se focaliser sur son membre déficitaire [31].

Enfin, l'étude des voies de conduction au niveau cortical, démontre l'existence de plusieurs boucles de conduction activées par la thérapie miroir [31]. Certaines peuvent, en partie, donner du crédit aux hypothèses ci-dessus. Plusieurs articles se sont intéressés à ces actions corticales afin de comprendre les mécanismes centraux mis en jeu par l'utilisation de la thérapie miroir.

Grâce à l'étude des ondes bêta (reconnue pour leur relation avec le mouvement) par magnétoencéphalographie, les recherches démontrent chez le sujet sain une activation similaire du cortex moteur primaire (aire M1) dans les deux hémisphères au repos, alors qu'elles sont supprimées dans les deux hémisphères pendant le mouvement bilatéral normal. L'inhibition d'activité lors du mouvement serait provoquée par voie GABAergique. Quasiment aucune différence n'est relevée au cours du mouvement bilatéral sous condition de thérapie miroir. Tandis que chez le patient hémiparétique, une asymétrie importante est retrouvée pendant le mouvement bilatéral simple avec une activité dans l'aire M1 lésée moins importante qu'en controlatéral. A contrario, lors des séances de thérapie miroir, l'asymétrie d'activité est grandement réduite chez les patients alors que chez les sujets sains, elle reste inchangée. Il est supposé que l'utilisation de la thérapie miroir permet d'égaliser la balance d'activité entre les deux hémisphères non seulement en augmentant l'activité de l'hémisphère lésé mais également en diminuant l'activité de l'hémisphère sain [35]. Novaes *et al.* notent également une réduction de l'activité de l'hémisphère sain. Ce mécanisme favoriserait la plasticité cérébrale [36].

Associées au phénomène cortical précédemment décrit, d'autres réponses à la stimulation produite par la thérapie miroir sont retrouvées grâce à différentes techniques d'imagerie dont l'IRM fonctionnelle, la magnétoencéphalographie, la tomographie par émission de positons et d'autres techniques moins spécifiques. Ces réponses sont l'augmentation de l'activité dans les aires visuelles et somato-sensorielles due à l'augmentation de l'attention afin de résoudre le conflit visuel produit par le miroir. Cela est associé à une excitabilité du cortex pariétal postéro-supérieur et sa partie médiale le pré-cuneus qui joue un rôle dans l'attention et dans le traitement des informations visuo-spatiales, ainsi qu'à une activation du cortex cingulaire, considéré comme une zone d'échange d'informations très importante [31].

Enfin, une augmentation de l'activité du gyrus temporal supérieur (et le sulcus voisin) et du cortex prémoteur est également retrouvée. Ces aires font parties du réseau de neurones miroirs. Cette activation se fait majoritairement du côté de la lésion et permettrait une meilleure récupération motrice [31].

1.3.3.2. Stimulation électrique

La stimulation électrique (SE) est communément utilisée en rééducation neurologique. Par son mécanisme d'action, la SE produit des effets périphériques et centraux. Les effets périphériques mis en jeu lors de l'utilisation de la SE sont assez bien connus, tels que l'augmentation de la force contractile et de la masse musculaire, de la résistance à la fatigue, mais aussi des effets sur l'œdème, et sur l'atrophie musculaire présente chez les patients hémiplésiques [37].

Au niveau central, les mécanismes sont plus complexes. Plusieurs recherches s'accordent sur le fait que la SE améliore les mécanismes de plasticité cérébrale selon les principes d'Hebbian. Cette théorie suppose qu'une activation répétée de réseaux neuronaux présynaptiques concordant avec l'activité des réseaux neuronaux post-synaptiques renforce leurs connexions. La SE permettrait cette concordance en stimulant de manière répétée le mouvement [37]-[39], [22]. Associée à cela, la réorganisation corticale est également une hypothèse proposée par plusieurs articles. En effet, l'étude de l'activité cérébrale montre une activation au niveau du cortex sensitivomoteur, de l'aire motrice supplémentaire et du cortex moteur primaire, ces zones cérébrales étant impliquées dans la motricité du membre supérieur [37]-[39], [22].

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Stratégie de recherche documentaire

Les recherches bibliographiques ont été finalisées le 4/11/19. Plusieurs bases de données informatiques ont été utilisées : Pubmed, ScienceDirect, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), The Cochrane Library, Kinédoc, le site de la haute autorité de santé (HAS), de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), du collège des

enseignants de neurologie (CEN) et de l'organisation mondiale de la santé (OMS). De plus, certains articles ont été trouvés grâce à la consultation de bibliographies d'articles pertinents.

Pour l'introduction, les recherches ont été réalisées dans la littérature anglo-saxonne à partir de mots clés tels-que : « stroke », « cerebrovascular accident », « mirror therapy », « electrical stimulation », « mecanism », « effect », « plasticity ». Les sites de références français précédemment cités ont également été utilisés pour l'introduction, avec des mots clés tels que « AVC », « thérapie miroir », « épidémiologie », « sémiologie ».

Afin de rechercher les articles traitant spécifiquement de l'utilisation simultanée de la TM et de la SEF sur le membre supérieur du patient hémiparalysé, des équations de recherches plus précises ont été utilisées. Sur PubMed : ((mirror therapy) AND (stroke) AND ((electrostimulation) OR (electrical))) : n = 46, ((mirror therapy) AND (stroke) AND (elect*)) n = 146. Sur PEDro : (mirror therapy stroke electrostimulation) : n = 4 et (mirror therapy stroke) n = 112. Sur ScienceDirect grâce à la barre de recherche dans les titres et abstracts : (mirror therapy AND stroke AND (electrostimulation) OR (electrical)) : n = 7, et ((mirror therapy) AND (stroke) AND (upper extremity)) : n = 19. Pour un total de 336 résultats (Voir ANNEXE I).

Les articles ont ensuite été triés d'après la lecture de leur titre, de leur résumé et de leurs mots clés. Seuls ceux traitant du sujet ont été conservés. Ainsi 10 articles ont été retenus. Enfin, après suppression des doublons, 6 articles ont rempli les critères de recherches. Lors des consultations d'articles, une étude a été trouvée dans une bibliographie, celle-ci n'était indexée sur aucune des bases de données consultées. Finalement, 7 articles ont été sélectionnés.

D'autres recherches, plus précises, ont également eut lieu sur les mêmes moteurs de recherches, mais compte tenu du peu d'articles retrouvés, elles n'ont pas été conservées par volonté d'avoir une recherche la plus exhaustive possible. En effet, compte tenu du faible nombre d'articles traitant du sujet, il aurait été dommage de passer à côté de l'un d'eux.

Les 7 articles sélectionnés ont été choisis pour leur sujet qui correspond à celui de cette étude, mais leur intérêt se trouve aussi dans leur protocole. En effet, ils ont servi de base à la réalisation du protocole de ce travail. La synthèse de ces articles, présentée dans le tableau suivant reprend les données importantes relevées lors de la consultation de ceux-ci (Voir Tab. II).

Tableau II : Grille de lecture des articles sélectionnés :

Références	Type d'étude	Groupes étudiés	Critères d'inclusion	Critères de non inclusion	Traitement	Spécificité TM/SE	Critères de jugement	Résultats	Niveau de preuve
[10] G.J. Yun et al. 2011	RCS	(1) Groupe FES, n = 20 (2) Groupe TM, n = 20 (3) Groupe FES/MT, n = 20	Patient atteint d'AVC admis dans le service de rééducation dans lequel se déroule l'étude.	Patient non coopérant à cause de déficiences cognitives. Médicament instable. Autre déficit neurologique que ceux résultants de l'AVC. NSU	Pendant 3 semaines : (1), (2) et (3) : 5 fois/semaine thérapie conventionnelle + 30 min, 5 fois/semaine d'FES pour (1), (2) et (3) : TM/FES, patient reproduisait le mouvement de sa main lésée avec sa main saine	TM classique. (1) : SEF extenseur du poignet. Avec alternance 5 sec de travail et 5 sec de repos. (3) : TM/FES, patient reproduisait le mouvement de sa main lésée avec sa main saine	FMA, MMT, Echelle d'Ashworth modifiée.	Les 3 groupes ont montré une amélioration significative selon FMA. Comparé aux autres, (3) montre une amélioration significative pour FMA et force d'extension de la main. Pas de différence significative pour MMT du poignet et Ashworth modifiée.	Score attribué par Pedro : 4/10 Selon nous : 4/10 d'après le score Pedro. Grade C d'après les recommandations HAS.
[12] : H.J. Kim et al. 2013	RCS	(1) Groupe contrôle FES, n = 11 (2) Groupe TM/FES, n = 12	AVC de moins de 6 mois. MMSE > 21. FMA < 44. Brunnström motor recovery scale entre 1 et 4. Condition médicale stable.	Troubles orthopédiques du membre supérieur. Trouble cognitif. Désordre de la perception visuelle (NSU, hémianopsie, apraxie). Pacemaker. Prise d'anticonvulsants.	Pendant 4 semaines : Pour (1) et (2) : thérapie conventionnelle, 5 fois/semaines (durée non précisée). Pour (1), (2) et (3) : 5 fois/semaine de FES + 30min, 5 fois/semaine de MT FES/MT pour (3).	Miroir sagittal. (1) et (2) : Interrupteur sous la main non affectée qui active à l'extension du poignet et des doigts un mouvement similaire à celui de la stimulation de l'ECED (des ERC)	FMA, BBT, Manual Function Test, BMRS.	Résultats significativement meilleurs sur le FMA pour (2) pour motricité poignet/main. BMRS et manual function test significativement meilleur pour (2) au niveau de la main. Pas de différence significative pour le BBT entre les groupes.	Score attribué par Pedro : 7/10 Selon nous : 6/10 d'après le score Pedro. Grade B d'après les recommandations HAS.
[40] K. Kojima et al. 2014	RCS	(1) Groupe ETMS/TM immédiat, n = 6 (2) Groupe ETMS/TM délai, n = 7	Patient atteint d'un seul AVC 30 à 180 jours avant le début de l'étude. MMSE > 20. Contraction ECD du membre lésé palpable et détectable à l'EMG.	Pacemaker. Sévères contractures/douleurs aux articulations du MS. Subluxation GH. Incapacité de donner leur consentement. Inclusion dans une autre étude.	(1) : Pendant 4 semaines : 1h de thérapie conventionnelle + 1h d'ergothérapie. Puis 4 semaines avec juste 1h de thérapie conventionnelle + 1h d'ergothérapie. (2) : Les 2 périodes inversées.	(1) et (2) : ETMS sur l'ECED et les extenseurs radiaux du carpe. Il y a stimulation lorsque la contraction du côté lésé dépasse le trigger. Le mouvement demandé est bilatéral et dure 10 sec	FMA pour le membre supérieur. A-ROM, Hand ratio. BBT Wolf motor function test. MAL.	En fin de prise en charge, aucune différences significatives entre (1) et (2). Pour (1) et (2), une augmentation significative des gains a été retrouvée pendant leur période ETMS/MT respectives.	Score attribué par Pedro : 5/10 d'après le score Pedro. Grade C d'après les recommandations HAS.
[11] : J.H. Kim & B-H Lee 2015	RCS	(1) : Groupe contrôle, n = 9 (2) : Groupe FES/TM, n = 10 (3) : Groupe BF-FES/TM, n = 10	AVC de plus les 6 mois. MMSE > 21. FMA < 44 Absence de problèmes cognitifs. Brunnström motor recovery scale entre 1 et 4. Capable de comprendre/suivre de simples instructions	Atteinte cognitive sévère/aphasie. Troubles neurologiques ou musculo-squelettiques (non induit par AVC comme des fractures). Hémiparésie.	Pendant 4 semaines : Pour (1) : Thérapie conventionnelle 5 fois/semaine, 30min. Pour (2) et (3) : rééducation en cours (pas de durée précisée) + pour (2) : FES/MT 5 fois/semaine, 30min. + pour (3) : BF-FES/MT 5 fois/semaine, 30min.	Miroir sagittal. Pour (2) : FES induit une stimulation toutes les 5 sec. Pour (3) : EMG sur côté sain, transmit la stimulation au côté lésé (pendant 5sec), permet mouvement par les muscles EP, ECD, BB)	MMT des muscles du poignet et du coude. ROM. MAS. Force de préhension. BBT. FIM. JTHFT. SSQL. Aucune différence significative pour la MAS entre les groupes.	(3) reporte une amélioration significative pour le MMT, le ROM, la force de préhension, la FIM, BBT, JTHFT et SSQL par rapport à (1) et (2). Aucune différence significative pour la MAS entre les groupes.	Score attribué par Pedro : 5/10 Selon nous : 4/10 d'après le score Pedro. Grade C d'après les recommandations HAS.
[14] S. Nagapattinam et al. 2015	RCS	(1) Groupe FES, n = 20 (2) Groupe TM, n = 20 (3) Groupe FES/TM, n = 20	Age : 18-60 ans. AVC unilatéral droit ou gauche dans un délai de 6 semaines à 6 mois après l'AVC. AVC ischémique. Brunnström motor recovery scale entre 2 et 5. MAS ≥ 1. Mouvement volontaire actif de 10° d'extension possible.	Plus de 60 ans. Brunnström motor recovery scale de 1 ou 6. Contracture du poignet et/ou des doigts. Pacemaker ou implant métallique. Déficit visuel, auditif ou cognitif sévère.	Pendant 2 semaines à raison de 30 min, 6 fois/semaines pour tous les groupes Pour (1), (2) et (3), des séances de thérapie conventionnelle identiques ont été réalisées. Dont 20 minutes correspondaient à la rééducation du membre supérieur.	Pour (1) et (3) : TM normale + tâche fonctionnelle : prise et lâché d'une bouteille d'eau. FES sur les ECD et ERC avec des cycles de 5 sec. (3) : TM/SEF : palpit reproduisait le mouvement de sa main lésée avec sa main saine	ARAT avec ses 4 sous catégories : Saisir, agripper, pincer et motricité globale.	(1) n'a pas montré d'amélioration significative. (2) et (3) ont montré une amélioration significative. Mais aucune différence significative n'a été montrée pendant la comparaison entre les 3 groupes d'après l'ARAT.	Score attribué par Pedro : Aucun score Selon nous : 4/10 d'après le score Pedro. Grade C d'après les recommandations HAS.
[15] : T. Schick et al. 2017	RCS	(1) : Groupe contrôle EMG-ES, n = 17 (2) : Groupe EMG-ES/MT, n = 16	AVC de moins de 6 mois. FMA sévère ou très sévère (< 33). Stimulation entraine mouvement du bras. Indépendant avant l'AVC. Membre supérieur fonctionnel avant l'AVC. Capable de comprendre et d'exécuter des consignes simples.	Enceinte, Pacemaker, implant métallique, pompe médicale. Présence de blessure ou de phlébite dans la zone stimulée. Dupuytren sévère. Démence, maladies ou troubles neurocognitifs sévères.	Pendant 3 semaines : Pour (1) et (2) : thérapie conventionnelle, 5 fois/semaines (durée non précisée). + 30min, 5 fois/semaine d'EMG seule pour (1). + 30min 5 fois/semaine d'EMG-ES/MT pour (2)	Miroir sagittal (60 x 40 cm) Stimulation bilatérale : extenseurs du poignet FES avec délais muscle FSD suivait des phrases (contraction/relâchement) de 1,5 secondes (sec).	5 critères : FMA pour le membre supérieur RASP, DT, BBT, GAS, Barthel index.	Significativement de meilleur résultat sur le FMA pour (2) chez les très sévères <17 mais non significatif pour les sévères (17-33). Autres critères de jugement : meilleur pour (2) que (1) mais différence non significative.	Score attribué par Pedro : 7/10 Selon nous : 6/10 d'après le score Pedro. Grade B d'après les recommandations HAS.
[13] J. Mathieson et al. 2018	RCS	(1) Groupe FES, n = 12 (2) Groupe TM, n = 15 (3) Groupe FES/TM, n = 23	Patient majeur. Admit à l'hôpital avec un diagnostic d'AVC confirmé. Montreal cognitive assessment score > 16. ARAT < 30. Temps prévu dans le service supérieur à 10 jours.	Aucun critère de non inclusion n'est précisé.	Pendant 3 semaines : Pour (1), (2) et (3) : thérapie conventionnelle 2 séances de 30min par jours, 5 fois/semaines. d'FES pour (1). + 2x30 min, 5 fois/semaine de MT pour (2). FES/MT pour (3).	Miroir sagittal. (1) et (3) : FES sur extenseurs des doigts et du pouce. La stimulation à lieu manière périodique : 8 sec de travail et 8 sec de repos. La synchronisation n'est pas vraiment expliquée, le patient semble se caler sur la stimulation.	ARAT, FMA pour l'évaluation motrice du membre supérieur. MMSE. HLS. NEADL, FIM. Attention Processing Test. Shape Tests, SCT.	Pas de différences significatives entre les trois groupes. Avec l'utilisation d'un autre modèle statistique : pas de différence significative entre (1) et (3), mais domine tous deux de meilleurs que (2) pour le ARAT.	Score attribué par Pedro : 8/10 Selon nous : 8/10 d'après le score Pedro. Grade B d'après les recommandations HAS.

Critères de jugement utilisés : *EMA* : Fugl-Meyer-Assessment. *RASP-DT* : German language version of the Rivermead Assessment of Somatosensory Performance. *BBT* : Box and Block Test. *GAS* : Goal Attainment Scaling. *MMSE* : Mini Mental State Examination. *ROM* : Range Of Motion (amplitude de mouvement). *MMT* : Manual Muscle Testing. *MAS* : Modified Ashworth Scale. *JTHFT* : Jensen Taylor Hand Function Test. *SSQOL* : Stroke Specific Quality of Life Scale. *ARAT* : Action Research Arm Test. *HLS* : Hospital Length of Stay. *NEADL* : Nottingham Extended Activities of Daily Living Scale. *SCT* : Star Cancellation Test. *4-ROM* : Active-Range Of Motion. *MAL* : Motor Activity Log. **Autres acronymes :** *RCS* : Randomized-Controlled-Study. *EMG-ES* : Electrostimulation par électrographie. *MI* : thérapie miroir. *FSD* : Fléchisseur superficiel des doigts. *FES* : stimulation électrique fonctionnelle. *EMG* : électromyographie. *BE* : Bio-feedback. *EE* : extenseur du pouce. *ECED* : Extenseur commun des doigts. *BB* : biceps brachial. *NSU* : Négligence Spatiale Unilatérale. *ERC* : Extenseurs Radiaux du Carpe. *GH* : Gléno-humérale. *ETMS* : Electromyographie-triggered neuromuscular stimulation.

2.2. Population

L'étude est menée sur une population de patients hémiplegiques hospitalisés au centre de rééducation de Lay-Saint-Christophe. Lors de la préparation du protocole, il a été supposé que 8 à 10 patients pourraient être inclus dans l'étude, d'après les délais fixés par la date de remise du mémoire.

Avant d'inclure les patients dans l'étude, ceux-ci ont été informés de l'objectif de l'étude et les modalités du protocole leur ont été expliquées. Suite à cette phase explicative, il leur a été demandé de remplir le formulaire de consentement (ANNEXES II et III). Les patients inclus ont été divisés en deux groupes par randomisation. Les deux groupes de patients ont reçu des séances de rééducation conventionnelle. En complément, les thérapies comparées dans l'étude ont été prodiguées. Ainsi, le premier est le groupe thérapie miroir (TM) avec X_{TM} participants. Le deuxième est le groupe thérapie miroir et stimulation électrique (TM/SE) avec $X_{TM/SE}$ participants.

