



Institut Régional d
Formation aux Métier
de Rééducatio
et de Réadaptatio
Pays de la Loir
MASSO-KINÉSITHÉRAPIE



Institut de Formation aux Métier de Rééducation et Réadaptation des
Pays de la Loire

54, rue de la Baugerie
44230 St Sébastien sur Loire

**Quel intérêt et place pour l'imagerie motrice dans la prise en
charge masso-kinésithérapique du membre supérieur durant la
phase d'immobilisation post-traumatique?**

Synthèse de la littérature

Karine Paumier

Travail Écrit de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute

Année scolaire 2014-2015

Région des Pays de la Loire



Remerciements

A Monsieur LL. Pour avoir suivi et encadré ce travail tout au long de l'année.

A Madame V-M pour l'aide fournie dans l'obtention des articles nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

A Monsieur R. pour son avis et ses conseils dans la réalisation de ce travail écrit.

A Antoine, pour ses nombreux conseils, relectures et corrections et toute l'aide apportée durant cette année.

A ma famille pour leur soutien durant ces 3 années de formation.

Résumé

L'imagerie motrice (IM) est une technique de rééducation de plus en plus utilisée par les kinésithérapeutes, mais très rarement en traumatologie. Ce travail écrit a donc cherché à préciser si cette technique pouvait avoir un intérêt durant la phase d'immobilisation en traumatologie. Notre synthèse de la littérature a alors recherché les applications possibles de l'IM au membre supérieur traumatique. Elle s'appuie sur l'analyse de 7 études sélectionnées dans les revues internationales. Il apparaît que l'imagerie motrice permettrait de limiter les effets de l'immobilisation sur différents facteurs : l'activation musculaire, la force musculaire. Néanmoins la validité scientifique de cette technique en traumatologie reste encore à prouver car les travaux sont rares et peu appliqués à des situations cliniques pathologiques.

The motor imagery (MI) is a rehabilitation technique increasingly used by physiotherapists, but very rarely in traumatology. This written work has sought to clarify whether this technique could have an interest in the holding phase trauma. Our review of the literature has then investigated the possible applications of MI in traumatic upper limb. It is based on the analysis of 7 selected studies in international journals. It appears that motor imagery would limit the effects of immobilization on different factors : muscle activation, muscle strength. Nevertheless, the scientific validity of this technique in trauma remains to be seen because jobs are scarce and applied to pathological clinical situations.

Mots Clés

➤ Imagerie motrice	Motor imagery
➤ Immobilisation	Immobilization
➤ Kinésithérapie	Physiotherapy
➤ Membre supérieur	Upper limb
➤ Traumatologie	Traumatology

Sommaire

1. Introduction	1
2. Thérapeutiques et techniques kinésithérapiques en traumatologie durant la phase d'immobilisation du membre supérieur	2
2.1 L'immobilisation et ses conséquences sur les structures et fonctions.....	2
2.2 Les lésions cutané-trophiques et leurs conséquences	2
2.3 Lésions ou conséquences musculo-tendineuses	3
2.4 Lésions ou conséquences ostéo-articulaires	4
3. L'imagerie motrice et pratique MK	4
3.1 Base neurophysiologique de l'IM	4
3.1.1 Neuro-anatomie	4
3.1.2 Plasticité cérébrale et stimulation des aires corticales lors de l'IM	6
3.2 Modalités de l'Imagerie Motrice	7
3.2.1 Réalisation	7
3.2.2 Critères PETTLEP.....	8
3.3 Evaluation clinique de la capacité à utiliser l'IM	8
3.4 Champs cliniques d'application en masso-kinésithérapie de l'IM.....	10
3.5 Utilisation en clinique de l'IM	11
4. Méthode	12
4.1 Méthode de recherche	12
4.2 Sélection des articles	13
4.3 Validité des articles.....	15
5. Résultats- résumé des articles.....	15
6. Analyse	20
6.1 Population	20
6.2 Programme d'imagerie motrice	20
6.3 Résultats des études.....	21
6.4 Limite des études.....	22
7. Discussion	24
7.1 Critique méthodologie.....	24
7.2 Population pathologique et IM.....	25
7.3 Perspectives.....	28
8. Conclusion.....	28

Bibliographie

Annexes

1. Introduction

L'imagerie motrice est « *la reproduction mentale d'un mouvement sans production concomitante de mouvement* » (1). C'est une technique régulièrement rencontrée dans le milieu sportif car elle permettrait d'augmenter les capacités du sportif. Elle est également et de plus en plus utilisée dans les établissements de rééducation et de réadaptation. Les acteurs professionnels qui la mettent en œuvre ne se limitent pas aux kinésithérapeutes puisque les neuropsychologues, les ergothérapeutes, les professeurs de sport adapté exploitent également cette technique. Son application face à certaines populations, comme les amputés, les sujets présentant un syndrome douloureux régional complexe ou une lésion neurologique centrale, commence à être connue. L'objectif est alors de diminuer et gérer les douleurs, mais aussi de favoriser la récupération de la motricité.

Dans les enseignements consacrés à cette technique, l'utilisation de l'imagerie motrice au cours de la rééducation en traumatologie n'a que très peu de place. Pourquoi n'est-elle pas utilisée dans ce cas-là ? Est-ce par manque de preuves ? Est-ce par manque de résultat ? Présente-t-elle un intérêt à être appliquée. L'utilisation de l'imagerie motrice permettrait-elle une meilleure prise en charge des patients suite à un traumatisme ? Cela nous conduit à poser la problématique suivante :

Quel est intérêt de l'imagerie motrice dans la prise en charge masso-kinésithérapique du membre supérieur durant la phase d'immobilisation post-traumatique?

Pour répondre à cette question, une synthèse de la littérature a été réalisée à partir de plusieurs bases de données. Ici, seuls des essais cliniques randomisés ont été sélectionnés. Ce travail présentera en premier lieu les différentes techniques utilisées lors de la prise en charge classique masso-kinésithérapique durant la période d'immobilisation post-traumatique du MS. Elle offrira ensuite un rappel sur l'imagerie motrice, les bases neurophysiologiques la concernant, les modalités... Par la suite la méthodologie utilisée pour réaliser ce travail sera précisée avant qu'un tableau résumant les différentes études sélectionnées et une analyse des articles ne permettent d'offrir des hypothèses pour un usage clinique de l'IM en traumatologie.

2. Thérapeutiques et techniques kinésithérapiques en traumatologie durant la phase d'immobilisation du membre supérieur

Lors d'une atteinte traumatologique du membre supérieur, de types fracture osseuse, rupture tendineuse, luxation, un traitement chirurgical ou orthopédique est proposé (2). Ce traitement comprend le plus souvent une période d'immobilisation. Durant celle-ci un traitement masso-kinésithérapique spécifique peut être mis en place pour améliorer ou pallier différentes dimensions structurelles, fonctionnelles ou des activités au niveau ostéo-articulaire, ligamentaires, tendineux. En pratique, c'est à l'issue de cette période d'immobilisation que la rééducation du masseur kinésithérapeute débute. Le nombre de pathologies traumatiques étant très important sur le membre supérieur, il n'est pas question ici de décrire le traitement de toutes les pathologies mais de réaliser un résumé des pratiques habituellement rencontrées et de leurs conséquences sur le fonctionnement de la santé de la personne.

2.1 L'immobilisation et ses conséquences sur les structures et fonctions

Lors d'un traumatisme, il est nécessaire d'immobiliser le membre ou le segment de membre afin de permettre aux structures lésées de se reconstituer. Ce temps d'immobilisation peut différer d'une structure à l'autre puisque la consolidation osseuse varie de 30 à 120 jours pour le membre supérieur (3) (Annexe 1). Cette immobilisation est souvent réalisée par plâtre, résine ou orthèse sur mesure ou de série. Ces différents types d'immobilisation stabilisent une ou plusieurs articulations dans les positions adaptées à la consolidation ou préférable à la fonctionnalité. Cette immobilisation peut entraîner des retractions musculo-tendineuses et capsulo-ligamentaires (4). S'il n'y a pas de prise en charge masso-kinésithérapique, celles-ci peuvent s'enraidir (5).

2.2 Les lésions cutané-trophiques et leurs conséquences

Lors d'une chirurgie, ou d'un traumatisme externe, un nombre important de tissus sont ou peuvent être lésés (conjonctifs, muscles, aponévroses, vaisseaux), du liquide synovial et un hématome peuvent s'accumuler dans les vaisseaux sanguins et/ou lymphatiques. Si cette quantité de tissu lésé est trop importante, la capacité de drainage du système lym-

phatique, en particulier des lymphangions¹, sera diminuée voire nulle s'il y a rupture de ceux-ci(6) : cela va entraîner un œdème². Pour réduire cet œdème, les masseurs-kinésithérapeutes disposent de plusieurs techniques : les techniques manuelles (7), les compressions médicales et la presso-thérapie (8).

La première technique, le drainage lymphatique manuel, vise à faciliter la résorption du liquide lymphatique et veineux superficiel. Il se compose initialement de deux types de manœuvres : les manœuvres d'appels à distance de la zone pour augmenter la contraction des vaisseaux et les manœuvres de résorptions qui actionnent la pompe lymphatique. Sur le trajet de ces vaisseaux on trouve des zones comportant des ganglions lymphatiques servant à filtrer la lymphe et éliminer les toxines et débris transportés. Il est important de les stimuler lors du passage sur ceux-ci(9). D'après JC Ferrandez et al.(10) il semblerait que les manœuvres d'appels ne soient pas nécessaires au traitement de l'œdème.

Ensuite le masseur-kinésithérapeute peut utiliser les compressions médicales qui sont importantes dans le traitement du lymphœdème. En 2012, la HAS a évalué les compressions à utiliser pour le membre supérieur (11) et préconise l'utilisation de bandes sèches à allongement court ou inélastiques et des vêtements de compression de type manchons. Ces compressions permettent de faciliter le drainage sur de longues périodes.

La presso-thérapie est une technique mécanique de drainage. Elle se réalise à l'aide de botte pour le membre inférieur ou de manchon pour le membre supérieur possédant plusieurs sorties séquentielles. Il faut ensuite régler la pression délivrée par l'appareil en fonction de l'œdème. En effet, pour un œdème mou on utilisera une faible pression, on augmentera celle-ci en fonction de la consistance de l'œdème.(12)

2.3 Lésions ou conséquences musculo-tendineuses

Suite à différentes lésions, des tendons ou muscles peuvent être amenés à être sectionnés dans la totalité ou partiellement. Pour y remédier, des chirurgies sont proposées et suite à cela un temps d'immobilisation va être imposé en fonction de la topographie et/ou de la gravité des lésions (13).

¹ Vaisseaux valvulés conduisant la lymphe

² Gonflement localisé et diffus d'un membre ou segment de membre

Lors de cette période d'immobilisation le masseur-kinésithérapeute peut effectuer des séances de mobilisations passives pour étirer les structures tendineuses et éviter leur rétraction (14).

2.4 Lésions ou conséquences ostéo-articulaires

Lors d'un épanchement, il y a une stimulation des récepteurs nociceptifs, l'articulation va donc se placer en position antalgique, c'est-à-dire celle où la pression articulaire est la plus faible. Cette position peut se fixer s'il y a des modifications des structures articulaires ou péri-articulaires. L'immobilisation a également des effets délétères sur les structures osseuses et ligamentaires, en effet le cartilage va s'éroder, se nécroser (4). De la même manière que pour éviter les rétractions tendineuses la mobilisation passive du membre lésé va permettre d'éviter toutes rétractions capsulo-ligamentaire et donc limiter la raideur articulaire en post-immobilisation.

3. L'imagerie motrice et pratique MK

L'imagerie motrice est un outil du kinésithérapeute dans la rééducation de ses patients. Nous verrons ici son fonctionnement, dans quels cas elle est utilisée et comment.

3.1 Base neurophysiologique de l'IM

3.1.1 Neuro-anatomie

Lors de la réalisation du mouvement, plusieurs aires sont stimulées. Tout d'abord l'aire somato-sensorielle primaire (S1) (1.) qui est située dans le gyrus post-central. Elle reçoit les informations sensorielles extéroceptives et proprioceptives.