2.2.1. Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion utilisés pour sélectionner les patients hémiplegiques de cette étude sont :

- AVC survenu moins d'un an avant le début de l'étude
- Patient autonome avant l'AVC
- Membre supérieur fonctionnel avant l'AVC
- Mouvement électriquement induit d'extension du poignet et d'opposition du pouce confirmés
- Patient capable de comprendre et d'exécuter des consignes simples
- Score < 20 au Fugl-Meyer Assessment for the upper extremity, partie motrice

2.2.2. Critères de non-inclusion

Les critères de non-inclusion choisis sont :

- Présence d'une autre pathologie neurologique avant l'AVC
- Pathologie psychiatrique et/ou médicale pouvant interférer avec les résultats de l'étude
- Tableau neurologique évolutif

- Cotation motrice de Held ≥ 3 pour les groupes musculaires du poignet et de la main
- Intolérance au courant électrique
- Présence de douleurs importantes au poignet et/ou à la main. EVA > 4

2.2.3. Critères d'exclusion

Des critères d'exclusion ont également été instaurés afin de définir d'éventuels événements dont la survenue entraînerait l'exclusion du patient en cours d'étude :

- Instabilité médicale pendant la durée du traitement
- Arrêt de prise en charge imprévu
- Décès

2.3. Critères de jugement

Plusieurs critères de jugement ont été définis. Ils ont pour but de comparer l'évolution des patients suite à la mise en place du protocole et également de juger de l'efficacité de ceux-ci. Ils sont présentés en détail dans l'ANNEXE IV.

2.3.1. Critères de jugement principaux

Les critères de jugement principaux sont le Fugl-Meyer Assessment (FMA), le Box and Blocks Test (BBT) et l'échelle d'Ashworth modifiée.

Le Fugl-Meyer-Assessment est considéré comme une des meilleures échelles d'évaluation des déficiences des patients hémiplegiques. Elle est normalement constituée de 5 items différents, mais seul l'item correspondant à la fonction motrice du membre supérieur sur 66 points a un intérêt pour ce travail [41]. Cette partie est aussi appelée la partie motrice du Fugl-Meyer-Assessment for the Upper Extremity (FMA-UP). La version utilisée est celle de l'université de Gothenburg [42], conçue d'après l'étude de Fugl-Meyer AR *et al.* [43]. Cette partie spécifique du FMA est reconnue fiable pour l'évaluation de la fonction motrice du membre supérieur du patient hémiplegique [44].

Le Box and Blocks Test est un test d'évaluation de la dextérité manuelle unilatérale. Il est simple de réalisation et dure une minute pour chaque côté. Le patient doit déplacer des cubes le plus vite possible d'un compartiment à l'autre de la boîte (sur une distance d'environ 15 centimètres) [45]. Plus le nombre de cubes déplacés est grand, plus le score est considéré comme bon. Les normes ont été établies par Mathiowetz *et al.* en 1985 avec une moyenne de 78 blocs pour la main dominante d'un homme de 20 à 80 ans en bonne santé [46]. Le BBT est reconnu comme étant très reproductible pour l'évaluation de la dextérité du membre supérieur lésé [47]. De plus, Lin *et al.* ont démontré que le BBT est assez sensible pour détecter une évolution de la dextérité au cours du temps (leur étude était menée sur une durée de 3 semaines) [48].

L'échelle d'Ashworth modifiée est utilisée pour mesurer la spasticité musculaire des patients atteints d'affections neurologiques. Depuis 1987, une version modifiée par Bohannon et Smith est utilisée [49]. Elle est censée être plus sensible que l'échelle de base. La reproductibilité intra-personnelle et interpersonnelle est considérée comme étant bonne. La reproductibilité semble meilleure pour l'évaluation du membre supérieur comparé au membre inférieur [50]. L'échelle d'Ashworth modifiée s'est également montrée sensible pour détecter des changements au niveau des troubles du tonus (spastique) chez les patients hémiplegiques selon Chen *et al.* [51].

2.3.2. Critères de jugement secondaires

Les critères de jugement secondaires sont la force mesurée par un dynamomètre (Jamar), la douleur mesurée par une échelle visuelle analogique (EVA) ou le cas échéant une échelle des visages et enfin la satisfaction évaluée par EVA. Les critères de jugement secondaires ont pour but d'évaluer l'impact du protocole sur des indicateurs plus précis.

L'évaluation de la force de préhension est mesurée à l'aide d'un dynamomètre de type Jamar. Cet outil de mesure est communément utilisé et permet de réaliser des mesure valides de la force musculaire de préhension [52].

L'évaluation de la douleur est régulièrement faite chez les patients atteints d'AVC avec une échelle visuelle analogique (EVA). Toutefois, si le patient présente certains troubles cognitifs, il est possible d'utiliser la Face Pain Scale (FAS) chez les patients hémiplegiques

droits (moins adaptée chez les hémiplegiques gauches à cause de leurs problèmes de reconnaissance des émotions sur les visages) [53].

Enfin, la satisfaction du traitement est également évaluée par une simple échelle visuelle analogique. Elle a pour intérêt de connaître l'avis du patient vis à vis de sa prise en charge. En plus de ces critères de jugement, il a été donné à l'examineur la possibilité de noter des remarques particulières lors de la réalisation des bilans.

2.4. Organisation du recueil de données

Les données ont été recueillies de manière anonyme et sécurisée afin de respecter le secret médical et le droit à l'anonymat.

2.4.1. Recueil d'informations initiales

Plusieurs données sont recueillies auprès des patients hémiplegiques inclus dans l'étude, du service de rééducation de Lay-Saint-Christophe et de leur dossier médical :

- Nom et Prénom
- Âge
- Taille et poids
- Côté dominant de la personne (droitier, gaucher)
- Origine de l'AVC (hémorragique, ischémique)
- Degré de l'atteinte motrice selon l'échelle de NIHSS évaluée en phase aiguë
- Délai post-AVC
- Durée de rééducation déjà effectuée avant la mise en place du protocole

Le premier bilan a lieu à une date « J0 », juste avant le début du protocole. Pour ce bilan, les tests utilisés comme critères de jugement sont réalisés.

2.4.2. Recueil des résultats

Quatre semaines après le début du protocole, c'est à dire à J28, les mêmes tests qu'au début du protocole sont à nouveau effectués et la satisfaction des patients vis-à-vis du traitement est recueillie auprès des patients. Enfin, les patients sont réévalués au terme de 3

semaines post-protocole (c'est à dire à J49), afin d'apprécier la pérennité des éventuels résultats obtenus.

2.5. Matériel utilisé

Pour la mise en place de ce protocole, plusieurs éléments non spécifiques sont nécessaires et considérés comme le petit matériel. En effet, l'installation correcte du patient, nécessite une table à hauteur réglable, assez grande pour y installer un miroir et de façon à placer correctement les bras du patient. De plus, cette table doit permettre l'installation d'une personne en chaise roulante. Une chaise est également prévue si le patient ne se déplace pas en fauteuil roulant.

Le protocole consiste en la mise en place de séances de thérapie miroir et/ou de SE. Selon Morkisch *et al.*, l'utilisation d'un miroir de grande taille (avec une dimension minimum de 50 x 40cm) permet d'obtenir de meilleurs résultats dans la rééducation des patients [54]. Un miroir d'au moins cette dimension a donc été choisi.

La mise en place de la SE a nécessité plus de travail. En effet, dans le protocole, la stimulation doit être déclenchée par le mouvement de la main saine pour obtenir un mouvement bilatéral symétrique. Cela nécessite la mise en place d'un contacteur compatible avec l'appareil d'électrothérapie afin de déclencher la stimulation. Le Cefar Rehab X2® a donc été choisi. C'est un stimulateur électrique portable possédant une sortie externe compatible avec le contacteur nécessaire à la réalisation de l'étude.

Enfin, un boîtier électronique est nécessaire au bon fonctionnement du contacteur (Voir Fig. 1). Ce boîtier est branché entre le contacteur et le stimulateur. Il permet de déclencher la stimulation électrique uniquement lorsque la main saine du patient quitte le contacteur et s'apprête à faire le mouvement. Ainsi, la SE vient reproduire simultanément le mouvement de la main saine avec la main lésée. De plus, le boîtier électronique permet d'afficher le temps écoulé et le nombre d'appuis sur le contacteur au cours d'une même séance, permettant de savoir si le patient a bien suivi les consignes. Le boîtier est programmé pour envoyer un signal sonore 26 secondes (à plus ou moins 300 millisecondes près) après chaque utilisation du contacteur, il doit alors enclencher à nouveau le contacteur et répéter le mouvement.

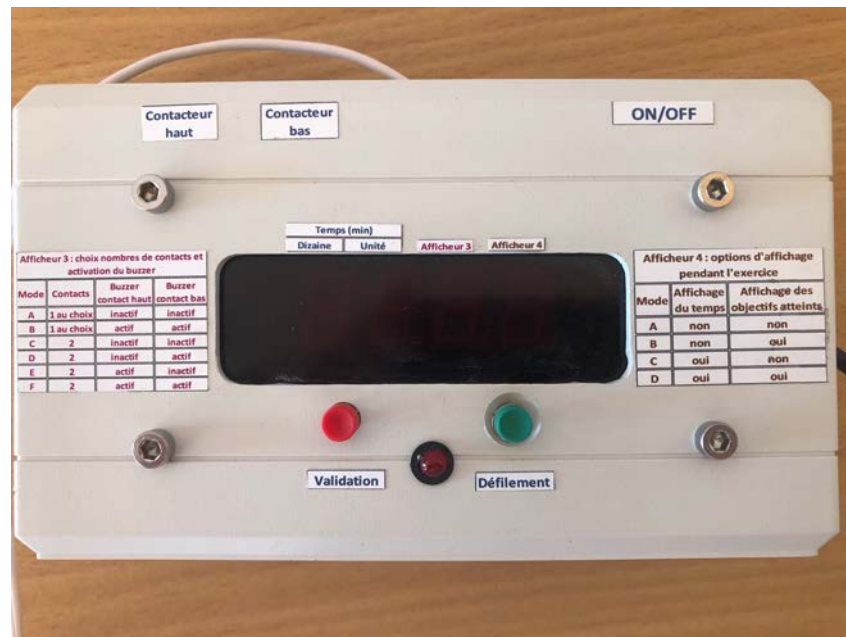


Figure 1 : Boîtier électronique utilisé durant le protocole.

2.6. Méthode

2.6.1. Modalités de randomisation et d'évaluation

À l'arrivée au centre de rééducation chaque patient est accueilli par un kinésithérapeute avec lequel il poursuit la majorité de sa rééducation. Après leur inclusion dans l'étude, les patients ne changent pas de kinésithérapeute. Ils sont affectés à un des deux groupes TM ou TM/SE par tirage au sort. Cette procédure a lieu juste avant le début du protocole pour chaque patient et la répartition suit une assignation secrète.

Au vu de l'organisation du protocole, il est impossible de maintenir le patient en aveugle. L'étude est donc menée en simple aveugle. L'évaluateur est maintenu en aveugle tout au long du protocole afin de ne pas biaiser les résultats. Il ne connaît pas le groupe d'attribution des patients. L'évaluateur est le même pour les 3 prises de mesure afin d'être le plus reproductible possible.

2.6.2. Réunion d'information

Avant le début du protocole, une réunion d'information a lieu avec l'ensemble des thérapeutes du service afin de les informer des consignes à suivre lors de l'intégration au

protocole des éventuels patients. De plus chacun d'entre eux doit connaître les critères d'inclusion et de non inclusion pour pouvoir informer l'investigateur d'une éventuelle participation à l'étude d'un de leurs patients. Pour faciliter la transmission d'information, des fiches récapitulatives ont été réalisées et affichées dans le service (ANNEXE V).

2.6.3. La phase expérimentale

2.6.3.1. Installation des patients et du matériel

Pour les deux groupes, le patient est installé soit sur son fauteuil roulant soit sur une chaise si possible. La table à hauteur réglable est placée devant lui afin qu'il soit installé confortablement et que ses avant-bras reposent de façon symétrique sur la table. Le miroir est placé sagittalement entre les deux membres supérieurs de manière à ce que le patient ne voie pas son membre lésé, et qu'il voie correctement le reflet de son membre sain dans le miroir.

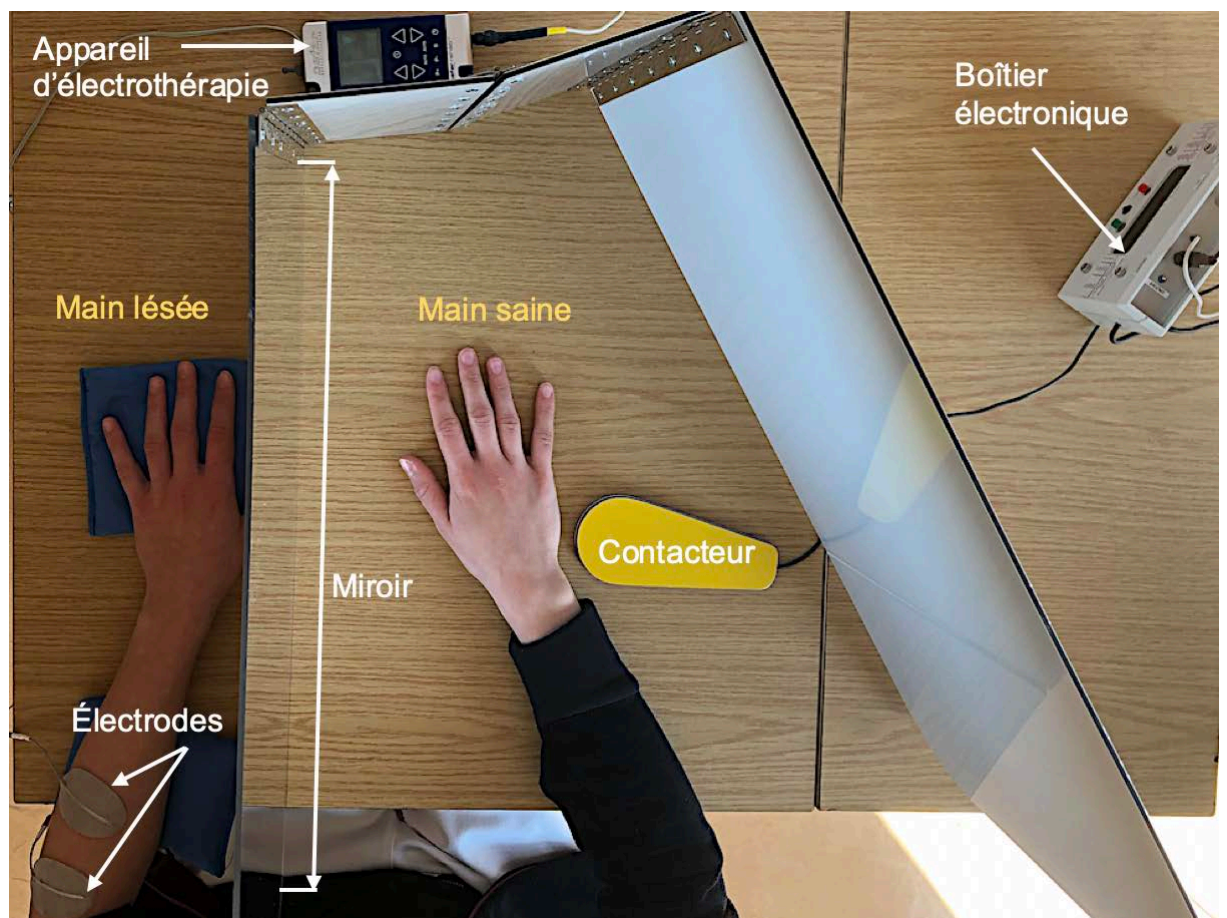


Figure 2 : Photo d'un patient du groupe TM/SE commençant le protocole avec le mouvement d'extension du poignet et des doigts

Pour le groupe TM/SE uniquement, l'appareil d'électrothérapie est installé en parallèle de la thérapie miroir. Les électrodes sont installées sur les muscles à stimuler du côté lésé. La stimulation est déclenchée lors du décollement de la main de la surface du contacteur placé sous la main saine (Voir Fig. 2). Un programme de stimulation spécifique est utilisé pour le protocole. La largeur d'impulsion utilisée est de 200 μ s. La fréquence de travail est de 55 Hertz (Hz) alors que la fréquence de repos est de 0 Hz. La phase de travail dure 10 secondes. Elle est précédée d'une phase ascendante et suivie d'une phase descendante de 3 secondes chacune. La phase de repos est programmée à 25 secondes. Toutefois celle-ci n'a jamais lieu en totalité car le boîtier électronique est censé déclencher le rappel sonore 26 secondes après que la stimulation ait débuté. Cela laisse donc environ 10 secondes de repos par répétition. Enfin, l'intensité réglée en début de série est suffisamment forte pour déclencher la contraction voulue chez chaque patient. L'intensité de la stimulation ne doit pas provoquer de douleur au patient.

2.6.3.2. Déroulement du protocole

Après la réalisation d'un premier bilan, le protocole débute pour une durée de 7 semaines avec des séances 5 jours par semaine. Pendant tout le protocole, tous les patients suivent des séances d'une heure par jour de traitement conventionnel. Ces séances ont lieu 5 fois par semaine. Il comporte 1 semaine de préparation puis 3 semaines de thérapie spécifique. En plus de la rééducation conventionnelle, les deux groupes suivent un protocole plus spécifique pendant environ 30 minutes, tous les jours pendant 5 jours et ce pendant 4 semaines au total. Le protocole est résumé à la fin de cette partie (Voir Fig. 3).

2.6.3.2.1. Le traitement conventionnel

Pendant tout le protocole, le programme de rééducation consiste en une heure de thérapie conventionnelle par jour qui est le traitement standard au centre de Lay-Saint-Christophe. La thérapie conventionnelle correspond à la rééducation recommandée pour le patient hémiplégique : mobilisation, travail de la marche et du schéma corporel, renforcement musculaire, rééducation de la posture et de l'équilibre, stimulation des afférences sensibles etc. [1].

Ce traitement de base est le plus semblable possible entre les différents patients. Il est demandé aux kinésithérapeutes de ne pas mettre en place de thérapie non conventionnelle pouvant interférer avec les résultats de l'étude, comme par exemple des thérapies contraintes ou de séances complémentaires de thérapie miroir. Mis à part cette restriction, ils sont libres de mettre en place les soins qu'ils jugent les plus pertinents en fonction de chaque patient.

2.6.3.2.2. Le traitement spécifique de J0 à J7

La première semaine, les deux groupes suivent le même régime de traitement spécifique, c'est une semaine de préparation. Elle permet d'avoir une base commune entre les groupes étudiés et de laisser le temps au patient de prendre ses marques et d'intégrer le mode de fonctionnement de la thérapie miroir. Cette étape permet également d'apprécier les capacités de concentration de chaque patient ainsi que celles à utiliser l'image spéculaire.