Le cortex pariétal postérieur (2.) agit en amont des cortex prémoteur et moteur en évaluant la position du corps, de l'objet en fonctions des informations reçues par le cortex somato-sensoriel ou des aires visuelles. Il transforme les informations sensorielles reçues en informations spatiales.

Le cortex préfrontal (3.) prend les décisions sur les actions à effectuer.

L'aire prémotrice (4.), en avant de l'aire motrice primaire (M1) contrôle l'organisation des mouvements des muscles proximaux et du tronc et intègre les informations sensorielles.

L'aire motrice supplémentaire (5.) est impliquée dans la planification de mouvements complexes et dans la coordination des deux mains. Elle se situe en avant du cortex moteur

Les ganglions de base, le cervelet et le cortex pariétal (6.) ont aussi un rôle dans l'activation du mouvement, et vont contrôler le mouvement et sa planification. (15)

L'aire motrice primaire (M1) (7.) se situe dans la partie postérieure du lobe frontal en avant du sillon central. Il commande directement l'exécution du mouvement. Il possède une organisation somatotopique, chaque groupe musculaire ayant une topographie différente.

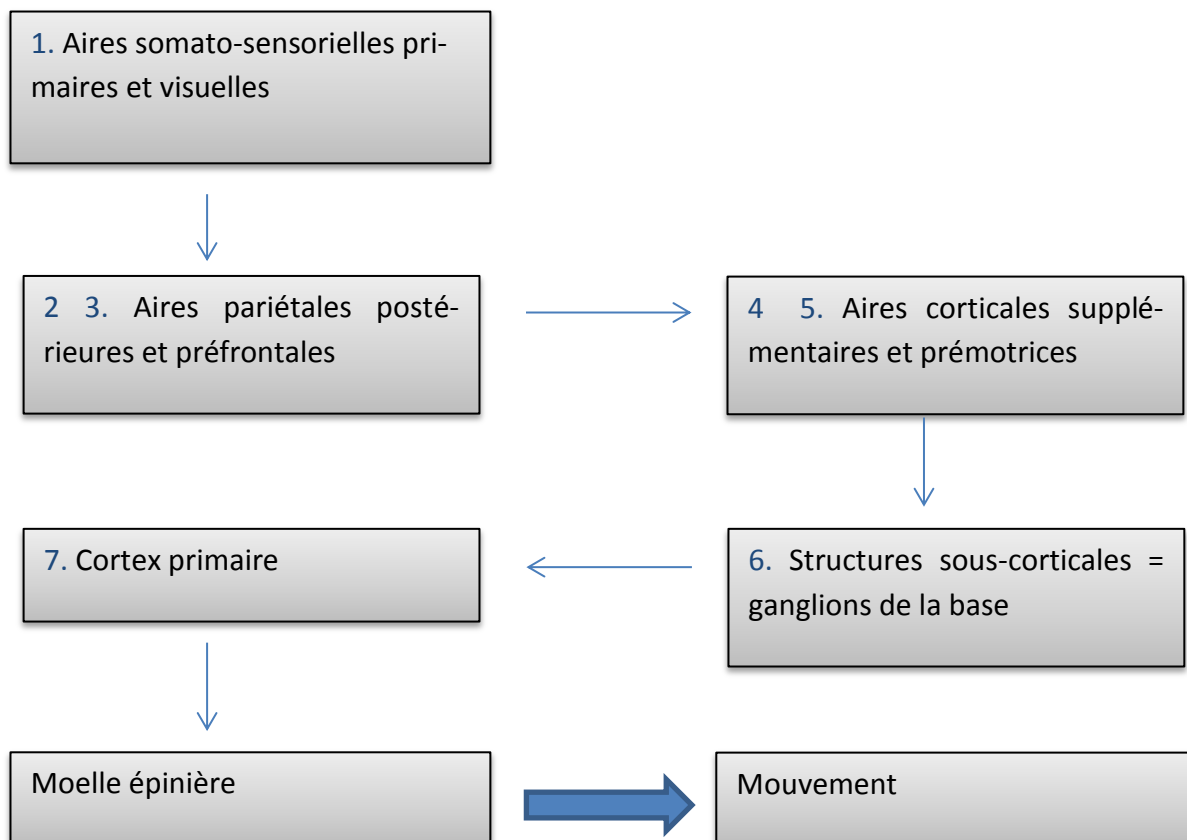


Figure 1 – Organisation du mouvement

Pour cartographier le cerveau humain, les chercheurs ont utilisé les imageries résonances magnétiques. Ces dernières permettent d'observer la variation de l'afflux sanguin dans les différentes zones cérébrales lors de différentes tâches sensibles, motrices ou ima-

ginées. Ces études ont permis d'identifier une cartographie des zones dédiées à la motricité (M1) et à la sensibilité (S1). Chaque zone est proportionnelle à la densité de récepteurs présents dans chaque région, cela est représenté sous la forme de l'Homonculus de Penfield(16). Plus la motricité ou la sensibilité doit être fine et précise, plus la zone est importante.

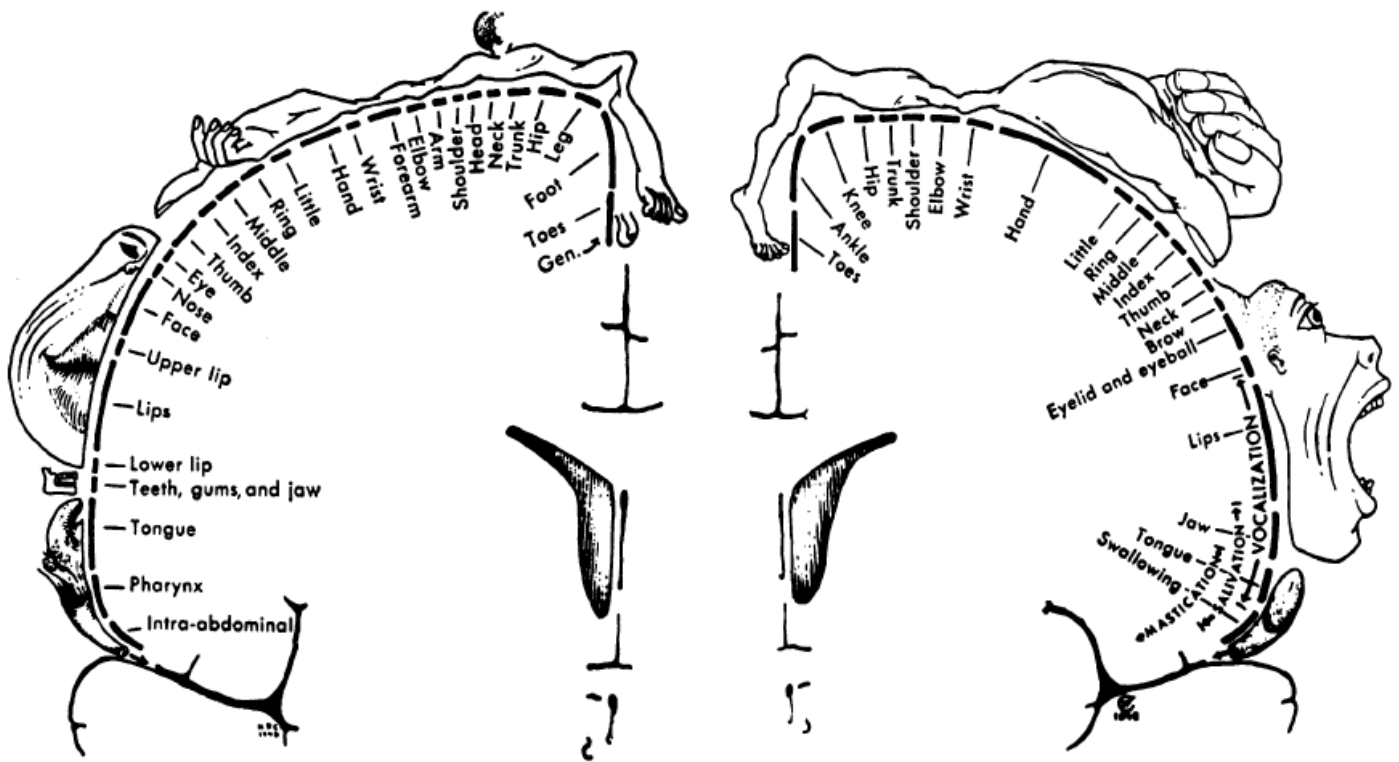


Figure 2 Homonculus de Penfield moteur (M1) et sensitif (S1)

3.1.2 Plasticité cérébrale et stimulation des aires corticales lors de l'IM

La plasticité cérébrale est la capacité du système nerveux central à se modifier en fonction de l'environnement. En effet, suite à un apprentissage, de nouvelles connexions synaptiques peuvent se former ou se renforcer, alors que, lors d'une non-utilisation, ces mêmes connexions vont se détériorer. Les réseaux neuronaux non utilisés sont détruits tandis que ceux qui sont stimulés seront renforcés. Par exemple, quand une aire est sous-utilisée voire non utilisée, elle se verra réduite voire remplacée par les aires adjacentes (17). Ce phénomène est plus important lors de l'enfance mais il se déroule toute la vie.

Il a été montré que s'imaginer une action active plusieurs aires du cortex moteur: celles dédiées à la programmation et au contrôle du mouvement. Elle active, en effet, l'aire motrice supplémentaire et prémotrice, le cervelet et les noyaux gris centraux (18). En revanche, il a été montré que l'activation du cervelet et du cortex pariétal est latéralisée et somatotopique.

Le système nerveux autonome est mis en œuvre lors de la simulation mentale du mouvement, c'est-à-dire qu'il y a une augmentation du rythme cardiaque et respiratoire.(19)

R. Huber et al (20) ont montré l'effet de la plasticité cérébrale lors d'une immobilisation du bras de 12h. Ils ont montré, grâce à la stimulation magnétique transcranienne, que suite à cette immobilisation, on observe une détérioration des capacités motrices et des potentiels évoqués moteurs. Cela est entraîné par une modification du cortex sensorimoteur, en effet, la zone dédiée au bras, au niveau du cortex moteur, a diminué. Cela avait déjà été montré au niveau de la cheville par J. Liepert, M. Tegenthoff et JP. Malin (21). Mais ceux-ci ayant imposé une période d'immobilisation plus importante ont observé une diminution plus conséquente de l'aire motrice dédiée. Il semble donc que l'importance de la diminution soit liée au temps d'immobilisation.

3.2 Modalités de l'Imagerie Motrice

3.2.1 Réalisation

Il existe 2 sortes d'imageries motrices différentes. L'imagerie mentale interne où le patient est acteur du mouvement qu'il visualise, elle intègre les sensations ressenties lors du mouvement comme les tensions musculaires, les amplitudes articulaires: c'est l'imagerie kinesthésique. L'imagerie mentale externe où le patient visualise un mouvement, le sien ou celui d'un autre, il est observateur de la scène: c'est l'imagerie visuelle(18). Ces deux types d'imageries peuvent se pratiquer de différentes manières, à la 1^{ère} personne où le patient est acteur ou à la 3^{ème} personne, dans ce cas le mouvement sera pensé avec une autre personne.

L'une ou l'autre sera choisie en fonction des préférences et facilités du patient. Pour cela, différents questionnaires d'évaluation permettront de préciser le profil sensoriel domi-

nant son imagerie mentale, le Kinesthetic And Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) et le Movement Imagery Questionnaire (MIQ) détaillés par la suite.

3.2.2 Critères PETTLEP

Pour améliorer l'efficacité des séances, en 2001 Holmes et Collins (22) ont défini un ensemble de 7 critères pour construire le modèle PETTLEP. En 2012, ce modèle a été réévalué par Holmes et al (23). Ces 7 critères doivent être réunis pour faciliter l'imagerie par le patient et ainsi optimiser les effets bénéfiques de celle-ci sur son cortex.