Cette première semaine représente la première étape (T1) d'un protocole de thérapie miroir normal comme décrit par JM Beis *et al.* évoqué dans la partie 1.3.1. Le patient exécute des mouvements actifs, lents et répétés du membre sain en observant son reflet dans le miroir. Il doit se concentrer sur le mouvement réfléchi et s'imaginer que le reflet du membre supérieur correspond au mouvement réel de son membre lésé. En réalité, le membre lésé est immobile derrière le miroir et le patient ne cherche pas à le bouger (toutefois des mouvements artefacts sont acceptés) [27]. Dans un premier temps, à partir de la main posée à plat sur la table, le mouvement demandé est celui d'extension des doigts et du poignet suivi d'un retour en position de départ. Dans un second temps, la main reposant sur le bord ulnaire, le mouvement d'opposition du pouce est demandé au patient (*key gripp*), avec retour en position neutre.

Tous les mouvements doivent être effectués de manière lente et progressive pendant une dizaine de répétitions (rampe d'établissement lente suivie de 8 à 10 secondes de contraction de plateau). La concentration demandée est maximale. Le temps de repos est équivalent au temps de travail. Chaque série dure environ 5 minutes. Pour chaque mouvement (extension des doigts et opposition du pouce), deux séries sont réalisées. 4 séries sont donc réalisées sur un total de 20 minutes.

2.6.3.2.3. Le traitement spécifique de J7 à J28

Suite à cette première semaine, la deuxième phase des traitements spécifiques peut commencer. Elle se déroule du début de la deuxième semaine à la fin de la quatrième. Pour les deux groupes, les séances commencent toujours par 10 minutes de TM similaire à la première semaine pour laisser le patient se re-familiariser avec l'image spéculaire puis durant les 20 minutes suivantes, chaque groupe réalise la partie spécifique du protocole

Le groupe TM, pendant la deuxième et la troisième semaine, reproduit la période (T2) du protocole présenté dans la partie **2.2.1.** pendant 20 minutes. Ainsi le patient effectue tout d'abord le mouvement d'extension du poignet et des doigts, puis celui d'opposition du pouce. Simultanément, le kinésithérapeute mobilise passivement le membre lésé de façon synchrone au mouvement produit par le membre sain. Enfin, pour la quatrième semaine, les 10 premières minutes de séance sont remplacées par les exercices de la période (T2). Les 20 minutes suivantes sont utilisées pour mettre en pratique la période (T3), c'est à dire que le patient essaye de reproduire de manière active et synchrone le mouvement de son membre sain avec son membre lésé.

Pour le groupe TM/SE, la deuxième partie de la séance est marquée par l'installation de l'appareil d'électrothérapie. Ce groupe bénéficie d'une stimulation électrique couplée à la thérapie miroir. L'appareil d'électrothérapie est installé comme expliqué dans la partie **2.6.3.1.** Les stimulations électriques sont déclenchées par le mouvement du membre sain afin de symétriser le plus possible le mouvement. Les électrodes sont installées sur les points de stimulation de l'extenseur commun des doigts et des extenseurs radiaux du carpe du côté hémiplégique. L'interrupteur est placé sous la main du côté sain. Lorsque le patient décolle la main du contacteur, la stimulation débute. Dans le second temps correspondant à la stimulation du pouce, les électrodes sont placées sur le trajet du nerf médian avec fermeture du circuit sur la loge thénar (pour l'opposition).

Après la fin du protocole de TM ou de TM/SE selon le groupe des patients, un nouveau bilan est réalisé.

2.6.3.2.4. Le traitement de J28 à J49

Une fois les 4 premières semaines terminées, tous les patients suivent pendant encore 3 semaines des séances de thérapie conventionnelle au centre de rééducation permettant d'observer l'évolution de leurs capacités fonctionnelles. A la fin de celle-ci, un dernier bilan a lieu.

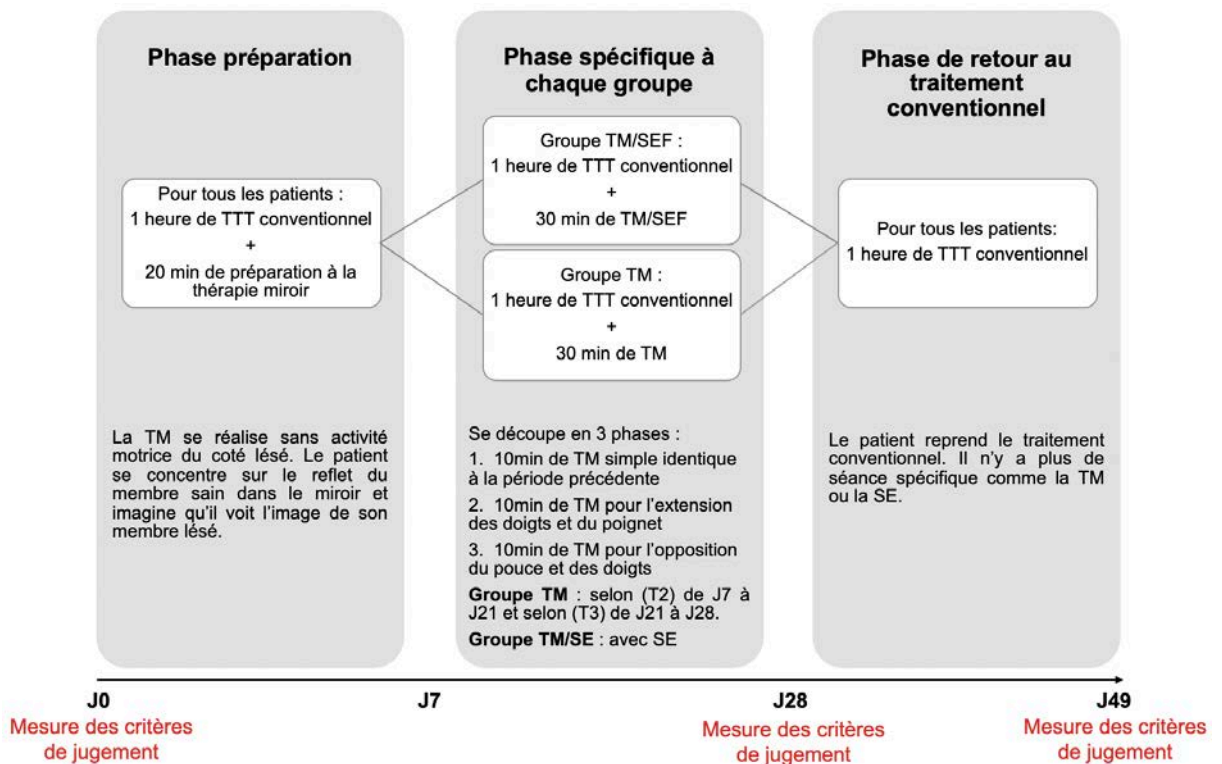


Figure 3 : Résumé du déroulement du protocole

2.7. Méthode statistique

Lors des 3 bilans, les résultats sont recueillis dans le cahier d'observation puis retranscrits dans un tableur Excel afin de réaliser l'analyse statistique. Cette analyse statistique est réalisée en intention de traiter.

La population étudiée est assez faible. Par conséquent, l'analyse statistique de celle-ci ne se prête pas vraiment à l'utilisation d'une loi mathématique pour le calcul de probabilités.

Les résultats obtenus par cette étude préliminaire sont donc présentés de manière descriptive. Les résultats sont exposés un à un d'après les critères de jugement. Leur évolution est présentée d'après les 3 mesures prises respectivement à J0, J28 et J49 à l'aide de tableaux et de figures adaptées.

Si la taille de la population le permet, les calculs des moyennes, des écarts types et des variances sont effectués. Ils permettent éventuellement de comparer les deux groupes TM et TM/SE.

3. RÉSULTATS

3.1. Caractéristiques de la population

Durant un délai de 8 semaines, pendant lesquelles des patients pouvaient être intégrés dans l'étude, un total de 3 patients ont répondu à tous les critères et ont donc suivi le protocole (Voir Tab. III). Après leur inclusion dans l'étude, les patients ont été attribués aux deux groupes par randomisation. Ainsi les patients 1 et 3 ont été attribués au groupe TM/SE et le patient 2 au groupe TM.

Tableau III : Population incluse dans le protocole

	Patient 1	Patient 2	Patient 3
Âge	47	46	62
Taille (cm)	180	173	156
Poids (Kg)	89	79	65
Côté dominant	Droit	Droit	Droit
Origine de l'AVC	Ischémique	Ischémique	Ischémique et hémorragique
Côté de l'AVC	Droit	Gauche	Droit
Type d'infarctus	Sylvien total + cérébrale antérieure	Sylvien superficiel	Sylvien total + cérébrale antérieure
Score NIHSS	14	15	20
Délai depuis l'AVC (mois)	1	1	8
Jours de PEC avant le protocole	14	14	224

La population étudiée a une moyenne âge de 52 ans. Tous les patients sont droitiers. Pour les patients 1 et 3, l'AVC a eu lieu dans l'hémisphère droit, non dominant. Alors que pour le patient 2, l'AVC a eu lieu dans l'hémisphère gauche dominant. Les patients 1 et 3 ont eu des infarctus similaires. En effet, ils ont touché la même zone correspondant au territoire de l'artère cérébrale moyenne (territoire sylvien) et de l'artère cérébrale antérieure, alors que l'infarctus du patient 2 a touché uniquement le territoire superficiel de l'artère cérébrale

moyenne. La gravité des accidents vasculaires cérébraux allait de « modérée » pour les patients 1 et 2 à « sévère » pour le patient 3. Enfin les patients 1 et 2 étaient en début de prise en charge (environ deux semaines), alors que le patient 3 était plutôt en fin de prise en charge à temps complet (plus de 30 semaines de traitement).

Tous les patients ont suivi l'intégralité du protocole, toutefois les 3 bilans ont été réalisés uniquement chez le patient 1. En effet, en raison de la pandémie ayant sévi début 2020 et suite aux mesures de confinement mises en place, les patients 2 et 3 ont été renvoyés à leur domicile, ce qui a rendu la mesure à J49 impossible.

3.2. Résultats des critères de jugement principaux

3.2.1. Fugl-Meyer-Assessment Upper Extremity

Le Fugl-Meyer-Assessment Upper Extremity est un bilan sur 66 points. Les résultats collectés sont présentés dans la Fig. 4.

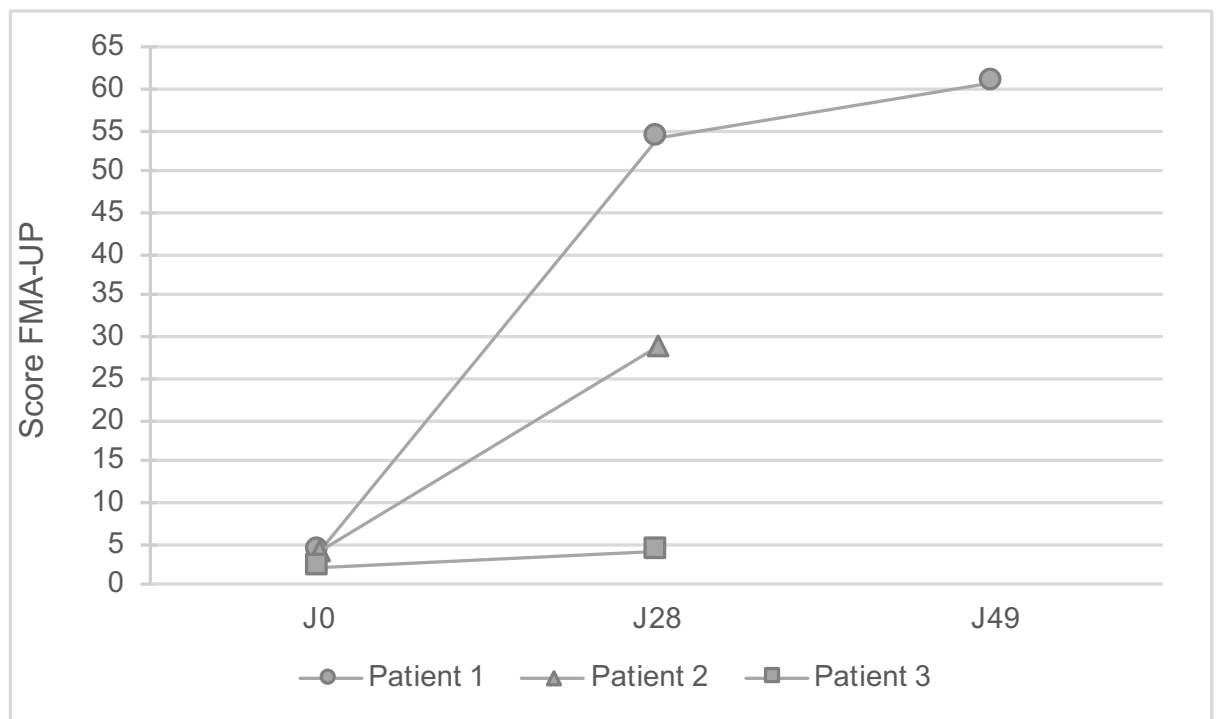


Figure 4 : Résultats des patients au FMA-UP au cours des 3 bilans à J0, J28 et J49.

Pour le groupe TM/SE, le patient 1 a eu un score de 4 à J0 puis de 54 à J28 et enfin de 61 à J49.

Le patient 3 a eu un score de 2 à J0, et de 4 à J28. Il a donc évolué de 2 points en 4 semaines de protocole.

Pour le groupe TM, le patient 2 a eu un score de 4 à J0. Il a obtenu un score de 29 à J28.

3.2.2. Box and Blocks Test

Le Box and Blocks Test a été réalisé une fois pour le membre sain et une fois pour le membre lésé à chaque prise de mesure (Voir Tab. IV).

Pour le groupe TM/SE, le patient 1 a réalisé à J0 un score de 35 avec son membre sain contre 0 avec son membre lésé. À J28, il a réalisé un score de 44 avec son membre sain contre 18 avec son membre lésé. Enfin, à J49, il a réalisé un score de 44 avec son membre sain contre 24 avec son membre lésé.

Le patient 3 a passé le même test. Au cours des 2 bilans, il n'a pas été capable de bouger de cubes avec son membre plégique, alors qu'avec son membre sain, il a déplacé respectivement 63 et 62 à J0 et J28.

Pour le groupe TM, le patient 2 a réalisé à J0 un score de 72 avec son membre sain contre 0 avec son membre lésé. À J28, il a réalisé un score de 70 avec son membre sain contre 18 avec son membre lésé.

Tableau IV : Résultats des patients au Box and Blocks Test au cours des 3 bilans à J0, J28 et J49 pour leur membre supérieur sain (A) et lésé (B).

	BBT					
	Main lésé			Main saine		
Délai	J0	J28	J49	J0	J28	J49
Patient 1	0	18	24	35	44	45
Patient 2	0	13	X	72	70	X
Patient 3	0	0	X	63	62	X

3.2.3. Échelle d'Ashworth modifiée

L'évaluation de la spasticité a été réalisée sur les fléchisseurs des doigts (FD), les fléchisseurs du poignet (FP), ainsi que sur les fléchisseurs de l'hallux (FH). Les deux groupes ont globalement démontré une diminution de la spasticité au cours du protocole (Voir Fig. 5).

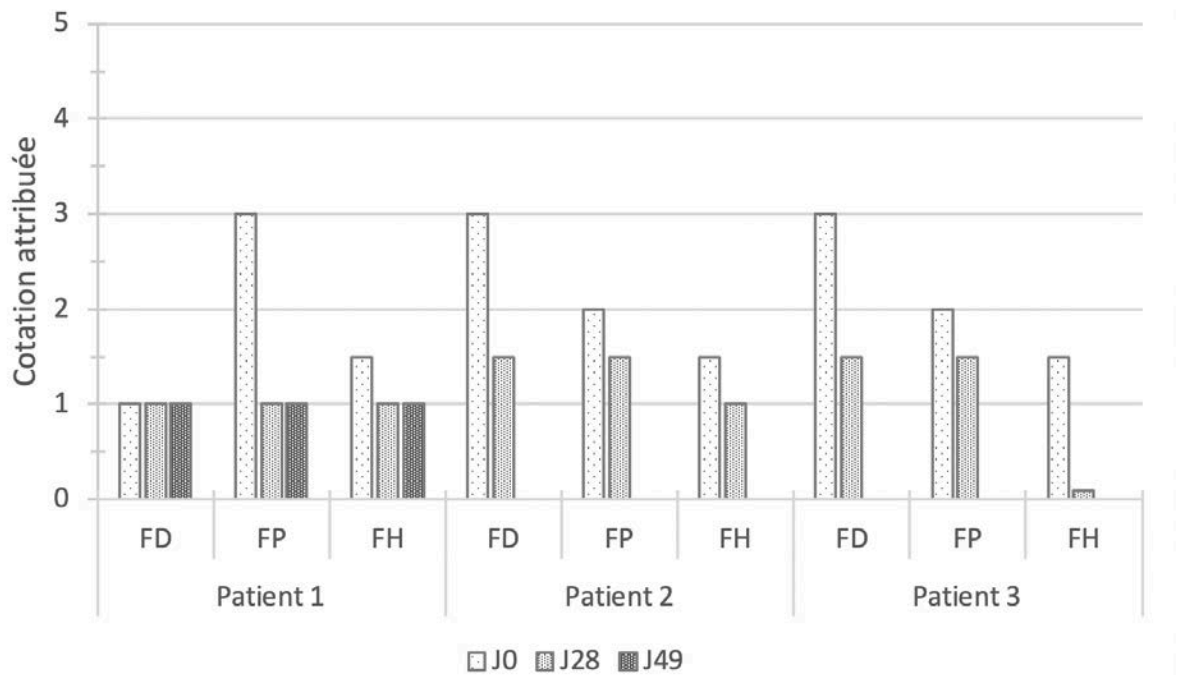


Figure 5 : Évolution de la spasticité des muscles de la main et du poignet à J0, J28 et J49. Dans cette figure, la valeur 1,5 de l'axe des ordonnées correspond à la cotation 1+ de l'échelle d'Ashworth modifiée. Les acronymes utilisés sont : FD pour fléchisseurs des doigts, FP pour fléchisseurs du poignet et FH pour fléchisseurs du pouce.

Ainsi, dans le groupe TM/SE, le patient 1, qui, à J0, avait une spasticité à 1 pour les FD, à 3 pour les FP et à 1+ pour les FH, a vu sa spasticité diminuer et atteindre la cotation 1 pour tous les muscles évalués dès J28. Les résultats du bilan de J49 sont les mêmes qu'à J28.

Le patient 3 a suivi la même tendance, à J0 les FD étaient cotés à 3, les FP à 2 et les FH à 1+, alors qu'à J28, ils étaient respectivement à 1+, 1+ et 0 pour les FD, les FP et les FH.

Dans le groupe thérapie miroir, le patient 2 a évolué de manière similaire au groupe TM/SE, sa spasticité qui était de 3 pour les FD, de 2 pour les FP et de 1+ pour les FH à J0 a diminué et à J28, elle était de 1+ pour les FD, de 1+ pour les FP et de 1 pour les FH.