- **Physical** : La tâche mentale doit être réalisée dans des conditions similaires à la tâche réelle.
- **Environment** : l'environnement de la séance d'imagerie doit être adapté à la tâche à réaliser, « comme si ».
- **Task** : Le mouvement ou la tâche à réaliser doit être familière au patient, il sera alors plus facile à réaliser.
- **Timing** : La rapidité d'exécution entre le mouvement réel et le mouvement imaginé doit être identique (isochronie)
- **Learning** : Pour garder une équivalence fonctionnelle, en particulier si les séances sont couplées à des techniques ou lors de l'apprentissage d'une tâche, le contenu des séances doit être revu et adapté régulièrement.
- **Emotion** : Le patient doit être dans des conditions physiques et émotionnelles similaires à celle réunies lorsqu'il réalise le mouvement. Il doit être dans un état d'éveil, dans les conditions les plus écologiques.
- **Perspective** : Le patient doit passer d'une perspective externe à une perspective interne au fur et à mesure des séances après s'être assuré de sa compréhension et de son habitude.

3.3 Evaluation clinique de la capacité à utiliser l'IM

Pour évaluer la faisabilité de cette technique auprès du patient il existe plusieurs tests cliniques. Ces tests permettent de savoir si la technique peut lui être pertinente et si oui quelle modalité est la plus adaptée.

L'évaluation clinique se fait par plusieurs méthodes :

- **La chronométrie mentale** : Le but est d'évaluer le temps que met le patient pour réaliser l'action et le temps qu'il met pour penser l'action. Chez un bon imageur ces deux temps seront proches voir égaux (isochronie). Le Time Dependent Motor Imagery (TDMI) (24) est un test permettant d'évaluer cette chronométrie mentale. Le patient doit imaginer plusieurs mouvements de steppage du pied durant 15, 30 et 45 secondes. Pour que le test soit positif le nombre de steppage doit augmenter avec le temps. Le Time up and Go test imaginé et réalisé peut également être utilisé (25). Ces tests permettent de voir si le patient comprend les instructions et permet de mesurer le versant quantitatif de l'imagerie.
- **Le test de latéralité** : Le sujet doit expliciter la latéralité d'un membre (droite ou gauche) ayant subi plusieurs rotations plus ou moins importantes (40°, 90°, 120°). Ce test s'effectue avec une suite de photographies de mains ou de pieds et oblige le patient à s'imaginer bouger le membre pour le positionner de façon similaire à la représentation.
- **Les questionnaires** : Le Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire KVIQ(26) ou le Movement Imagery Questionnaire MIQ (27) (Annexes 2 et 3) permettent de savoir avec quelle facilité le patient se représente l'image. Ils permettent à la fois de savoir si le patient est un bon imageur ou non et si l'on va l'orienter vers une modalité visuelle ou kinesthésique. Le KVIQ permettra de mettre en avance une préférence entre l'imagerie visuelle et l'imagerie kinesthésique tandis que le MIQ montrera une préférence pour la visualisation à la 1^{ère} ou à la 2^{ème} personne. Pour réaliser ces questionnaires, le patient doit, à partir d'une position de départ, réaliser physiquement un mouvement puis, après être revenu à la position de départ, s'imaginer réaliser une 2^{ème} fois ce mouvement en utilisant l'imagerie interne ou externe. Il doit ensuite évaluer la facilité de réalisation ou non sur une échelle de 1 à 7, de « très difficile à visualiser » à très « facile à visualiser ».

Ces évaluations ont pour but de savoir si le patient a une bonne représentation mentale et s'il est donc un bon « imageur » : plus le patient est un bon « imageur » plus l'utilisation de l'imagerie motrice sera efficace. Ils évaluent la qualité de l'image produite. Ces tests sont privilégiés en cliniques car ils sont facilement réalisables et reproductibles.

- **L'enregistrement électro-myographique** : Ce test est utilisé uniquement lors de la mise en place de protocole en laboratoire car il est impossible à mettre en place pour une prise en charge quotidienne. Il permet de vérifier l'absence de contraction durant les séances d'imageries motrices. (19)

3.4 Champs cliniques d'application en masso-kinésithérapie de l'IM

Pour sa rééducation le masseur-kinésithérapeute utilise les mouvements. Ils sont au nombre de trois :

- « Les mouvements externes produits par le corps humain : sa gestuelle.
- Les mouvements animant l'intérieur du corps : l'ensemble des systèmes circulants assurant les fonctions vitales
- Les mouvements de la pensée, processus aboutissant à l'élaboration, l'organisation et l'intégration de ces manifestations externes et internes » (28)

L'imagerie motrice a donc une place reconnue dans la rééducation motrice et fait partie intégrante du panel de techniques disponibles pour le MK.

L'imagerie motrice est aujourd'hui utilisée et validée dans de nombreux domaines d'application en kinésithérapie. Dans un premier temps, elle a été introduite dans la gestion des douleurs fantômes des amputés, en 1995, par Ramachandran et al (29). Pour cela il utilise la thérapie miroir avec l'utilisation d'une boîte contenant un miroir. L'inclinaison de ce miroir permet de refléter le membre sain de manière à ce que le patient ait l'impression d'avoir ses deux membres intacts. Cette technique est utilisée par le masseur-kinésithérapeute (MK) dans un but antalgique. En effet il a été montré que l'utilisation de la thérapie permet une diminution voire un arrêt des douleurs fantômes. Cela apporte un confort non négligeable au patient mais facilite également sa rééducation. Le port de la prothèse sera alors plus confortable et la reprise de la marche, dans le cas d'une amputation du membre inférieur, sera plus facile.

Pour le traitement du Syndrome Régional Complexe (SDRC), Moseley décrit un traitement en plusieurs phases, une 1^{ère} de 2 semaines avec la reconnaissance de la latéralité (décrite par la suite), une 2nd de 2 semaines avec les mouvements imaginés du membre correspondant et une dernière de 2 semaines également avec la thérapie miroir (30). Ce trai-

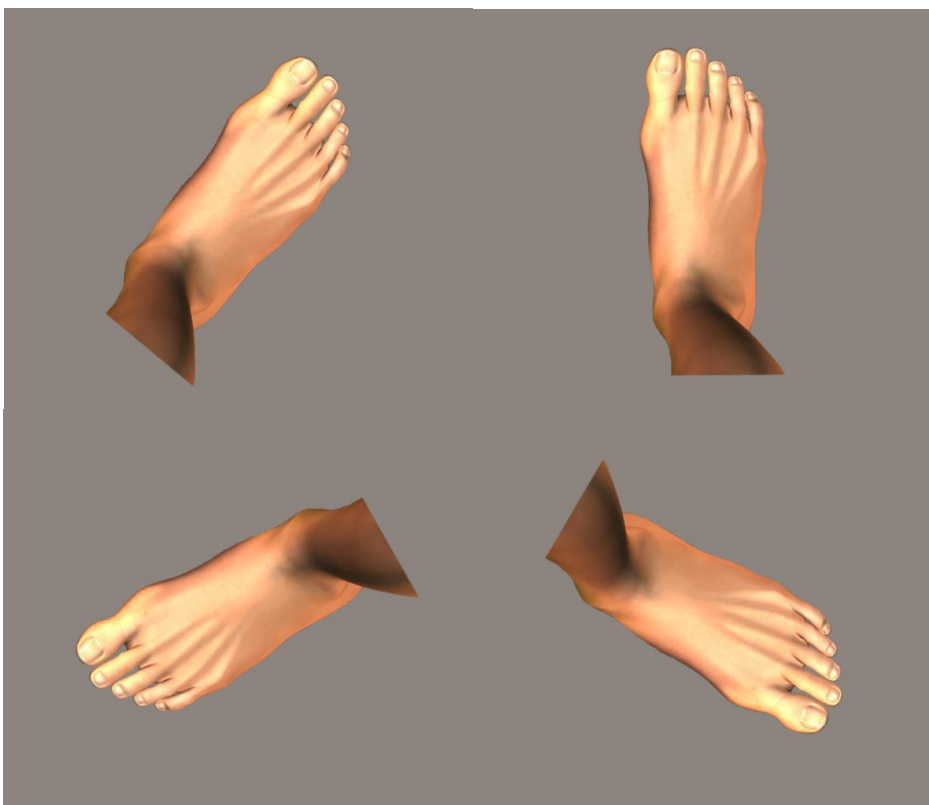
tement est utilisé dans un but antalgique. Son utilisation va permettre de diminuer les douleurs dues au SDRC en phase chaude. Utilisée en début de séance, cette technique peut permettre au masseur-kinésithérapeute de mobiliser le membre atteint de manière plus efficace car moins douloureux. Grâce à cela il peut limiter l'enraidissement du patient.

Lors de la rééducation post- Accident Vasculaire Cérébrale (AVC) , l'imagerie motrice peut être utilisée par le thérapeute car elle permet une stimulation de la motricité du côté lésé, tout en évitant les schèmes pathologiques de types syncinésies ou la spasticité (31). En 2012, la Haute Autorité de Santé (HAS) a accordé, dans les recommandations de bonne pratique, un grade B à l'utilisation de l'imagerie motrice lors de la phase chronique d'un AVC en association avec d'autres techniques de rééducation motrice. C'est donc un outil reconnu qui mérite d'être utilisé par le masseur-kinésithérapeute dans la prise en charge d'un patient ayant subi un AVC. (32)

3.5 Utilisation en clinique de l'IM

Il existe 3 techniques différentes dans l'imagerie motrice qui peuvent être pratiquées indépendamment ou ensemble en fonction du protocole utilisé.

- **La rotation mentale** : elle consiste à reconnaître la latéralité d'un membre qui a été retourné suivant plusieurs angulation. Pour cela on peut utiliser une suite d'images.



- **Le mouvement imaginé** : pour le réaliser il faut s'imaginer réaliser un ou plusieurs mouvements à la 1^{ère} ou à la 3^{ème} personne, de manière kinesthésique ou visuelle.
- **La thérapie miroir** : un miroir est placé devant le membre sain du patient, celui-ci doit se concentrer sur l'image réfléchie dans le miroir pendant qu'il réalise un ou une suite de mouvements. C'est une technique différente de l'imagerie motrice mais qui est intégrée dans les protocoles d'imagerie graduée comme celui de Moseley décrit précédemment.

4. Méthode

4.1 Méthode de recherche

Dans le but de savoir si l'imagerie motrice peut prendre place dans les techniques mobilisables en pratique lors la prise en charge masso-kinésithérapique d'un patient en traumatologie suite à la période d'immobilisation, une revue de la littérature a été effectuée afin de mesurer si des effets bénéfiques ont pu être prouvés par des recherches. La méthodologie de ce travail s'est appuyée sur le guide de recommandation de la Haute Autorité de Santé (HAS) (33) et sur la méthodologie de recherche de l'Organisation Mondiale de la Santé (34).

Pour cette recherche, les bases de données PubMed, Pedro et ScienceDirect ont été utilisées. Les différents mots clés sur lesquels s'est appuyée cette recherche sont « traumatology », « orthopedic rehabilitation », « motor imagery », « mental practice » et « mental training ». Par la suite, le mot clé « immobilization » a été utilisé par manque de littérature avec les équations précédentes. Certains articles sont tirés de la bibliographie d'études trouvées grâce à ces mots-clés. Les équations de recherches ont utilisé ces mots clés ainsi que l'opérateur booléen AND. *Exemple : Immobilization AND motor imagery*. Parmi les articles sélectionnés nous avons choisi de restreindre les articles à ceux concernant le membre supérieur car la littérature est un peu plus importante que pour le membre inférieur.