3.3. Résultats des critères de jugement secondaires

3.3.1. Évaluation de la douleur

Tous les patients étaient capables d'utiliser une échelle visuelle analogique (EVA). Elle a donc été utilisée pour évaluer la douleur. Les commentaires des patients ont permis de différencier plusieurs sites douloureux, dont l'épaule, le coude, le poignet et les doigts (Voir Fig. 6).

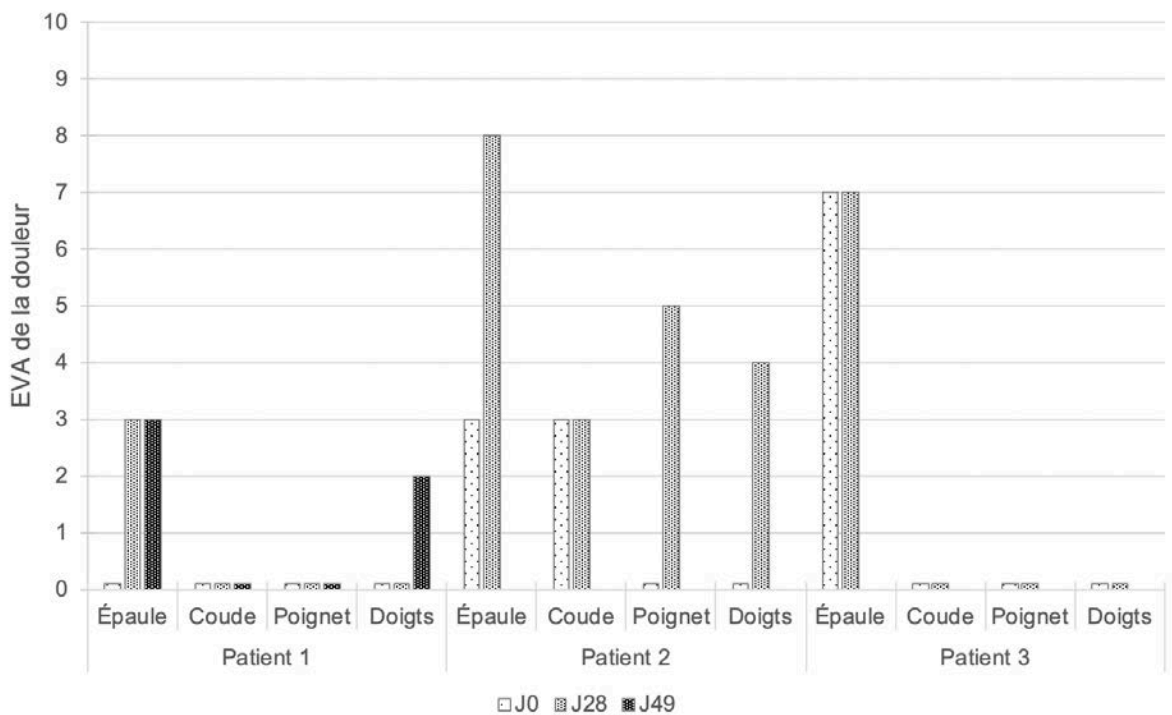


Figure 6 : Évaluation de la douleur du membre supérieur par EVA, à J0, J28 et J49.

Pour le groupe TM/SE, le patient 1 a J0 n'avait aucune douleur. À J28, il avait une douleur à l'épaule cotée à 3/10 d'après l'EVA et aucune autre douleur n'a été rapportée. À J49, le patient a rapporté une douleur à 2/10 à l'épaule et une douleur à 2/10 aux doigts.

Le patient 3 n'a ressenti aucune modification de douleur pendant le protocole. La seule douleur rapportée est une douleur à 7/10 à l'épaule, présente aux bilans à J0 et J28.

Pour le groupe TM, les bilans ont montré une grande évolution de la douleur chez le patient 2. En effet, il avait une douleur à 3/10 à l'épaule lors du premier bilan et à 8/10 à J28. Au niveau du coude, il a eu une douleur constante à 3/10 lors de chaque bilan. Pour le poignet, il n'avait aucune douleur avant le protocole, mais à J28, il rapporte une douleur à 5/10. Enfin, il n'avait aucune douleur au niveau des doigts à J0. Mais lors des bilans à J28, il avait une douleur à 4/10.

3.3.2. Épreuve de force

L'évaluation de la force musculaire de préhension a été réalisée à l'aide d'un Jamar. Celui-ci permettait d'ajuster la grandeur de la prise selon la taille de la main des patients. Cette grandeur a été adaptée au mieux pour chacun d'eux, puis elle a été réutilisée pour chaque bilan. Les tests de force ont été réalisés à chaque fois pour la main saine et pour la main lésée (voir Fig. 7).

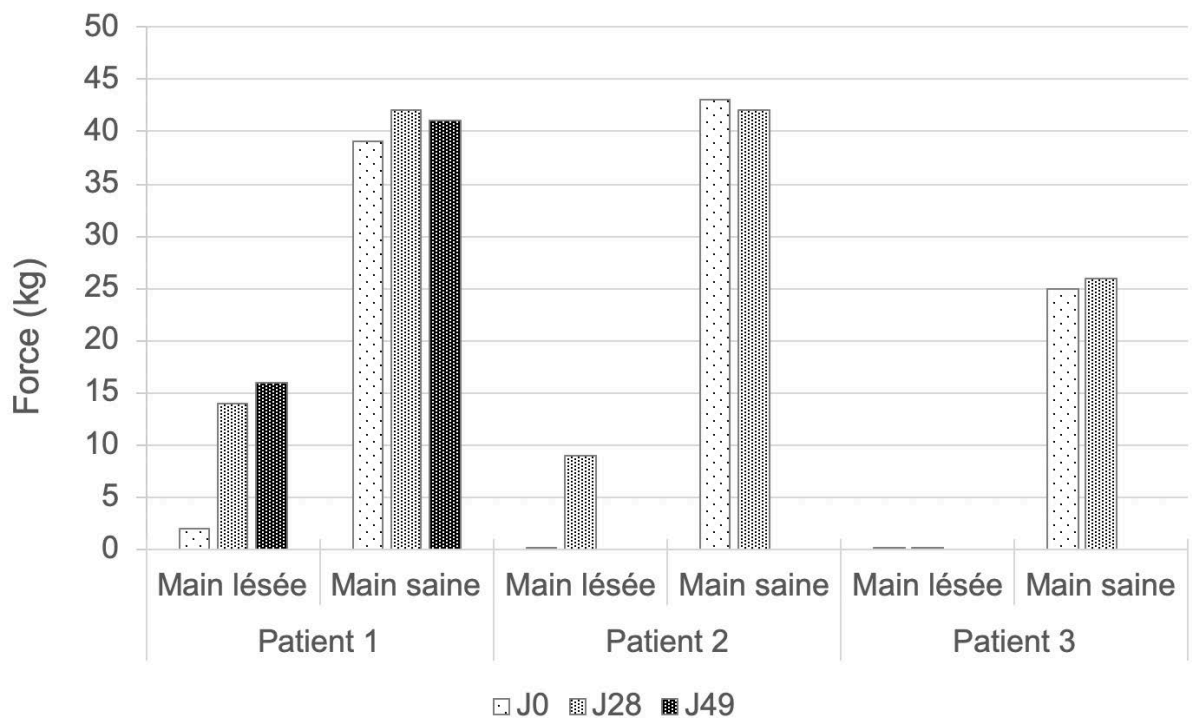


Figure 7 : Performance au dynamomètres Jamar de la main saine et de la main lésée des patients à J0, J28 et J49.

Le patient 1 du groupe TM/SE a démontré une amélioration de la force pour le côté sain comme pour le côté lésé. A J0, il a exercé une force de 2 kilos avec sa main lésée et de 39 kilos avec sa main saine. A J28, la force exercée par sa main lésée était de 14 kilos, contre 42 pour la main saine. Enfin à J49, sa force était de 16 kilos pour la main lésée, et de 41 kilos pour la main saine.

Le patient 3 n'a pas été capable de réaliser ce bilan, car ses capacités motrices ne le permettaient pas. Ainsi, la force de préhension exercée par sa main lésée était de 0 kilo à chaque bilan. Sa main saine a exercé une pression constante sur le dynamomètre à chaque bilan : 25 et 26 à J0 et J28.

Dans le groupe TM, le patient 2 n'avait aucune capacité de préhension avec sa main lésée à J0, il a donc eu un résultat de 0 alors qu'avec sa main saine, il a exercé une force de 43 kilos. À J28, il a réussi à apposer 9 kilos de pression avec sa main lésée contre 42 avec sa main saine.

3.3.3. Évaluation de la satisfaction

La satisfaction a été évaluée après la mise en place du protocole donc à J28 et à J49. Pour ce faire, une échelle visuelle analogique a été utilisée.

Pour le premier groupe, le patient 1 a attribué la note de 7/10 à J28 et à J49. Le patient 3 a donné la note de 4/10 à J28.

Pour le groupe thérapie miroir, le patient 2 a donné la note de 8/10 au protocole à J28 (Voir Tab. V).

Tableau V : Évaluation de la satisfaction par EVA à J28 et J49.

	Délai	Patient 1	Patient 2	Patient 3
EVA Satisfaction	J0	X	X	X
	J28	7	8	4
	J49	7	Non réalisé	Non réalisé

4. DISCUSSION

4.1. Analyse des résultats

4.1.1. Patient 1

Le patient 1 présentait une hémiplégie massive proportionnelle suite à son AVC. Au début du protocole, encore très fatigué et fatigable, il avait déjà suivi deux semaines de rééducation au centre. Au membre inférieur, il n'avait aucune capacité de marche, mais était capable de réaliser des mouvements globaux. Au membre supérieur, il n'avait aucune capacité motrice volontaire, hormis une légère possibilité de flexion du coude et un recrutement global de type syncinétique. En utilisant ce recrutement global, il a été capable d'exercer une force de 2 kilos sur le Jamar. Le tableau spastique était peu marqué. L'épreuve du Box and Blocks Test et le Fugl-Meyer-Assessment (excepté les 4 points concernant les réflexes) n'étaient pas réalisables. Il ne se plaignait d'aucune douleur.

L'évolution du tableau clinique a été favorable. Au membre inférieur, le patient a rapidement récupéré des possibilités de marche. Et sa capacité de recrutement volontaire du membre supérieur s'est améliorée. Plus dynamique, à J28, il était capable de marcher avec surveillance. Au niveau du membre supérieur, le bilan a montré une franche évolution des capacités motrices. En effet, le FMA-UP, le BBT et le Jamar montrent une nette évolution des scores. Toutefois il subsistait encore des déficits dans les mouvements globaux, ainsi en analysant plus précisément le bilan du FMA-UP, il est facile de remarquer que les points perdus par le patient sont en lien avec des mouvements de circumduction du poignet, de coordination, et de mouvements spécifiques comme la flexion d'épaule de 90 à 180° (Voir ANNEXE VI). Concernant le BBT, le patient a déplacé à 18 cubes à J28 contre 0 à J0 mais ses mouvements étaient encore hésitants, saccadés et imprécis. De plus, il a également amélioré son score avec sa main saine. Une des hypothèses pour expliquer l'amélioration du côté sain peut-être le fait qu'il était moins fatigué, et il paraissait alors beaucoup plus concentré. Entre les deux bilans, la spasticité du patient a d'abord légèrement augmenté, notamment au niveau du pouce, puis a diminué jusqu'à J28. Celle-ci était très présente et même gênante aux alentours de J15. A J28, le patient rapporte une douleur au niveau de l'épaule à 3/10 lors de l'abduction à 90°. En effet, à cette période le patient commençait à utiliser son bras de manière plus régulière. Cette douleur était limitante pour les amplitudes. À ce moment, le patient était plutôt satisfait du protocole de TM/SE, toutefois, il trouvait que la première semaine de TM (J0 à J7) était ennuyeuse. Il trouvait que le rappel sonore par le

boîtier électronique rendait plus intéressantes les séances des semaines suivantes. Du point de vue du thérapeute, les tous derniers jours de protocole étaient de trop car le patient avait déjà bien récupéré, et était capable de faire les mouvements engendrés par SE de manière volontaire.

Enfin, à J49, les capacités fonctionnelles du patient continuent de progresser. Il réussit à lancer une balle et utilise sa main pour des tâches précises bi-manuelles (pliage etc.). Les résultats se sont donc logiquement améliorés, mais de manière moins marquée. Pour le FMA-UP, le patient a réussi à gagner quelques points sur plusieurs items. Il est ainsi capable d'exécuter toutes les consignes au moins partiellement. Il a réalisé un score de 24 au BBT, soit 6 de plus qu'à J28. Il est important de noter que les mouvements étaient plus fluides et plus précis. Le patient rapporte toujours une douleur à 3/10 au niveau de l'épaule mais cette fois-ci pour une amplitude d'abduction de 160° contre 90° à J28.

4.1.2. Patient 2

Le patient 2 présentait une hémiparésie à prédominance brachio-faciale. Il avait suivi deux semaines de rééducation avant le protocole. L'état de son membre supérieur était très comparable au patient 1 à J0. Il était incapable de faire le moindre mouvement avec son membre supérieur. Son score au FMA-UP était le même que le patient 1, c'est à dire 4 sur 66 (encore une fois grâce à la présence des réflexes bicipital et tricipital). En conséquence son score au BBT était de 0 et il était incapable d'exercer une pression sur le Jamar, il a donc eu un résultat de 0 kilo, alors qu'avec son membre sain, il a réussi à réaliser une pression d'environ 42 kilos au dynamomètre. Au niveau de la spasticité, celle-ci était surtout importante au niveau des fléchisseurs des doigts et du poignet à J0. Elle n'était pas accompagnée de douleur à ce niveau. En effet, à ce moment le patient avait mal uniquement à l'épaule à 3/10 sur une EVA lors de la mobilisation et au coude, à 3/10. La douleur de coude était liée à une tendinopathie déjà présente avant l'AVC.

Entre les deux premiers bilans, le patient a bien progressé et a récupéré des capacités motrices au niveau du membre supérieur. Sa spasticité, ainsi que sa douleur ont diminué. Toutefois vers J15, le patient a souffert de calculs rénaux qui lui ont causé énormément de douleur. Il est resté alité pendant quelques jours. Il a donc fallu faire une pause de 5 jours dans le protocole. Lors de la reprise de celui-ci, tous les thérapeutes ont constaté une nette

aggravation de son état avec fatigue et douleur au niveau du membre supérieur. Sa spasticité avait augmenté, peut-être à cause des calculs qui ont pu jouer le rôle d'épine irritative. De plus son bras s'était légèrement œdématié. Ainsi la rééducation a repris pour finir les 4 semaines de protocole. Les séances de kinésithérapie se sont adaptées afin de gérer au mieux le nouvel état du patient qui a progressivement récupéré jusque J28. A cette date, le bilan montre un début de récupération motrice avec un score de 29 au FMA-UP impliquant une récupération partielle des mouvements synergiques, des mouvements du poignet et de la main (voir ANNEXE VI). Des déficits sont encore présents dans tous les items et plus particulièrement pour les mouvements sans compensations et les tests de coordination. Ces conclusions sont retrouvées lors du BBT. Le patient a réussi à déplacer 13 cubes contre 70 avec sa main saine. Ses mouvements étaient plutôt réguliers mais approximatifs, et surtout plusieurs compensations comme l'élévation de l'épaule étaient présentes. De plus, les prises étaient globales, le patient a donc pris deux cubes à plusieurs reprises (comptés comme 1). L'évaluation de la force par Jamar, vient confirmer la récupération des prises globales avec un score de 9 kilos. Le tableau spastique a régressé avec la diminution d'au moins une valeur de cotation pour chaque groupe musculaire malgré l'épisode douloureux survenu une dizaine de jours avant le bilan. A contrario, la douleur a nettement augmenté, malgré les soins antalgiques proposés de manière pluridisciplinaire. En effet, la douleur d'épaule passe de 3/10 à 8, et une douleur est rapportée au poignet à 5/10 et aux doigts à 4/10, lors de la mobilisation. La douleur d'épaule n'est pas reliée à un signe clinique particulier comme une contracture ou un diastasis. Malgré l'évolution négative de ses douleurs, le patient est content du traitement mis en place, et il attribue la note de 8/10 par EVA, au protocole mis en place. Selon lui, le seul défaut du protocole est qu'il était assez répétitif.

4.1.3. Patient 3

L'AVC ayant touché le patient 3 a provoqué une hémiparésie massive proportionnelle. Il avait suivi une trentaine de semaines avant d'intégrer le protocole. Au niveau du membre inférieur, il était capable de marcher sur une trentaine de mètres avec une canne tripode et une légère aide extérieure. Pour le membre supérieur, le patient 3 n'avait aucune capacité motrice à J0. Par conséquent ses scores au BBT et au Jamar étaient chacun de 0. Le score de 2 au FMA est obtenu grâce à la contraction réflexe du triceps. Il était impossible de déclencher celle du biceps. Enfin, le patient ressentait uniquement une douleur à l'épaule, pendant la mobilisation à environ 90° d'abduction, à 7/10 selon une EVA.

Le protocole s'est déroulé normalement les semaines suivantes. Aucune évolution ne peut être notée sur l'état général du patient, hormis sur son humeur. Le patient voulait passer en hôpital de jour et ainsi pouvoir vivre chez lui au côté de ses proches. Cela semblait influencer sur sa motivation. A J28, le FMA-UP, le BBT et l'évaluation de la force par dynamomètre n'ont montré aucune amélioration des fonctions motrices (hormis l'apparition du réflexe bicipital pour le FMA-UP qui passe donc à 4). Pourtant lors du bilan, il a été remarqué que le patient était alors capable de réaliser une légère flexion des doigts, ce dont il était incapable à J0. Des changements plus importants ont été observés au niveau de la spasticité. Celle-ci a globalement diminué pour atteindre la cotation 1+ pour les fléchisseurs des doigts et du poignet et 0 pour les fléchisseurs du pouce. Concernant la douleur, le patient n'a ressenti aucun changement durant les 4 semaines du protocole. Enfin, au niveau de la satisfaction, le patient était plutôt satisfait selon ses mots, toutefois, il a attribué la note de 4/10, par EVA, au protocole. Selon le patient, il était parfois difficile de se concentrer pendant le protocole. De plus, cela lui faisait parfois mal aux yeux de se concentrer sur le miroir.

4.1.4. Comparaison des résultats avec la littérature

Les résultats obtenus par cette étude de faisabilité ne permettent pas de conclure sur l'efficacité ou non d'un protocole de TM/SE comparé à un protocole de TM. Effectivement, la population est bien trop faible pour être considérée comme représentative. Toutefois, il peut être intéressant de comparer les résultats des patients à ceux de la littérature, et ainsi d'observer s'ils suivent la même tendance.

Globalement, dans le groupe TM/SE les résultats de cette pré-étude montrent que le patient 1 a eu une bonne récupération motrice ainsi qu'une amélioration du tableau spastique et douloureux, contrairement au patient 3 qui n'a quasiment pas évolué au cours du protocole concernant l'ensemble des paramètres suivis. Dans le groupe TM, le patient 2 a progressé sur le plan moteur et sa spasticité a diminué, toutefois sa douleur a augmenté. Encore une fois, ces résultats ne peuvent être considérés comme significatifs.