Tableau 1: nombres de résultats obtenus dans les moteurs de recherche en fonction de l'équation

Equation de recherche	PubMed	Pedro	ScienceDirect
Traumatology AND motor imagery	0	0	12
Traumatology AND mental practice	21	0	6
Traumatology AND mental training	0	0	4
Orthopedic rehabilitation AND motor imagery	3	0	4
Orthopedic rehabilitation AND mental practice	1	0	3
Orthopedic rehabilitation AND mental training	0	2	0
Immobilization AND motor imagery	15	1	42
Immobilization AND mental practice	5	0	54
Immobilization AND mental training	1	0	16

4.2 Sélection des articles

La pré-sélection des articles s'est faite à partir du titre et du résumé, en fonction de la présence d'une structure IMRAD et sur la partie Matériel et méthode et la conclusion. Seules les études comportant exclusivement des protocoles d'imagerie motrices ont été incluses.

Au final, les articles ont été choisis en fonction de critères d'inclusions et d'exclusions :

- Critères d'inclusions : articles écrits en langue française ou anglaise, études randomisées, articles complets avec une structure IMRAD
- Critères d'exclusions : articles dans une autre langue, articles incomplets et sans structure IMRAD, articles avec une population avec des pathologies associées neurologiques ou un SDRC.

La sélection des articles est présentée sous la forme d'un arbre décisionnel :

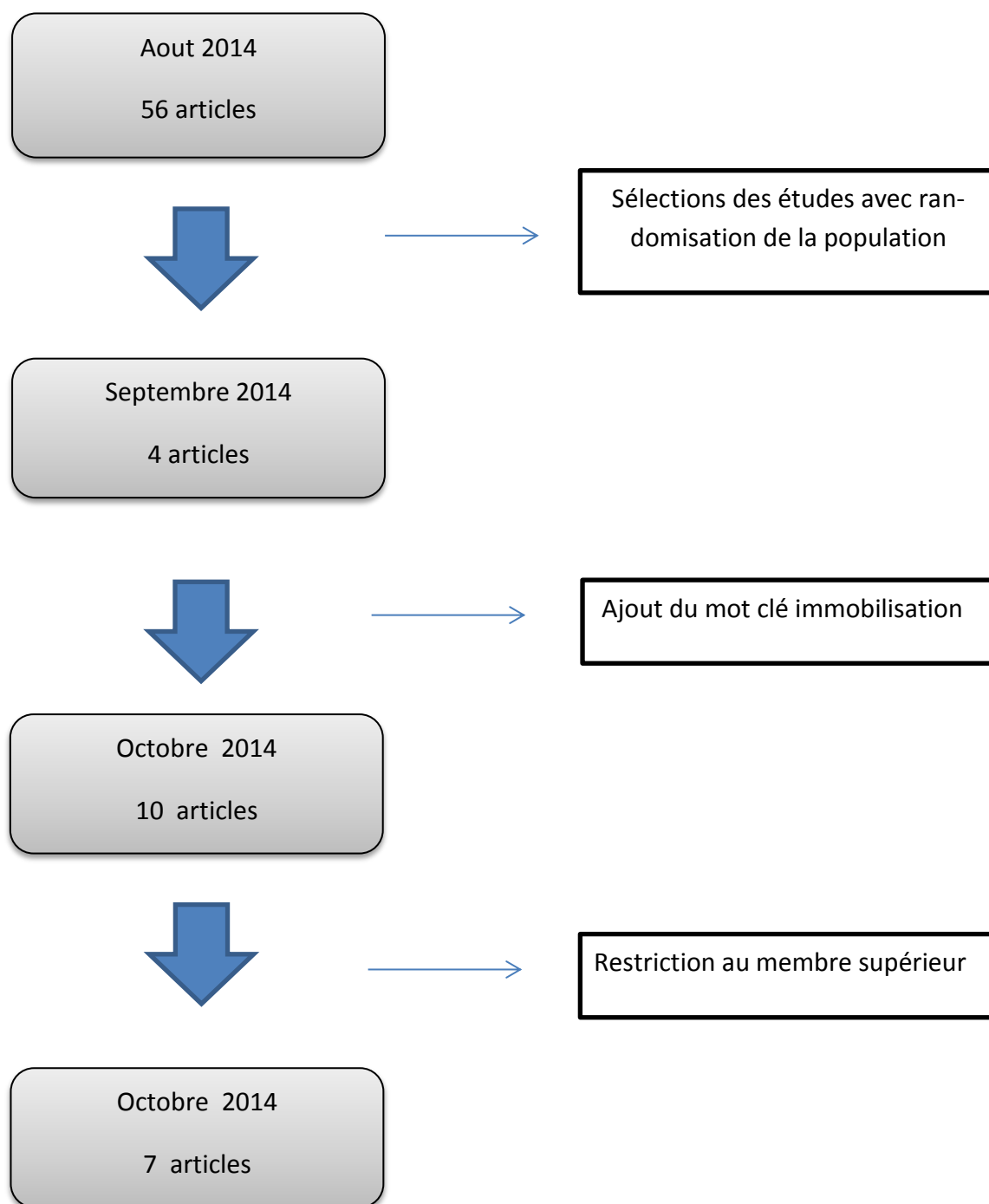


Figure 3 : Arbre décisionnel de sélection des articles

4.3 Validité des articles

Pour évaluer la validité des études retenues, le score PEDro a été utilisé (35). Ce score PEDro (sur 10) se base sur l'échelle PEDro comportant 11 critères (Annexe 4). Le 1^{er} critère de cette échelle n'est pas pris en compte pour le calcul du score. Chaque critère validé correspond à 1 point. Pour qu'un critère soit validé, il doit être exprimé explicitement dans l'article. Les notes attribuées à ces articles se situent entre 3 et 6/10. Ces notes seront précisées pour chaque article dans le résumé correspondant. Cette échelle évalue 2 critères : la validité interne des études, c'est-à-dire la répartition aléatoire des groupes, leur comparabilités, l'adéquation du suivi, ainsi que l'interprétation des données avec des données statistiques suffisantes pour la comparaison des groupes avec leurs variabilités. Elle n'a pas pour but de déterminer la validité des conclusions des études.

De plus l'impact factor de chaque journal a été précisé. Cela permet de donner la visibilité de la revue dans laquelle ont été publiés les articles. Tous les journaux avec un impact factor possèdent également un comité de lecture. Cela assure de la qualité méthodologique des articles publiés et donc sélectionnés ici. Tous les articles sélectionnés l'ont été dans un journal avec impact factor, celui-ci se situe entre 0.86 et 8.305.