Dans la littérature, les résultats sont plutôt hétérogènes. En effet, en plus de ne pas toujours comparer les mêmes groupes, les protocoles mis en place ne suivent pas toujours les mêmes modalités et il est prévisible que leurs résultats soient différents. Trois études

comparent un groupe TM/SE a un groupe TM [10], [13], [14]. Ces deux groupes sont également comparés à un groupe SE. Yun *et al.* démontrent une amélioration significative du groupe TM/SE comparé aux autres groupes d'après le FMA et l'examen de la force musculaire des extenseurs de la main. Aucune différence significative n'est relevée pour la spasticité et pour la force du poignet (flexion et extension) ou des fléchisseurs de la main [10]. D'après l'Action Research Arm Test, les deux autres articles n'ont pas démontré d'amélioration significative de la TM/SE comparé aux autres groupes. En effet, Mathieson *et al.* montrent que le groupe SE a des résultats significativement meilleurs que le groupe TM mais aussi que le groupe TM/SE ne présente pas de différences significative avec le groupe SE et le groupe TM [13]. Contrairement à Nagapattinam *et al.* qui ne trouvent pas de différences significatives entre les trois groupes TM, SE et TM/SE [14].

Ainsi, les études comparant les mêmes groupes ne trouvent pas toutes les mêmes résultats, mais démontrent une évolution des capacités motrices du membre supérieur. Bien qu'ils n'aient pas de valeur statistique, les résultats obtenus au cours de ce travail pour le patient 1 semblent suivre la même tendance que la littérature. Celle-ci montre que la TM/SE pourrait être un traitement efficace pour la rééducation motrice du membre supérieur chez des patients hémiplegiques. Les résultats ne permettent pas de montrer la supériorité de ce traitement par rapport à un autre.

4.1.5. Biais de l'étude

Plusieurs biais ont été repérés lors du déroulement de l'étude. Tout d'abord, un biais de performance est présent. En effet, au cours de l'étude ni le patient, ni le thérapeute n'étaient en aveugle vis à vis du traitement proposé. Plusieurs solutions pour répondre à ce problème ont été envisagées avant la mise en place du protocole mais aucune n'était satisfaisante. En effet, il aurait été possible d'installer l'appareil d'électrothérapie à tous les patients mais ceux-ci auraient senti s'il y avait du courant ou non. De même, utiliser un simple courant de type TENS, juste pour que les patients du groupe TM sentent un courant, aurait produit un biais de confusion.

L'absence pendant quelques jours du patient 2 pour raisons médicales a pu entraîner un autre biais de confusion. En effet, après cette interruption, ses performances ont diminué et la douleur comme la spasticité ont augmenté. Cela a forcément pu avoir un impact sur le

bilan suivant. Enfin, l'évolution minime repérée cliniquement chez le patient 3 a généré un biais de détection. Les évaluations motrices n'ont pas été assez sensibles pour détecter la légère amélioration des capacités motrices.

En raison d'un arrêt maladie de l'examineur précédent, une autre personne a dû le remplacer pour la dernière prise de mesure du patient 1. Malheureusement, toutes les autres personnes disponibles connaissaient le groupe de ce patient. Cela a entraîné plusieurs biais de mesure. Tout d'abord, le fait que les bilans n'aient pas été réalisés par la même personne, peut diminuer leur reproductibilité. Par exemple, le FMA-UP nécessite l'utilisation de 3 objets de forme différentes afin d'évaluer la qualité des prises et les deux examinateurs n'ont pas eu l'occasion de se concerter pour utiliser les mêmes objets. De plus, le nouvel examinateur connaissait le groupe du patient, ce qui a pu influencer son évaluation.

En plus de ces biais, l'une des principales sources d'erreurs se révèle également être la taille de la population. La petite taille de l'échantillon ne permet pas véritablement de conclure ni sur l'efficacité ou non de la thérapie TM/SE ni sur la viabilité du protocole sur une plus grande échelle. Car, même si cette étude de faisabilité a permis de mettre à jour certains points à améliorer dans le protocole, une plus grande population impliquera sûrement d'autres problèmes non décelés avec cette celle-ci.

4.2. Analyse du protocole

4.2.1. Comparaison avec les protocoles retrouvés dans la littérature

Le protocole a été élaboré à la lumière des publications traitant du même sujet (voir Tab. II). Ainsi, les choix de certains auteurs ont été repris alors que d'autres points ont été modifiés.

4.2.1.1. Critères d'inclusion et de non inclusion

Parmi les 7 études traitant du sujet, les critères d'inclusion et de non inclusion sont très variés. Parmi eux, trois critères concernant la fonction motrice, les atteintes cognitives et l'héminégligence, ont dû être plus réfléchis car ils ne correspondaient pas forcément à nos orientations choisies.

Les critères d'inclusion au niveau de la fonction motrice divergent en fonction des auteurs. Les échelles choisies pour l'évaluer sont très différentes. Parmi celles-ci, des normes comme l'Action Research Arm Test ou le Brunnström motor recovery scale étaient utilisés [11]-[14]. Ce sont des échelles très précises, mais aussi relativement longues à réaliser. Et elles sont rarement mises en place dans les services. D'autres études utilisent le FMA. Ce bilan est plus communément réalisé, mais il ne s'intéresse pas uniquement au membre supérieur. Dans certains types d'hémiplégie (à prédominance brachio-faciale), les résultats pourraient fausser les inclusions et/ou les non inclusions. Pour cette étude, le choix a été fait d'utiliser le FMA-UP pour inclure ou non les patients. Aucune norme n'a été retrouvée pour différencier la sévérité de l'atteinte selon le score pour cette partie spécifique du FMA. Le score de 20 a donc été défini de manière arbitraire comme étant la limite supérieure d'inclusion et le critère de non inclusion « Cotation de Held supérieure ou égale à 3 pour les groupes musculaires du poignet et de la main » a été posé.

Les deux autres critères concernaient les atteintes cognitives et l'héminégligence. Plusieurs études considèrent que la présence de troubles cognitifs et d'héminégligence sont des critères de non inclusion [11], [12], même s'ils sont retrouvés chez la plupart des patients à des intensités variables. Les exclure pourrait entraîner un biais de sélection. Concernant les troubles cognitifs, le choix d'inclure tout patient « capable de comprendre et d'exécuter des consignes simple » a donc été fait. Au sujet de l'héminégligence, les études ont démontré une possible efficacité de la thérapie miroir dans le traitement de ces troubles par l'orientation du regard vers le côté négligé qu'elle importe [4]. Il n'a donc pas paru pertinent d'exclure les patients présentant une négligence.

4.2.1.2. Modalités de traitement

Des modalités similaires de traitement sont proposées avec des séances spécifiques de 20 et 30 minutes, 5 fois par semaine. Seule l'étude de Nagapattinam *et al.* ne suit pas cette fréquence, mais reproduit 6 fois la même séance par semaine [14]. Son protocole se déroule sur deux semaines, alors que pour toutes les autres études il se déroule entre 3 et 4 semaines.

Dans cette étude, il a été choisi de se conformer à la majorité des protocoles déjà publiés pour permettre une comparaison, même si la petite taille de la population ne le permet pas vraiment. Dans les 4 semaines de protocole, il a été choisi de laisser une semaine

« d'entraînement » afin de laisser le temps à tous les patients de s'habituer à la thérapie miroir, et ainsi de créer une base commune.

4.2.1.3. Spécificité de TM/SE

Les caractéristiques de mise en place simultanée de la thérapie miroir et de la stimulation électrique sont très différentes selon les auteurs. En effet certains ont fait le choix de faire répéter le mouvement par cycle de stimulation automatique [13], [14]. Elle est déclenchée régulièrement et le patient suit ce rythme imposé. Cela ne reproduit pas la physiologie du mouvement car la stimulation est initiatrice du mouvement du côté lésé. Un protocole propose de mettre en place une stimulation bilatérale afin de produire un mouvement symétrique [15]. Là encore le patient ne choisit pas d'initier le mouvement, cela ne reproduit donc pas une situation réelle. De plus les cycles de stimulation/relâchement sont de 1,5 seconde, ce qui est beaucoup trop rapide pour laisser le temps à un patient hémiplegique de se concentrer sur le mouvement.

Kojima *et al.* proposent une stimulation électrique induite par électromyographie qui détecte la contraction des muscles et se déclenche à partir d'un certain seuil [40]. Le mouvement demandé est bilatéral. Ce principe permet de respecter l'intentionnalité du mouvement, mais nécessite une contraction suffisante du côté lésé pour déclencher la stimulation. De plus il est également possible que certains patients s'épuisent au cours de la séance et que la contraction ne dépasse plus le seuil réglé en début de séance.

Enfin, Kim *et al.* utilisent un interrupteur placé sous la main saine [12]. C'est un mode de fonctionnement similaire à celui mis en place pour le protocole présenté dans cette étude. Toutefois, aucun stimulus n'incite le patient à réenclencher la stimulation une fois un cycle réalisé. Le boîtier utilisé dans notre protocole a justement pour but d'inciter le patient à réenclencher la stimulation électrique par un feedback sonore.

Dans la quasi-totalité des protocoles étudiés, la stimulation électrique est appliquée sur les extenseurs des doigts et du poignet, groupe musculaire très souvent déficitaire chez les patients hémiplegiques. Dans le protocole réalisé, la stimulation concerne les extenseurs du poignet et des doigts et dans un second temps les muscles opposants du pouce. Ces

modalités n'ont été réalisées par aucune autre étude ou partiellement, celle de Schick *et al.* qui a stimulé alternativement les extenseurs du poignet puis les fléchisseurs des doigts [15].

4.2.2. Critique du protocole

La mise en place de ce pré-protocole a permis d'en apprécier la faisabilité et d'identifier certains points à améliorer. Cette partie a pour but de présenter les différentes déficiences du protocole et de proposer des solutions afin d'améliorer et de faciliter sa réalisation.

4.2.2.1. Matériel

L'installation correcte des patients nécessite quelques ajustements au niveau du petit matériel. Pour réduire le risque de survenue des douleurs d'épaule, qui réduisent les capacités motrices quand elles apparaissent, il est important d'installer correctement les membres supérieurs chez les patients hémiplegiques. [55]. Il faut donc prévoir l'utilisation de coussins adaptés afin de soutenir l'épaule et de ne pas favoriser l'apparition d'un diastasis. L'installation sur tables réglables en hauteur et avec découpe antérieure facilite l'appui des membres supérieurs.

Pour son bon déroulement, le protocole requiert un boîtier permettant l'utilisation d'un contacteur et transmettant périodiquement un signal sonore au patient afin que celui-ci active à nouveau un cycle de stimulation. Ce boîtier a été fabriqué spécifiquement pour la réalisation de ce mémoire et, en tant que tel, il n'en existe qu'un exemplaire. Or, plusieurs patients sont inclus dans le protocole. Cela implique que deux patients du groupe TM/SE ne peuvent suivre en même temps une séance de thérapie miroir couplée à la stimulation électrique. Pour ce travail, la population est faible et il a donc été facile de s'adapter. Toutefois, pour une étude à plus grande échelle, il faudrait sans doute prévoir au moins un autre exemplaire du boîtier. Chaque patient du groupe TM/SE l'utilise pendant environ 30 minutes par jour, 5 fois par semaine, pendant 3 semaines.

Des électrodes sont également nécessaires pour la stimulation électrique. Malheureusement, l'utilisation quotidienne des électrodes les rend rapidement moins adhésives. Elles peuvent être maintenues par des bandes auto-adhésives de type Tensoban qui facilitent aussi leur adhérence à la peau.

4.2.2.2. Organisation

4.2.2.2.1. Délai d'inclusion

Dans le cadre de ce travail, la mise en place du protocole a eu lieu au cours d'un stage au Centre de rééducation de Lay-Saint-Christophe d'une durée de 12 semaines. Les phases de traitement spécifique (TM ou TM/SE) ne peuvent être réalisées par les kinésithérapeutes salariés car ils n'ont pas forcément de créneaux libres dans leur emploi du temps. En conséquence, toutes les prises en charge en rapport avec le protocole devaient être finies au terme du stage. La période d'inclusion totale a donc été de 8 semaines.

Cette courte période n'a pas permis d'inclure plus de patients. En effet, ce Centre de rééducation est un centre de référence dans lequel sont généralement traités des tableaux neurologiques sévères. Ainsi, les patients potentiellement éligibles se divisent en deux catégories. La première représente les patients récemment atteints par un AVC avec des troubles de la compréhension trop importants pour être inclus ou des pathologies associées pouvant biaiser les résultats. La deuxième catégorie correspond à des patients atteints par un AVC depuis plusieurs mois. Dans cette population, la plupart des patients sont en hospitalisation de jour et sont donc pris en charge seulement 3 fois par semaine ce qui empêche de les inclure dans le protocole.

4.2.2.2.2. Organisation des séances

Les séances ont été prévues pour durer environ 30 minutes. C'est ainsi qu'elles ont été présentées au personnel et aux patients. Pourtant dans la pratique, il s'avère qu'elles durent plutôt 35 minutes avec un temps d'installation, notamment pour le groupe TM/SE qui augmente légèrement le temps de présence des patients. Cela peut être dérangent car ils peuvent avoir des impératifs comme d'autres rendez-vous ou des visites de leur famille. Il vaut mieux voir légèrement plus large et prévoir 35 minutes afin d'être parfaitement en phase entre la théorie et la pratique.

De plus, il est intéressant de prévoir un temps supplémentaire au début du protocole pour chaque patient. Ce moment permettrait de repérer directement les meilleurs emplacements pour les électrodes et ne pas perdre du temps au début des premières séances.

4.2.2.3. Moyens humains

Comme expliqué ci-dessus, le protocole nécessite l'intervention d'un kinésithérapeute pour la prise de mesure. Son intervention est censée permettre à l'investigateur de traiter les données dès qu'elles sont collectées, l'investigateur ne pouvant être la personne qui prend les mesures au risque d'un biais trop important. Le kinésithérapeute est en aveugle par rapport au groupe d'appartenance des patients et il est donc normalement objectif sur leur évaluation.

Dans le cadre de ce travail, le kinésithérapeute sollicité pour prendre les mesures durant le protocole a été absent pour maladie. Ne connaissant pas le groupe des patients concernant le protocole et étant très bien informé sur le déroulement de l'étude, il a fallu en son absence solliciter un autre kinésithérapeute pour reprendre ce rôle d'examineur. Cela a été possible à l'exception de la dernière prise de mesure pour un des patients car les thérapeutes connaissant son groupe, cela a entraîné plusieurs biais de mesure discutés dans la partie 4.1.5. Afin d'éviter ce genre de problème, il faut qu'au moins deux kinésithérapeutes soient en aveugles tout au long du protocole et si possible qu'ils soient externes au service mais cela pose d'autres problèmes de gestion.

Le contexte actuel dans le service fait que la charge de travail est importante pour les salariés, ils ont de ce fait peu de temps à accorder au protocole. Pour le mettre en place sur un plus grand groupe, il faudrait trouver le moyen de libérer au moins un salarié pendant quelques heures sur la durée de l'étude afin qu'il soit plus disponible pour la prise de mesures.

4.2.2.4. Choix des critères de jugement

Pour cette étude, 6 critères de jugement ont été choisis. Parmi eux, 5 critères, bien que variés, évaluent l'état du membre supérieur mais montrent quelques limites au cours du protocole. Très adaptés pour mettre en évidence une évolution marquée des performances, les critères utilisés ne sont pas assez sensibles pour détecter un changement lorsque les capacités motrices sont très faibles. Cela s'illustre par la légère évolution du patient 3 qui n'est pas mise en avant par les résultats.

Pour mettre en place un suivi plus précis et sensible de l'évolution des patients dont les capacités motrices sont assez faibles, il peut être intéressant d'utiliser d'autres critères de jugement. Malheureusement, cette catégorie de patient n'est globalement pas capable de

produire des mouvements fonctionnels. La plupart des bilans utilisés au membre supérieur ne sont alors pas adaptés. Un des seuls bilans retrouvé et communément utilisé est la cotation de Held et Pierrot-Desseilligny. Cette évaluation est utilisée dans la quasi-totalité des services de rééducation en neurologie. Bien que sa reproductibilité soit peu fiable, notamment à cause des résistances opposées au mouvement à partir de la cotation 3, elle peut permettre de quantifier l'évolution des capacités de recrutement chez certains sujets [56]. Bien évidemment, cette récupération est négligeable sur le devenir fonctionnel du patient. Toutefois, dans le cadre d'une étude, il est intéressant de la constater.

4.2.3. Remarques de l'équipe soignante et des patients

Au cours de l'étude, les éventuelles remarques des thérapeutes et des patients ont été prises en compte. Leurs observations sont globalement similaires. Ils ont trouvé dommage et répétitif de n'effectuer que deux mouvements (extension du poignet/des doigts et opposition de l'hallux) par séance. Ils comparent le protocole mis en place à d'autres protocoles de thérapie miroir mettant en jeu une dizaine de mouvements différents en une heure.

Pourtant, plusieurs arguments permettent de justifier ce choix. Tout d'abord l'utilisation de la stimulation électrique nécessite l'installation des électrodes et le réglage de l'appareil. Changer une dizaine de fois les paramètres de stimulation prendrait beaucoup de temps et ne semble pas envisageable. Le but du protocole étant de comparer les deux groupes, le groupe de thérapie miroir doit forcément suivre une séquence similaire. Si cela n'est pas le cas, la comparaison entre les groupes est encore moins réalisable. Bien que le déroulement des séances semble long et répétitif, c'est bien la répétition d'un même mouvement et la focalisation de l'attention sur celui-ci qui permet l'apprentissage de nouveaux schémas moteurs.

4.3. Possibles mécanismes de la TM/SE

Lorsqu'elles sont mises en place séparément, la thérapie miroir et la stimulation électrique peuvent aider la récupération motrice par différents mécanismes expliqués ci-dessus. Le but de l'association de ces deux traitements est de permettre l'amélioration des résultats par la mise en place d'un effet synergique. Dans la littérature, les articles traitant ce sujet ont déjà proposé quelques pistes de réflexion. Toutefois, aucune étude n'a fait de

recherches précises sur les effets mis en jeu lors d'un protocole de TM/SE sur des patients hémipariés.

Parmi ces articles, certains avancent que la TM/SE permet de rendre cohérent le feedback visuel renvoyé par le miroir et le feedback proprioceptif du membre lésé. En effet, la SE permet de reproduire du côté lésé le mouvement de la main saine et de rendre crédibles les sensations perçues [31].

Dans leur étude sur l'application de la TM/SE sur le membre inférieur, Xu *et al.* mettent en avant le fait que la SE active la région post-synaptique de la corne antérieure atteinte. Comme la thérapie miroir active l'hémisphère lésé, les auteurs supposent que cette activation pourrait augmenter la conductivité des voies pyramidales résiduelles ainsi que l'activité au niveau présynaptique dans la corne antérieure, ce qui permettrait d'améliorer l'efficacité des thérapies [57].

Travaillant également sur la TM/SE utilisée sur le membre inférieur, Lee *et al.* proposent que le fait de coupler la SE à une tâche cognitive augmente la concentration des patients. Or il est prouvé que la concentration dans la réalisation d'un mouvement volontaire augmente l'efficacité de la SE comme observée par une activité corticale modifiée. La TM pourrait être un exemple d'activité cognitive efficace pour augmenter la concentration [58], [59].

Enfin, Kim *et al.* rappellent que les mouvements bilatéraux permettent d'équilibrer la balance inter-hémisphérique, améliorant la récupération motrice. La SE prend le relais de la commande motrice volontaire déficiente suite à l'atteinte cérébrale [12]. Un mouvement bilatéral est ainsi possible à chaque répétition pendant le protocole.

4.4. Ouverture

Aujourd'hui, la recherche dans la rééducation des patients hémipariés tend à combiner plusieurs techniques dans le but d'améliorer leurs effets. Les contraintes économiques et temporelles ont pour conséquence une durée et un nombre de séances limités par personne. Il est donc essentiel de proposer des techniques toujours plus performantes afin de favoriser la récupération motrice.

Plusieurs groupes de travail se sont intéressés à la combinaison de la thérapie miroir et de la stimulation électrique. Cependant, ils diffèrent par leur protocole et par les groupes étudiés. Presque tous utilisent et appliquent différemment la TM/SE combinée et les groupes étudiés dans les protocoles existants sont tous différents. Certains comparent la TM/SE à la SE [12], d'autres comparent différentes modalités d'application de TM/SE comme Kim et Lee [11]. Compte tenu de la taille de population attendue en préparant cette étude (environ une dizaine), il a été choisi de comparer un groupe de thérapie miroir simple à un groupe de TM/SE. Cette comparaison seule n'a pas été retrouvée dans la littérature selon les mêmes modalités de réalisation du protocole.

Les futures études sur le sujet devront s'efforcer de standardiser leurs protocoles et leurs critères de sélection de population afin de faciliter leur comparaison et ainsi de rendre possible l'analyse des résultats obtenus. Il n'est pas envisageable de se contenter d'une simple comparaison entre un groupe de TM et un groupe TM/SE. Il est nécessaire de les confronter avec un groupe contrôle afin d'avoir une base de comparaison fiable. Il peut également être intéressant de comparer la mise en place simultanée de TM/SE et la mise en place « successive » des deux thérapies, sur une même durée de temps pour observer si une réelle synergie est obtenue lors de la TM/SE simultanée.

Enfin, il serait pertinent de mettre en place un protocole incluant des mouvements fonctionnels comme par exemple l'utilisation d'un verre pour finaliser le mouvement de préhension. Plusieurs protocoles de thérapie miroir utilisent des mouvements fonctionnels pendant les séances afin d'être proches des conditions de vie quotidienne et de favoriser leur intégration. Ainsi, Lim *et al.* démontrent que la récupération motrice de patients suivant un traitement de TM fonctionnelle est significativement meilleure que celle d'un groupe contrôle [60]. Nagappattinam *et al.* ont déjà proposé un protocole de TM/SE simultané comportant des mouvements fonctionnels, toutefois le mode de synchronisation entre la TM et la SE, par cycle, ne semble pas reproduire une situation réelle pour le patient malgré la pertinence de la répétition associée à la concentration du patient lors de l'exercice [14].

5. CONCLUSION

Les masseurs-kinésithérapeutes ont un rôle essentiel dans la rééducation post-AVC. En effet, grâce à leur travail en collaboration avec les autres professions médicales-techniques, ils permettent peu à peu au patient d'améliorer ses capacités (pas seulement sur le plan moteur) et ainsi d'évoluer vers une autonomie souhaitée. Pourtant la rééducation est complexe et nombre de patients gardent des séquelles à vie. La recherche doit être poursuivie, non seulement pour proposer des techniques innovantes, mais également pour améliorer les techniques déjà utilisées.

Ce travail, en tant qu'étude de faisabilité, propose une méthode permettant de comparer un groupe TM et un groupe TM/SE. Celle-ci se base sur les études retrouvées dans la littérature. Le protocole a été testé sur 3 patients. Cela a permis de vérifier la faisabilité du protocole. Les résultats n'ont pas de valeur significative et ne permettent donc pas de conclure sur l'efficacité de l'utilisation simultanée de la thérapie miroir et de la stimulation électrique comparée à la thérapie miroir dans la rééducation du patient hémiparétique. Cependant, les résultats retrouvés dans les articles traitant le sujet tendent à montrer une efficacité lors de la mise en place simultanée de la thérapie miroir et de la stimulation électrique. D'autres études, à plus grande échelle sont nécessaires afin de conforter ces résultats. En reprenant les travaux déjà effectués sur ce sujet, les futures recherches doivent valider ou non l'intérêt de l'utilisation de la thérapie miroir combinée à la stimulation électrique.

BIBLIOGRAPHIE

[1]. HAS. Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. 2012. [consultée le 12 janvier 2020]. Disponible sur :

https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-11/11irp01_reco_avc_methodes_de_reeducation.pdf

[2]. Ministère de la santé et des sports, Ministère du travail, de la solidarité et de la fonction publique, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Plan d'actions national « accidents vasculaires cérébraux 2010-2014 ». 2010. [consultée le 12 janvier 2020]. Disponible sur : https://www.cnsa.fr/documentation/plan_actions_avc_-_17avr2010.pdf

[3]. Thieme H, Mehrholz J, Pohl M, Behrens J, Dohle C. Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2012 Mar; 14 (3): 1–66.

[4]. Thieme H, Morkisch N, Mehrholz J, Pohl M, Behrens J, Borgetto B, et al. Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Nov; 7: 1–179.

[5]. Zeng W, Guo Y, Wu G, Liu X, Fang Q. Mirror therapy for motor function of the upper extremity in patients with stroke: A meta-analysis. *J Rehabil Med*. 2018 Jan; 50 (1): 8–15.

[6]. Pérez-Cruzado D, Merchán-Baeza JA, González-Sánchez M, Cuesta-Vargas AI. Systematic review of mirror therapy compared with conventional rehabilitation in upper extremity function in stroke survivors. *Aust Occup Ther J*. 2017 Apr; 64 (2): 91–112.

[7]. Eraifej J, Clark W, France B, Desando S, Moore D. Effectiveness of upper limb functional electrical stimulation after stroke for the improvement of activities of daily living and motor function: a systematic review and meta-analysis. *Systematic Reviews*. 2017 Dec; 6 (1): 40.

[8]. Howlett OA, Lannin NA, Ada L, McKinstry C. Functional Electrical Stimulation Improves Activity After Stroke: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015 May; 96 (5): 934–43.

- [9]. Yang J-D, Liao C-D, Huang S-W, Tam K-W, Liou T-H, Lee Y-H, et al. Effectiveness of electrical stimulation therapy in improving arm function after stroke: a systematic review and a meta-analysis of randomised controlled trials. *Clinical Rehabilitation*. 2019 Aug; 33 (8): 1286–97.
- [10]. Yun GJ, Chun MH, Park JY, Kim BR. The Synergic Effects of Mirror Therapy and Neuromuscular Electrical Stimulation for Hand Function in Stroke Patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2011; 35 (3): 316.
- [11]. Kim JH, Lee B-H. Mirror therapy combined with biofeedback functional electrical stimulation for motor recovery of upper extremities after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Occup Ther Int*. 2015 Jun; 22 (2): 51–60.
- [12]. Kim H, Lee G, Song C. Effect of Functional Electrical Stimulation with Mirror Therapy on Upper Extremity Motor Function in Poststroke Patients. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2013 Jul; 23 (4): 655–61.
- [13]. Mathieson S, Parsons J, Kaplan M, Parsons M. Combining functional electrical stimulation and mirror therapy for upper limb motor recovery following stroke: a randomised trial. *European Journal of Physiotherapy*. 2018 Oct; 20 (4): 244–9.
- [14]. Nagapattinam S. Effect of task specific mirror therapy with functional electrical stimulation on upper limb function for subacute hemiplegia. *International Journal of Physiotherapy*. 2015 Oct; 2 (5): 840–49.
- [15]. Schick T, Schlake H-P, Kallusky J, Hohlfeld G, Steinmetz M, Tripp F, et al. Synergy effects of combined multichannel EMG-triggered electrical stimulation and mirror therapy in subacute stroke patients with severe or very severe arm/hand paresis. *Restor Neurol Neurosci*. 2017; 35 (3): 319–32.
- [16]. Collège des enseignants de neurologie. Accidents vasculaires cérébraux. [consultée le 12 janvier 2020]. Disponible sur : <https://www.cen-neurologie.fr/deuxieme-cycle%20/accidents-vasculaires-cérébraux>

- [17]. Maïer B, Boursin P, Mazighi M. Phase aiguë des accidents vasculaires cérébraux, chaque minute compte. *Soins*. 2018 Sept; 63 (828): 28–31.
- [18]. Mansfield A, Inness EL, Mcilroy WE. Stroke. *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier. 2018; 159 (13): 205–28.
- [19]. Boursin P, Paternotte S, Dercy B, Sabben C, Maïer B. Sémantique, épidémiologie et sémiologie des accidents vasculaires cérébraux. *Soins*. 2018 Sept; 63(828): 24–7.
- [20]. De Peretti Christine. Études et résultats, n°939, DREES. Les risques de décès un an après un accident vasculaire cérébral. 2015 [consultée le 15 janvier 2020]. Disponible sur : https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/er_939.pdf
- [21]. Lacour M. La neuroplasticité cérébrale des théories aux applications cliniques. Didier J-P. La plasticité de la fonction motrice. Paris : Springer, 2009. p. 25–54. Collection de l'académie Européenne de Médecine et de Réadaptation.
- [22]. Hara Y. Brain Plasticity and Rehabilitation in Stroke Patients. *Journal of Nippon Medical School*. 2015; 82 (1): 4–13.
- [23]. Sampaio-Baptista C, Sanders Z-B, Johansen-Berg H. Structural Plasticity in Adulthood with Motor Learning and Stroke Rehabilitation. *Annual Review of Neuroscience*. 2018 Jul; 41 (1): 25–40.
- [24]. Ramachandran, V.S., Rogers-Ramachandran, D., Cobb, S. Touching the phantom limb. 1995. *Nature* 377: 489–490.
- [25]. Altschuler, E.L., Wisdom, S.B., Stone, L., Foster, C., Galasko, D., Llewellyn, D.M., Ramachandran, V.S. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*. 1999. 353: 2035–2036.
- [26]. Rothgangel AS, Braun SM. Mirror therapy: Practical protocol for stroke rehabilitation. Munich: Pflaum Verlag, 2013. doi: 10.12855/ar.sb.mirrortherapy.e2013 [Epub]. Disponible sur: www.physiotherapeuten.de/epub

- [27]. Beis JM, Chauvière C, Pelé G. Neuro -Rééducation Préhension et thérapie du miroir [en ligne]. [consultée le 12 janvier 2020]. Disponible sur : <http://sornest.fr/wp-content/uploads/2015/04/SORNEST-JMBeis.pdf>
- [28]. McCabe C. Mirror Visual Feedback Therapy. A Practical Approach. *Journal of Hand Therapy*. 2011 Apr; 24 (2): 170–9.
- [29]. Stein C, Fritsch CG, Robinson C, Sbruzzi G, Plentz RDM. Effects of Electrical Stimulation in Spastic Muscles After Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Stroke*. 2015 Aug; 46 (8): 2197–205.
- [30]. Rizzolatti G, Craighero L. The Mirror-Neuron System. *Annual Review of Neuroscience*. 2004 Jul; 27 (1): 169–92.
- [31]. Deconinck FJA, Smorenburg ARP, Benham A, Ledebt A, Feltham MG, Savelsbergh GJP. Reflections on mirror therapy: a systematic review of the effect of mirror visual feedback on the brain. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015 May; 29 (4): 349–61.
- [32]. Cook R, Bird G, Catmur C, Press C, Heyes C. Mirror neurons: From origin to function. *Behavioral and Brain Sciences*. 2014 Apr; 37 (2): 177–92.
- [33]. Zhang JJQ, Fong KNK, Welage N, Liu KPY. The Activation of the Mirror Neuron System during Action Observation and Action Execution with Mirror Visual Feedback in Stroke: A Systematic Review. *Neural Plast*. 2018 Apr; 2018: 1–14.
- [34]. Howlett H, Lannin NA, Ada L, McKinstry C. Functional Electrical Stimulation Improves Activity After Stroke: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015 May; 96 (5): 934–43.
- [35]. Rossiter HE, Borrelli MR, Borchert RJ, Bradbury D, Ward NS. Cortical mechanisms of mirror therapy after stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015 Jun; 29 (5): 444–52.
- [36]. Novaes MM, Palhano-Fontes F, Peres A, Mazzetto-Betti K, Pelicioni M, Andrade KC, et al. Neurofunctional changes after a single mirror therapy intervention in chronic ischemic stroke. *Int J Neurosci*. 2018 Oct; 128 (10): 966–74.

- [37]. Knutson JS, Fu MJ, Sheffler LR, Chae J. Neuromuscular Electrical Stimulation for Motor Restoration in Hemiplegia. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2015 Nov; 26 (4): 729–45.
- [38]. Rushton DN. Functional Electrical Stimulation and rehabilitation-an hypothesis. *Medical Engineering & Physics*. 2003 Jan; 25 (1): 75–8.
- [39]. Gandolla M, Ward NS, Molteni F, Guanziroli E, Ferrigno G, Pedrocchi A. The Neural Correlates of Long-Term Carryover following Functional Electrical Stimulation for Stroke. *Neural Plasticity*. 2016; 2016: 1–13.
- [40]. Kojima K, Ikuno K, Morii Y, Tokuhisa K, Morimoto S, Shomoto K. Feasibility study of a combined treatment of electromyography-triggered neuromuscular stimulation and mirror therapy in stroke patients: A randomized crossover trial. *NeuroRehabilitation*. 2014; 34 (2): 235–44.
- [41]. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke: A Critical Review of Its Measurement Properties. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2002 Sep; 16 (3): 232–40.
- [42]. University of Gothenburg. Fugl-Meyer-Assessment Upper Extremity (FMA-UE): Assessment of sensorimotor function. 2015 Mar. [Consulté le 5 janvier 2020]. Disponible sur : https://neurophys.gu.se/digitalAssets/1723/1723675_fm-ue-eng-190303-protocol.pdf
- [43]. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med*. 1975; 7 (1): 13–31.
- [44]. Amano S, Umeji A, Takebayashi T, Takahashi K, Uchiyama Y, Domen K. Clinimetric properties of the shortened Fugl-Meyer Assessment for the assessment of arm motor function in hemiparetic patients after stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2018; 25 (7): 500–8.

- [45]. Kontson K, Marcus I, Myklebust B, Civillico E. Targeted box and blocks test: Normative data and comparison to standard tests. PLOS ONE. 2017 May; 12 (5). Disponible sur : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177965>
- [46]. Mathiowetz V, Volland G, Kashman N, Weber K. Adult Norms for the Box and Block Test of Manual Dexterity. The American Journal Of Occupational Therapy. 1985; 29 (6): 386–91.
- [47]. Platz T. Reliability and validity of arm function assessment with standardized guidelines for the Fugl-Meyer Test, Action Research Arm Test and Box and Block Test: a multicentre study. Clin Rehabil. 2005; 19 (4): 404–11.
- [48]. Lin K, Chuang L, Wu C, Hsieh Y, Chang W. Responsiveness and validity of three dexterous function measures in stroke rehabilitation. The Journal of Rehabilitation Research and Development. 2010; 47 (6): 563–71.
- [49]. Bohannon RW, Smith MB. Interrater Reliability of a Modified Ashworth Scale of Muscle Spasticity. Phys Ther. 1987; 67 (2): 206–7.
- [50]. Meseguer-Henarejos A-B, Sánchez-Meca J, López-Pina J-A, Carles-Hernández R. Inter- and intra-rater reliability of the Modified Ashworth Scale: a systematic review and meta-analysis. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. 2018 Jun; 54 (4): 576–90.
- [51]. Chen C-L, Chen C-Y, Chen H-C, Wu C-Y, Lin K-C, Hsieh Y-W, et al. Responsiveness and minimal clinically important difference of Modified Ashworth Scale in patients with stroke. Eur J Phys Rehabil Med. 2019 Dec; 55 (6): 754–760
- [52]. Mühldorfer-Fodor M, Ziegler S, Harms C, Neumann J, Cristalli A, Kalpen A, et al. Grip force monitoring on the hand: Manugraphy system versus Jamar dynamometer. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. 2014 Aug; 134 (8): 1179–88.
- [53]. Kessomtini W. Les douleurs de l'hémiplégique vasculaire du diagnostic à la prise en charge thérapeutique. Douleurs : Évaluation - Diagnostic - Traitement. 2015 Feb; 16 (1): 32–7.

- [54]. Morkisch N, Thieme H, Dohle C. How to perform mirror therapy after stroke? Evidence from a meta-analysis. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2019 Oct; 37 (5): 421–35.
- [55]. Lindgren I, Gard G, Brogårdh C. Shoulder pain after stroke – experiences, consequences in daily life and effects of interventions: a qualitative study. *Disability and Rehabilitation*. 2018 May; 40 (10): 1176–82.
- [56]. Grandmougin M, Codinach D, Rostagno S. Évaluation de l'échelle motrice de Held et Pierrot-Deseilligny : fiabilité et validité. *Kinésithérapie, la Revue*. 2017 Apr; 17 (184): 50.
- [57]. Xu Q, Guo F, Salem HMA, Chen H, Huang X. Effects of mirror therapy combined with neuromuscular electrical stimulation on motor recovery of lower limbs and walking ability of patients with stroke: a randomized controlled study. *Clinical Rehabilitation*. 2017 Dec; 31 (12): 1583-91.
- [58]. Lee D, Lee G, Jeong J. Mirror Therapy with Neuromuscular Electrical Stimulation for improving motor function of stroke survivors: A pilot randomized clinical study. *Technology and Health Care*. 2016 Jul; 24 (4): 503–11.
- [59]. Lee D, Lee G. Effect of afferent electrical stimulation with mirror therapy on motor function, balance, and gait in chronic stroke survivors: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2019 Jul; 55 (4): 442–9.
- [60]. Lim K-B, Lee H-J, Yoo J, Yun H-J, Hwang H-J. Efficacy of Mirror Therapy Containing Functional Tasks in Poststroke Patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2016; 40 (4): 629.

ANNEXES

ANNEXE I : Diagramme de flux des recherches bibliographiques

ANNEXE II : Lettre d'information au patient

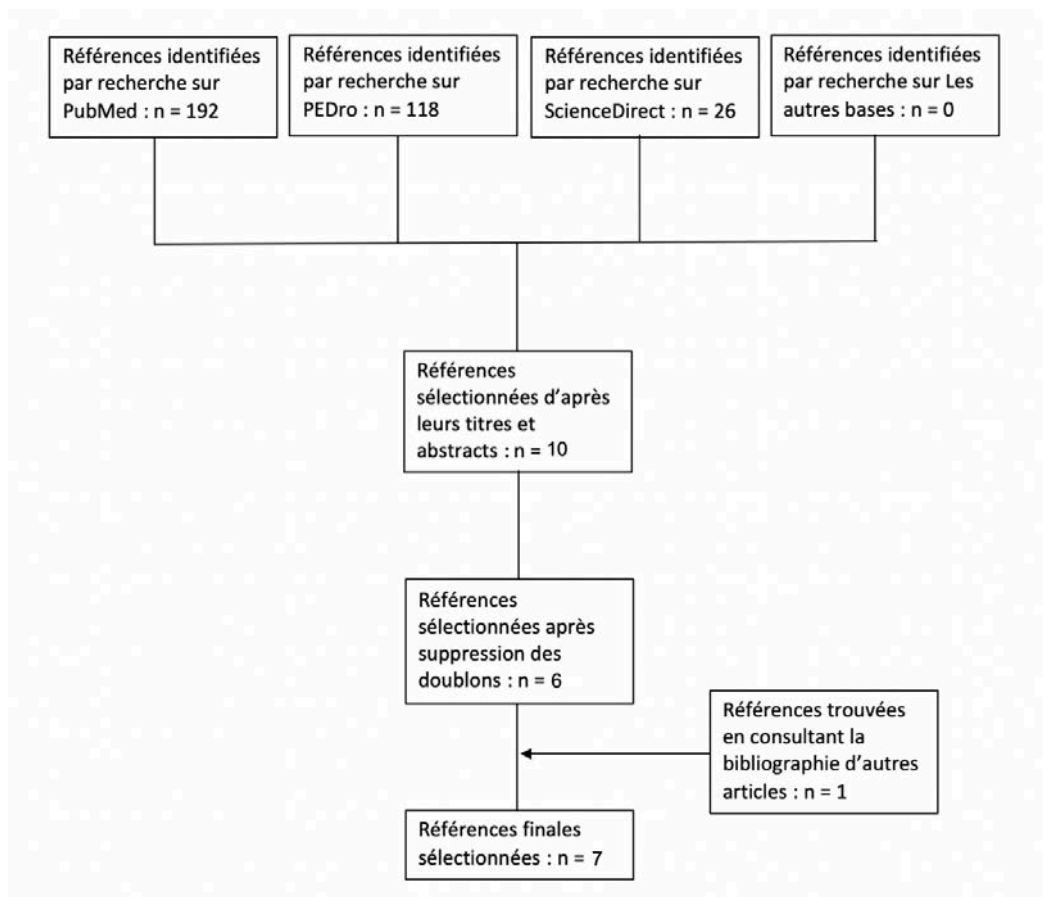
ANNEXE III : Formulaire de consentement éclairé

ANNEXE IV : Critères de jugements utilisés

ANNEXE V : Fiches de synthèse à visée d'information pour les kinésithérapeutes du service

ANNEXE VI : Score au FMA-UP du patient 1 à J28 et J49 et du patient 2 à J28

ANNEXE I : Diagramme de flux des recherches bibliographiques



ANNEXE II : Lettre d'information au patient

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de mon mémoire de fin d'étude à l'institut de formation de Masso-kinésithérapie de Nancy, je souhaite réaliser une étude portant sur les soins rééducatifs des personnes hémiplegiques. Ce document a pour objectif de vous informer sur le principe de l'étude à laquelle il vous est proposé de participer. Il vous est demandé de lire attentivement les informations ci-dessous et de ne pas hésiter à poser vos questions aux thérapeutes.

Dans le cadre de la rééducation du patient hémiplegique, et notamment de son membre supérieur, plusieurs techniques sont utilisées au sein des services de rééducation. Parmi celle-ci, la thérapie miroir et la stimulation électrique sont couramment utilisées.

La thérapie miroir consiste à placer un miroir entre les bras du patient. La partie réfléchissante est à la vue du patient et lui permet de voir son membre sain. Il est demandé au patient d'alterner lentement des mouvements de flexion et d'extension de la main de manière lente, tout en se concentrant sur l'image renvoyée par le miroir. Le but est ainsi de transmettre des informations visuelles au cerveau lui faisant croire que la main bouge correctement et ainsi de stimuler la réorganisation cérébrale.

La stimulation électrique, dans la rééducation d'un patient hémiplegique est utilisée afin d'envoyer des stimuli moteurs au membre lésé grâce à des électrodes. Cette méthode permet d'entraîner le mouvement non volontaire du membre et permettrait également une réorganisation cérébrale.

Le but de cette étude est d'étudier la synergie entre ces deux techniques. Ainsi l'utilisation simultanée de celles-ci permettrait d'obtenir de meilleurs résultats dans la rééducation des patients hémiplegiques. Le protocole consiste en la mise en place d'une, ou plusieurs de ces techniques dans votre traitement.

La mise en place de ces techniques sera effectuée en plus de vos séances normales et n'impactera en aucun cas le contenu des séances normalement suivies. Ces techniques seront mises en place 30 minutes par jour, 5 fois par semaines et ce pendant 4 semaines.

Aucune charge financière ne vous sera demandé.

Bien entendu, toutes données ou informations recueillies seront strictement confidentielles.

ANNEXE III : Formulaire de consentement éclairé

Je, soussigné(e), M, Mme, Mellené(e) le

⇒ Après avoir reçu oralement et par écrit toutes les informations nécessaires précisant les modalités de déroulement de cette étude.

⇒ J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions qui me paraissent utiles pour la bonne compréhension de la note d'information et de recevoir des réponses claires et précises.

⇒ J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision.

⇒ J'accepte librement et volontairement de participer à cette recherche dans les conditions ci-dessus, sachant que je suis libre de refuser sans que cela ait de conséquence sur la qualité de mes soins.

⇒ Je suis conscient que je peux arrêter à tout moment ma participation à cette recherche sans supporter aucune responsabilité.

Je donne mon accord pour participer à cette étude dans les conditions ci-dessous.

Cet accord ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leur responsabilité.

Toutes les données et informations qui me concernent resteront strictement confidentielles.

Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire aux organisateurs de l'étude.

Fait à, le

Signature de l'investigateur :

Signature du volontaire précédée de la mention lu et approuvé :

ANNEXE IV : Critères de jugements utilisés

ANNEXE IV.a : Le Fugl-Meyer-Assessment for the upper extremity partie mortice

Selon la version de l'université de Gothenburg [42], conçue d'après l'étude de Fugl-Meyer AR *et al.* [43].

FMA-UE PROTOCOL

Rehabilitation Medicine, University of Gothenburg

FUGL-MEYER ASSESSMENT UPPER EXTREMITY (FMA-UE) Assessment of sensorimotor function

ID:
Date:
Examiner:

Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Olsson S, Steglind S: The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scand J Rehabil Med 1975, 7:13-31.

A. UPPER EXTREMITY, sitting position				
I. Reflex activity		none	can be elicited	
Flexors: biceps and finger flexors (at least one)		0	2	
Extensors: triceps		0	2	
Subtotal I (max 4)				
II. Volitional movement within synergies, without gravitational help		none	partial	full
Flexor synergy: Hand from contralateral knee to ipsilateral ear. From extensor synergy (shoulder adduction/ internal rotation, elbow extension, forearm pronation) to flexor synergy (shoulder abduction/ external rotation, elbow flexion, forearm supination). Extensor synergy: Hand from ipsilateral ear to the contralateral knee	Shoulder retraction	0	1	2
	elevation	0	1	2
	abduction (90°)	0	1	2
	external rotation	0	1	2
	Elbow flexion	0	1	2
	Forearm supination	0	1	2
	Shoulder adduction/internal rotation	0	1	2
	Elbow extension	0	1	2
Forearm pronation	0	1	2	
Subtotal II (max 18)				
III. Volitional movement mixing synergies, without compensation		none	partial	full
Hand to lumbar spine hand on lap	cannot perform or hand in front of ant-sup iliac spine hand behind ant-sup iliac spine (without compensation) hand to lumbar spine (without compensation)	0	1	2
Shoulder flexion 0° - 90° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement flexion 90°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation-supination elbow at 90° shoulder at 0°	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains starting position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal III (max 6)				
IV. Volitional movement with little or no synergy		none	partial	full
Shoulder abduction 0 - 90° elbow at 0° forearm pronated	immediate supination or elbow flexion supination or elbow flexion during movement abduction 90°, maintains extension and pronation	0	1	2
Shoulder flexion 90° - 180° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement flexion 180°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation/supination elbow at 0° shoulder at 30°- 90° flexion	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains start position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal IV (max 6)				
V. Normal reflex activity assessed only if full score of 6 points is achieved in part IV; compare with the unaffected side		0 (IV), hyper	lively	normal
biceps, triceps, finger flexors	2 of 3 reflexes markedly hyperactive or 0 points in part IV 1 reflex markedly hyperactive or at least 2 reflexes lively maximum of 1 reflex lively, none hyperactive	0	1	2
Subtotal V (max 2)				
Total A (max 36)				

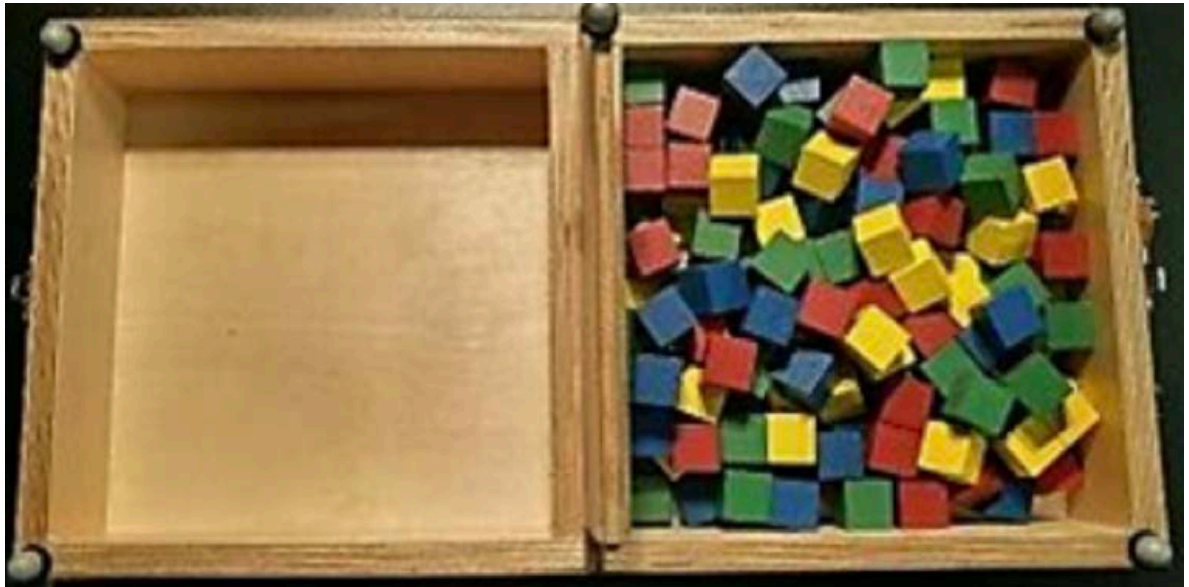
B. WRIST support may be provided at the elbow to take or hold the starting position, no support at wrist, check the passive range of motion prior testing		none	partial	full
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°, slight finger flexion	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Circumduction elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	cannot perform volitionally jerky movement or incomplete complete and smooth circumduction	0	1	2
Total B (max 10)				

C. HAND support may be provided at the elbow to keep 90° flexion, no support at the wrist, compare with unaffected hand, the objects are interposed, active grasp		none	partial	full
Mass flexion from full active or passive extension		0	1	2
Mass extension from full active or passive flexion		0	1	2
GRASP				
a. Hook grasp flexion in PIP and DIP (digits II-V), extension in MCP II-V	cannot be performed can hold position but weak maintains position against resistance	0	1	2
b. Thumb adduction 1-st CMC, MCP, IP at 0°, scrap of paper between thumb and 2-nd MCP joint	cannot be performed can hold paper but not against tug can hold paper against a tug	0	1	2
c. Pincer grasp, opposition pulpa of the thumb against the pulpa of 2-nd finger, pencil, tug upward	cannot be performed can hold pencil but not against tug can hold pencil against a tug	0	1	2
d. Cylinder grasp cylinder shaped object (small can) tug upward, opposition of thumb and fingers	cannot be performed can hold cylinder but not against tug can hold cylinder against a tug	0	1	2
e. Spherical grasp fingers in abduction/flexion, thumb opposed, tennis ball, tug away	cannot be performed can hold ball but not against tug can hold ball against a tug	0	1	2
Total C (max 14)				

D. COORDINATION/SPEED , sitting, after one trial with both arms, eyes closed, tip of the index finger from knee to nose, 5 times as fast as possible		marked	slight	none
Tremor	at least 1 completed movement	0	1	2
Dysmetria at least 1 completed movement	pronounced or unsystematic slight and systematic no dysmetria	0	1	2
		≥ 6s	2 - 5s	< 2s
Time start and end with the hand on the knee	at least 6 seconds slower than unaffected side 2-5 seconds slower than unaffected side less than 2 seconds difference	0	1	2
Total D (max 6)				

ANNEXE IV.b : Le Box and Blocks Test

Illustration d'après Kontson *et al.* [45].



ANNEXE IV.c : L'échelle d'Ashworth modifiée:

D'après Bohannon et Smith [49].

TABLE 1
Modified Ashworth Scale for Grading Spasticity⁹

Grade	Description
0	no increase in muscle tone
1	slight increase in muscle tone, manifested by a catch and release or by minimal resistance at the end of the range of motion when the affected part(s) is moved in flexion or extension
1+	slight increase in muscle tone, manifested by a catch, followed by minimal resistance throughout the remainder (less than half) of the ROM
2	more marked increase in muscle tone through most of the ROM, but affected part(s) easily moved
3	considerable increase in muscle tone, passive movement difficult
4	affected part(s) rigid in flexion or extension

ANNEXE IV.d : L'évaluation de la force par dynamomètre Jamar :
Illustration d'après Mühldorfer-Fodor *et al.* [52].



ANNEXE V : Fiches de synthèse à visée d'information pour les kinésithérapeutes du service

Caractéristiques des patients :

Critères d'inclusion :

- AVC survenu moins d'un an avant le début de l'étude
- Patient autonome avant l'AVC
- Le membre supérieur du patient était fonctionnel avant l'AVC
- La stimulation électrique du membre supérieur entraîne le mouvement d'extension du poignet et le mouvement d'opposition du pouce
- Le patient est capable de comprendre et d'exécuter des consignes simples
- FMA-UP < 20

Critères de non inclusion :

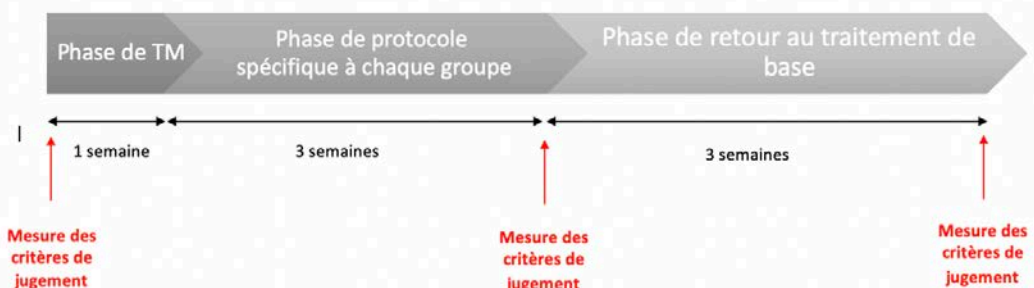
- Présence d'une autre pathologie neurologique avant l'AVC
- Toute pathologie psychiatrique et/ou médicale pouvant interférer avec les résultats de l'étude
- Tableau neurologique évolutif
- Cotation de ~~Held~~ supérieure ou égale à 3 pour les groupes musculaires du poignet et de la main
- Intolérance au courant électrique
- Présence de douleurs importantes au poignet et/ou à la main. EVA > 4

Critères d'exclusion :

- Instabilité médicale survenant pendant la durée du TTT
- Arrêt de la prise en charge imprévu
- Décès

N'hésitez pas à venir me voir en cas de questions ou si vous pensez qu'un patient répond aux critères !
Merci à tous.

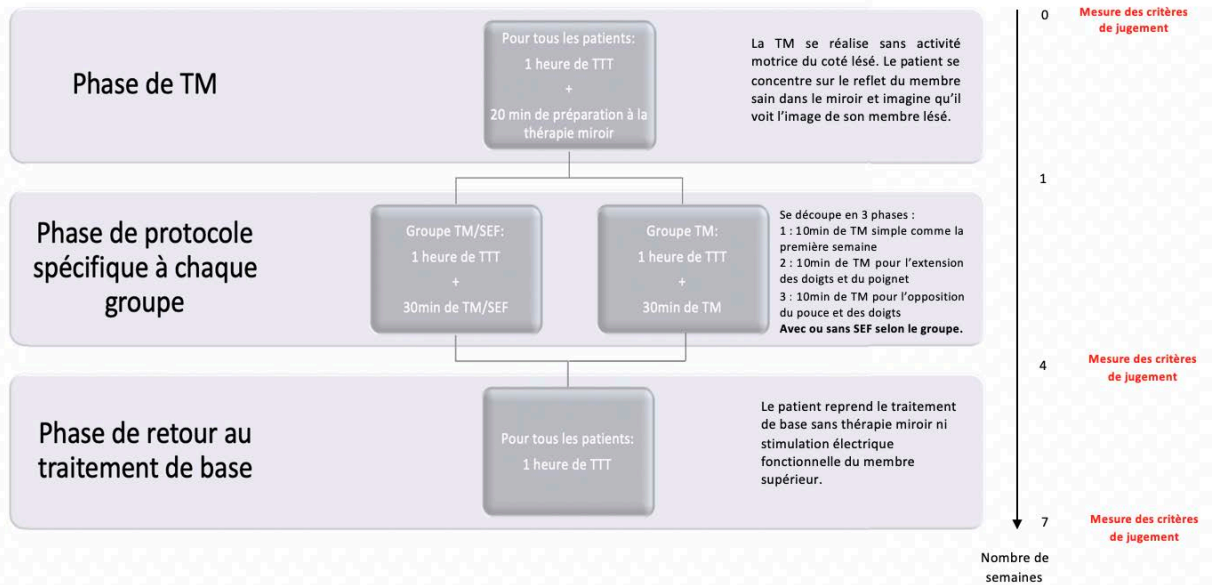
Déroulement du protocole



Les critères de jugement principaux sont le **Fugl-Meyer Assessment (FMA)** avec uniquement la partie motrice du membre supérieur (/66), le **Box and block Test (BBT)** et l'**échelle d'Ashworth modifiée**.

Les critères de jugements secondaires sont la **force** mesurée par un **dynamomètre (Jamar)**, la **douleur** mesurée par une **échelle visuelle analogique** ou le cas échéant une **échelle des visages**, et enfin la **satisfaction** mesurée à l'aide d'un **questionnaire**.

Détail du protocole



Position du patient : Avant-bras reposent sur la table, coudes à 90° et bras le long du corps.

Au cours du protocole, les soignants sont libres dans leurs choix de traitements (TTT). Il leur est simplement demandé de ne pas inclure les patients dans un autre protocole, ainsi que de ne pas faire de thérapie miroir (TM) ou de stimulation électrique fonctionnelle (SEF) en plus du protocole.

ANNEXE VI : Score au FMA-UP du patient 1 à J28 et J49 et du patient 2 à J28

Selon la version de l'université de Gothenburg [42], conçue d'après l'étude de Fugl-Meyer AR *et al.* [43].

ANNEXE VI.a : FMA-UP du patient 1 à J28

FMA-UE PROTOCOL		Rehabilitation Medicine, University of Gothenburg		
FUGL-MEYER ASSESSMENT UPPER EXTREMITY (FMA-UE)		ID: Patient 1		
Assessment of sensorimotor function		Date: J28		
		Examiner:		
<i>Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Olsson S, Steglind S: The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scand J Rehabil Med 1975, 7:13-31.</i>				
A. UPPER EXTREMITY, sitting position		Patient 1		
I. Reflex activity		none	can be elicited	
Flexors: biceps and finger flexors (at least one)		0	2	
Extensors: triceps		0	2	
Subtotal I (max 4)		4		
II. Volitional movement within synergies, without gravitational help		none	partial	full
Flexor synergy: Hand from contralateral knee to ipsilateral ear. From extensor synergy (shoulder adduction/ internal rotation, elbow extension, forearm pronation) to flexor synergy (shoulder abduction/ external rotation, elbow flexion, forearm supination). Extensor synergy: Hand from ipsilateral ear to the contralateral knee	Shoulder retraction	0	1	2
	Shoulder elevation	0	1	2
	Shoulder abduction (90°)	0	1	2
	Shoulder external rotation	0	1	2
	Elbow flexion	0	1	2
	Forearm supination	0	1	2
	Shoulder adduction/internal rotation	0	1	2
	Elbow extension	0	1	2
	Forearm pronation	0	1	2
	Subtotal II (max 18)		15	
III. Volitional movement mixing synergies, without compensation		none	partial	full
Hand to lumbar spine hand on lap	cannot perform or hand in front of ant-sup iliac spine hand behind ant-sup iliac spine (without compensation) hand to lumbar spine (without compensation)	0	1	2
Shoulder flexion 0° - 90° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement flexion 90°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation-supination elbow at 90° shoulder at 0°	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains starting position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal III (max 6)		6		
IV. Volitional movement with little or no synergy		none	partial	full
Shoulder abduction 0 - 90° elbow at 0° forearm pronated	immediate supination or elbow flexion supination or elbow flexion during movement abduction 90°, maintains extension and pronation	0	1	2
Shoulder flexion 90° - 180° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement flexion 180°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation/supination elbow at 0° shoulder at 30° - 90° flexion	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains start position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal IV (max 6)		3		
V. Normal reflex activity assessed only if full score of 6 points is achieved in part IV; compare with the unaffected side		0 (IV), hyper	lively	normal
biceps, triceps, finger flexors	2 of 3 reflexes markedly hyperactive or 0 points in part IV 1 reflex markedly hyperactive or at least 2 reflexes lively maximum of 1 reflex lively, none hyperactive	0	1	2
Subtotal V (max 2)		0		
Total A (max 36)		28		

B. WRIST support may be provided at the elbow to take or hold the starting position, no support at wrist, check the passive range of motion prior testing		none	partial	full
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°, slight finger flexion	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Circumduction elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	cannot perform volitionally jerky movement or incomplete complete and smooth circumduction	0	1	2
Total B (max 10)		9		

C. HAND support may be provided at the elbow to keep 90° flexion, no support at the wrist, compare with unaffected hand, the objects are interposed, active grasp		none	partial	full
Mass flexion from full active or passive extension		0	1	2
Mass extension from full active or passive flexion		0	1	2
GRASP				
a. Hook grasp flexion in PIP and DIP (digits II-V), extension in MCP II-V	cannot be performed can hold position but weak maintains position against resistance	0	1	2
b. Thumb adduction 1-st CMC, MCP, IP at 0°, scrap of paper between thumb and 2-nd MCP joint	cannot be performed can hold paper but not against tug can hold paper against a tug	0	1	2
c. Pincer grasp, opposition pulpa of the thumb against the pulpa of 2-nd finger, pencil, tug upward	cannot be performed can hold pencil but not against tug can hold pencil against a tug	0	1	2
d. Cylinder grasp cylinder shaped object (small can) tug upward, opposition of thumb and fingers	cannot be performed can hold cylinder but not against tug can hold cylinder against a tug	0	1	2
e. Spherical grasp fingers in abduction/flexion, thumb opposed, tennis ball, tug away	cannot be performed can hold ball but not against tug can hold ball against a tug	0	1	2
Total C (max 14)		14		

D. COORDINATION/SPEED , sitting, after one trial with both arms, eyes closed, tip of the index finger from knee to nose, 5 times as fast as possible		marked	slight	none
Tremor	at least 1 completed movement	0	1	2
Dysmetria	at least 1 completed movement	0	1	2
		≥ 6s	2 - 5s	< 2s
Time	at least 6 seconds slower than unaffected side 2-5 seconds slower than unaffected side less than 2 seconds difference	0	1	2
Total D (max 6)		3		

Score total = 54/66

ANNEXE VI.b : FMA-UP du patient 1 à J49

FMA-UE PROTOCOL

Rehabilitation Medicine, University of Gothenburg

**FUGL-MEYER ASSESSMENT
UPPER EXTREMITY (FMA-UE)
Assessment of sensorimotor function**

ID: **Patient 1**

Date: **J49**

Examiner:

Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Olsson S, Steglind S: The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scand J Rehabil Med 1975, 7:13-31.

A. UPPER EXTREMITY , sitting position				
I. Reflex activity		none	can be elicited	
Flexors: biceps and finger flexors (at least one)		0	2	
Extensors: triceps		0	2	
Subtotal I (max 4)		4		
II. Volitional movement within synergies , without gravitational help		none	partial	full
Flexor synergy: Hand from contralateral knee to ipsilateral ear. From extensor synergy (shoulder adduction/ internal rotation, elbow extension, forearm pronation) to flexor synergy (shoulder abduction/ external rotation, elbow flexion, forearm supination). Extensor synergy: Hand from ipsilateral ear to the contralateral knee	Shoulder retraction	0	1	2
	Shoulder elevation	0	1	2
	Shoulder abduction (90°)	0	1	2
	Shoulder external rotation	0	1	2
	Elbow flexion	0	1	2
	Forearm supination	0	1	2
	Shoulder adduction/internal rotation	0	1	2
	Elbow extension	0	1	2
Forearm pronation	0	1	2	
Subtotal II (max 18)		18		
III. Volitional movement mixing synergies , without compensation		none	partial	full
Hand to lumbar spine hand on lap	cannot perform or hand in front of ant-sup iliac spine hand behind ant-sup iliac spine (without compensation) hand to lumbar spine (without compensation)	0	1	2
Shoulder flexion 0°- 90° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement flexion 90°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation-supination elbow at 90° shoulder at 0°	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains starting position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal III (max 6)		6		
IV. Volitional movement with little or no synergy		none	partial	full
Shoulder abduction 0 - 90° elbow at 0° forearm pronated	immediate supination or elbow flexion supination or elbow flexion during movement abduction 90°, maintains extension and pronation	0	1	2
Shoulder flexion 90° - 180° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement flexion 180°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation/supination elbow at 0° shoulder at 30°- 90° flexion	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains start position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal IV (max 6)		5		
V. Normal reflex activity assessed only if full score of 6 points is achieved in part IV; compare with the unaffected side		0 (IV), hyper	lively	normal
biceps, triceps, finger flexors	2 of 3 reflexes markedly hyperactive or 0 points in part IV 1 reflex markedly hyperactive or at least 2 reflexes lively maximum of 1 reflex lively, none hyperactive	0	1	2
Subtotal V (max 2)		0		
Total A (max 36)		33		

B. WRIST support may be provided at the elbow to take or hold the starting position, no support at wrist, check the passive range of motion prior testing		none	partial	full
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°, slight finger flexion	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Circumduction elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	cannot perform volitionally jerky movement or incomplete complete and smooth circumduction	0	1	2
Total B (max 10)			9	

C. HAND support may be provided at the elbow to keep 90° flexion, no support at the wrist, compare with unaffected hand, the objects are interposed, active grasp		none	partial	full
Mass flexion from full active or passive extension		0	1	2
Mass extension from full active or passive flexion		0	1	2
GRASP				
a. Hook grasp flexion in PIP and DIP (digits II-V), extension in MCP II-V	cannot be performed can hold position but weak maintains position against resistance	0	1	2
b. Thumb adduction 1-st CMC, MCP, IP at 0°, scrap of paper between thumb and 2-nd MCP joint	cannot be performed can hold paper but not against tug can hold paper against a tug	0	1	2
c. Pincer grasp, opposition pulpa of the thumb against the pulpa of 2-nd finger, pencil, tug upward	cannot be performed can hold pencil but not against tug can hold pencil against a tug	0	1	2
d. Cylinder grasp cylinder shaped object (small can) tug upward, opposition of thumb and fingers	cannot be performed can hold cylinder but not against tug can hold cylinder against a tug	0	1	2
e. Spherical grasp fingers in abduction/flexion, thumb opposed, tennis ball, tug away	cannot be performed can hold ball but not against tug can hold ball against a tug	0	1	2
Total C (max 14)			14	

D. COORDINATION/SPEED , sitting, after one trial with both arms, eyes closed, tip of the index finger from knee to nose, 5 times as fast as possible		marked	slight	none
Tremor	at least 1 completed movement	0	1	2
Dysmetria at least 1 completed movement	pronounced or unsystematic slight and systematic no dysmetria	0	1	2
		≥ 6s	2 - 5s	< 2s
Time start and end with the hand on the knee	at least 6 seconds slower than unaffected side 2-5 seconds slower than unaffected side less than 2 seconds difference	0	1	2
Total D (max 6)			4	

Score total = 61/66

ANNEXE VI.c : FMA-UP du patient 2 à J28

FMA-UE PROTOCOL

Rehabilitation Medicine, University of Gothenburg

FUGL-MEYER ASSESSMENT UPPER EXTREMITY (FMA-UE) Assessment of sensorimotor function

ID: **Patient 2**

Date: **J28**

Examiner:

Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Olsson S, Steglind S: The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scand J Rehabil Med 1975, 7:13-31.

A. UPPER EXTREMITY, sitting position				
I. Reflex activity		none	can be elicited	
Flexors: biceps and finger flexors (at least one)		0	2	
Extensors: triceps		0	2	
Subtotal I (max 4)		4		
II. Volitional movement within synergies, without gravitational help		none	partial	full
Flexor synergy: Hand from contralateral knee to ipsilateral ear. From extensor synergy (shoulder adduction/ internal rotation, elbow extension, forearm pronation) to flexor synergy (shoulder abduction/ external rotation, elbow flexion, forearm supination). Extensor synergy: Hand from ipsilateral ear to the contralateral knee	Shoulder retraction	0	1	2
	Shoulder elevation	0	1	2
	Shoulder abduction (90°)	0	1	2
	Shoulder external rotation	0	1	2
	Elbow flexion	0	1	2
	Forearm supination	0	1	2
Shoulder adduction/internal rotation	0	1	2	
Elbow extension	0	1	2	
Forearm pronation	0	1	2	
Subtotal II (max 18)		9		
III. Volitional movement mixing synergies, without compensation		none	partial	full
Hand to lumbar spine hand on lap	cannot perform or hand in front of ant-sup iliac spine hand behind ant-sup iliac spine (without compensation) hand to lumbar spine (without compensation)	0	1	2
Shoulder flexion 0°- 90° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement flexion 90°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation-supination elbow at 90° shoulder at 0°	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains starting position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal III (max 6)		3		
IV. Volitional movement with little or no synergy		none	partial	full
Shoulder abduction 0 - 90° elbow at 0° forearm pronated	immediate supination or elbow flexion supination or elbow flexion during movement abduction 90°, maintains extension and pronation	0	1	2
Shoulder flexion 90° - 180° elbow at 0° pronation-supination 0°	immediate abduction or elbow flexion abduction or elbow flexion during movement flexion 180°, no shoulder abduction or elbow flexion	0	1	2
Pronation/supination elbow at 0° shoulder at 30°- 90° flexion	no pronation/supination, starting position impossible limited pronation/supination, maintains start position full pronation/supination, maintains starting position	0	1	2
Subtotal IV (max 6)		1		
V. Normal reflex activity assessed only if full score of 6 points is achieved in part IV; compare with the unaffected side		0 (IV), hyper	lively	normal
biceps, triceps, finger flexors	2 of 3 reflexes markedly hyperactive or 0 points in part IV 1 reflex markedly hyperactive or at least 2 reflexes lively maximum of 1 reflex lively, none hyperactive	0	1	2
Subtotal V (max 2)		0		
Total A (max 36)		17		

B. WRIST support may be provided at the elbow to take or hold the starting position, no support at wrist, check the passive range of motion prior testing		none	partial	full
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°, slight finger flexion	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Stability at 15° dorsiflexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	less than 15° active dorsiflexion dorsiflexion 15°, no resistance tolerated maintains dorsiflexion against resistance	0	1	2
Repeated dorsiflexion / volar flexion elbow at 0°, forearm pronated slight shoulder flexion/abduction	cannot perform volitionally limited active range of motion full active range of motion, smoothly	0	1	2
Circumduction elbow at 90°, forearm pronated shoulder at 0°	cannot perform volitionally jerky movement or incomplete complete and smooth circumduction	0	1	2
Total B (max 10)		4		

C. HAND support may be provided at the elbow to keep 90° flexion, no support at the wrist, compare with unaffected hand, the objects are interposed, active grasp		none	partial	full
Mass flexion from full active or passive extension		0	1	2
Mass extension from full active or passive flexion		0	1	2
GRASP				
a. Hook grasp flexion in PIP and DIP (digits II-V), extension in MCP II-V	cannot be performed can hold position but weak maintains position against resistance	0	1	2
b. Thumb adduction 1-st CMC, MCP, IP at 0°, scrap of paper between thumb and 2-nd MCP joint	cannot be performed can hold paper but not against tug can hold paper against a tug	0	1	2
c. Pincer grasp, opposition pulpa of the thumb against the pulpa of 2-nd finger, pencil, tug upward	cannot be performed can hold pencil but not against tug can hold pencil against a tug	0	1	2
d. Cylinder grasp cylinder shaped object (small can) tug upward, opposition of thumb and fingers	cannot be performed can hold cylinder but not against tug can hold cylinder against a tug	0	1	2
e. Spherical grasp fingers in abduction/flexion, thumb opposed, tennis ball, tug away	cannot be performed can hold ball but not against tug can hold ball against a tug	0	1	2
Total C (max 14)		8		

D. COORDINATION/SPEED , sitting, after one trial with both arms, eyes closed, tip of the index finger from knee to nose, 5 times as fast as possible		marked	slight	none
Tremor	at least 1 completed movement	0	1	2
Dysmetria at least 1 completed movement	pronounced or unsystematic slight and systematic no dysmetria	0	1	2
		≥ 6s	2 - 5s	< 2s
Time start and end with the hand on the knee	at least 6 seconds slower than unaffected side 2-5 seconds slower than unaffected side less than 2 seconds difference	0	1	2
Total D (max 6)		0		

Score total = 29/66

Efficacité et faisabilité d'un protocole exploitant de manière simultanée la thérapie miroir et la stimulation électrique comparé à un protocole conventionnel de thérapie miroir chez le patient hémiplégique

Introduction : La rééducation motrice du membre supérieur du patient hémiplégique constitue un réel challenge pour les masseurs-kinésithérapeutes. Parmi les techniques proposées, certains auteurs se sont intéressés à l'utilisation simultanée de la thérapie miroir associée à une facilitation générée par stimulation électrique (TM/SE). Les résultats obtenus semblent prometteurs mais la diversité des protocoles complique leurs comparaisons. Le protocole proposé a été construit au vu des modalités présentées dans la littérature et sa réalisation déclinée sur un échantillon de quelques patients.

Matériel et méthode : Mis en place au Centre de rééducation de Lay-Saint-Christophe, le protocole est un essai contrôlé randomisé en simple aveugle sur 4 semaines mais, avec 3 patients seulement, il se rapporte à une étude de cas comparant un groupe bénéficiant de thérapie miroir conventionnelle (N = 1) à un groupe TM/SE (N = 2). Ont été inclus des patients hémiplégiques atteints d'AVC non évolutif, avec des déficiences motrices sévères (FMA-UP < 20), capables de comprendre et d'exécuter des consignes simples. Les critères de jugement principaux sont le Fugl-Meyer-Assessment, le Box and Block Test, l'échelle d'Ashworth modifiée. Les critères de jugement secondaires sont la douleur, la force et la satisfaction du patient. Les contrôles sont réalisés à J0, à J28 et J49.

Résultats : La taille de la population ne permet pas d'affirmer la supériorité d'un protocole. En début d'étude, les caractéristiques des patients 1 et 2 sont assez comparables. Le patient 1 (TM/SE) montre une amélioration de la fonction motrice (FMA-UP J0 : 4, FMA-UP J28 : 54) et une diminution de la spasticité. Le patient 2 (TM) présente une amélioration de la fonction motrice (FMA-UP J0 : 4, FMA-UP J28 : 29), une diminution de la spasticité mais une augmentation de la douleur. Le patient 3 (TM/SE) n'a démontré aucune évolution notable. Aucun effet indésirable n'a été rapporté durant l'étude.

Discussion : Cette étude confirme la faisabilité du protocole et suggère que la TM/SE peut être efficace dans la rééducation motrice du membre supérieur du patient hémiplégique comme les résultats proposés par la littérature. L'analyse du protocole montre ses limites et propose des axes d'améliorations.

Mots-clés : AVC, fonction motrice, membre supérieur, thérapie miroir, stimulation électrique

Efficacy and feasibility of mirror therapy combined with electrical stimulation compared to a conventional mirror therapy protocol for the hemiplegic patient

Introduction: Motor rehabilitation of the upper limb of a hemiplegic patient is a real challenge for physiotherapists. Among the techniques proposed, some authors focus on the simultaneous application of mirror therapy associated with a facilitation generated by electrical stimulation (MT/ES). The results obtained seem promising but the diverse protocols makes it complicated to compare them. The proposed protocol was constructed in view of the methods presented in the literature and its application on a population consisting of a few patients.

Material and method: The 4-week single-blind randomized controlled trial was set up at the Lay-Saint-Christophe Rehabilitation Center. However, with the involvement of only 3 patients, a case study was conducted comparing a group undergoing a conventional mirror therapy (N = 1) with a MT/ES group (N = 2). Hemiplegic patients with non-progressive stroke, with severe motor impairments (FMA-UP <20), able to understand and execute simple instructions were included in the aforementioned study. The primary outcomes are the Fugl-Meyer-Assessment, the Box and Block Test, the modified Ashworth scale. The secondary outcomes are pain, strength and patient's satisfaction. Check-ups were done at D0, D28 and D49.

Results: The size of the population does not allow to confirm the superiority of a protocol. At the beginning of the study, the characteristics of patients 1 and 2 were fairly comparable. Patient 1 (MT/ES) shows an improvement in motor function (FMA-UP D0: 4, FMA-UP D28: 54) and a decrease in spasticity. Patient 2 (MT) presents an improvement in motor function (FMA-UP D0: 4, FMA-UP D28: 29), a decrease in spasticity but an increase in pain. Patient 3 (MT/ES) showed no significant change. No adverse effects were reported during the study.

Discussion: This study confirms the feasibility of the protocol and suggests that the MT/ES could be effective in motor rehabilitation of the upper limb of a hemiplegic patient, supported by the results found in the literature. The analysis of the protocol shows its limitation and suggests areas for improvement.

Keywords : Stroke, motor function, upper extremity, mirror therapy, electrical stimulation