5. Résultats- résumé des articles

La présentation des différents articles sélectionnés est faite sous la forme d'un tableau (tableau 2) présentant les caractéristiques de l'article : titre de l'article, les auteurs, le journal, la date de publication, ainsi que les critères **PICO** : **P**opulation, **I**ntervention évaluée, **C**omparateur, **O**utcome « critères évalués » avec les résultats par article.

Tableau 2 : tableau résumé des articles sélectionnés

Titre	Auteurs	Journal (im- pact factor)	Note PEDro	Synthèse
		Date		
«Mental practice maintains range of motion despite forearm immobilization: a pilot study in healthy persons. » (36)	MO. Frenkel, DS. Herzig, F. Gebhard, J. Mayer, C. Becker, T. Einsiedel	J Rehabil Med (1.895)	6/10	P : 18 patients sains. I : Imagerie motrice, mouvements imaginés kinesthésique. C : pas de rééducation. O : mobilité du poignet. Résultats : limitation de la perte fonctionnelle de la main après une courte immobilisation.
		Février 2014		
18 patients sains ont été immobilisés au niveau de la radiocarpienne du bras non dominant pendant 3 semaines. Les participants du groupe d'imagerie mentale doivent s'imaginer réaliser des mouvements de flexion, extension et d'abduction, adduction du poignet.				
« Training the motor cortex by observing the actions of others during immobilization ».(37)	M. Bassolino, M. Campanella, M. Bove, T. Pozzo, L. Fadiga	Cerebral Cortex (8.305)	5/10	P : 33 patients sains. I: Imagerie motrice, imagerie visuelle à la 1 ^{ère} personne, et à la 3 ^{ème} personne. C : documentaire animalier. O : excitabilité corticale après immobilisation évaluée par la modification de la carte motrice. Résultats : l'imagerie à la 1 ^{ère} personne limite la perte d'excitabilité corticale.
		29 juillet 2013		
Dans cette étude 33 patients sains ont été séparés en 3 groupes et immobilisés en ne laissant aucun mouvement du poignet durant 10 heures. Durant cette période l'un de ces groupes devait regarder des documentaires sans hommes, le 2 ^{ème} regardait des vidéos d'une main droite prenant différents objets et le 3 ^{ème} groupe, après avoir observé un objet, devait s'imaginer serrer l'objet en se concentrant sur les sensations ressenties.				

« Use of mental imagery to limit strength loss after immobilization. (38)	J.Newson, P.Knight, R.Balanve	J Sport Rehabil (0.86)	5/10	P : 18 patients sains I: Imagerie motrice kinesthésique C : pas de rééducation O : force musculaire de serrage des doigts et de la flexion, extension Résultats : perte de force moins importante dans le groupe avec imagerie motrice.
		2003		
Cette étude porte sur 18 patients sains séparés en 2 groupes. Ces 18 patients ont eu leur bras non dominant immobilisé pendant 10 jours avec le poignet à 30° d’extension environ. L’un de ces groupes devait s’imaginer serrer une balle le plus fort possible.				
« Motor-evoked potential following imagery and limb disuse » (30)	RT. Crews, G. Kamen	Intern J Neuroscience (1.528)	5/10	P : 24 sujets sains. I: Imagerie motrice par mouvements imaginés kinesthésiques C : pas de rééducation. O : potentiels moteurs évoqués, tache motrice. Résultats : pas de résultats significatifs.
		2006		
Cette étude se base sur une population de 24 sujets sains séparés en 2 groupes. Les 2 groupes sont immobilisés en flexion de poignet et des 4 et 5 ^{èmes} doigts pendant 7 jours. L’un de ces groupes a pratiqué un protocole d’imagerie motrice, les patients doivent ressentir un mouvement d’abduction du 5 ^{ème} doigt et du poignet.				

« The embodied nature of imagery processes highlighted by short-term limb immobilization » (39)	A. Meunot, Y. Almecija, L.Toussaint	Experimental psychology (1.950)	4/10	P : 22 sujets sains. I: Imagerie motrice, rotation mentale avec un chiffre « 2 » ou avec une main. C : pas d'immobilisation. O : la représentation sensori-motrice activée lors de l'imagerie motrice. Résultats : la rotation mentale avec le chiffre 2 n'a pas d'effet suite à l'immobilisation.
		2014		
Sur la moitié d'une population de 22 sujets sains il est imposé une immobilisation du poignet gauche, de l'index, du majeur et de l'annulaire durant un jour. Tous les participants réalisent deux taches de rotations mentales, avec le chiffre 2 puis une main avec nécessité de reconnaissance de la latéralité.				
« Effects of motor imagery on hand function during immobilization after flexor tendon repair » (40)	M. Stenekes, JH. Geertzen ; JP. Nicolai, BM. De Jong, T. Mulder	Archives of physical medicine and rehabilitation (2.441)	4/10	P : 28 patients après chirurgie des tendons fléchisseurs. I: Imagerie motrice kinesthésique. C : groupe sans imagerie motrice. O : temps de réponse à un stimulus visuel, force, mobilité, scores fonctionnels. Résultats : le temps de réponse au stimulus est significativement diminué chez le groupe test.
		2009		
Cette étude porte sur 28 patients ayant subi une chirurgie réparatrice des tendons fléchisseurs. Ils sont immobilisés pendant 6 semaines avec une attelle de Kleinert. La moitié de ces patients devait s'imaginer fléchir et tendre le poignet.				

« Motor imagery practice may compensate for the slowdown of sensorimotor processes induced by short-term upper-limb immobilization » (41)	A. Meunot, NF. Agbangla, Y. Almecja, L. Toussaint	Psychological research (2.462) 08 juin 2014	3/10	P : 52 sujets sains. I: Imagerie motrice, mouvements imaginés à la 1^{ère} personne et à la 3^{ème} personne. C : un groupe avec immobilisation et sans rééducation et un groupe sans immobilisation ni IM. O : effet sur le système sensorimoteur. Résultats : l'immobilisation altère l'aire motrice dédiée au mouvement, mais elle est limitée par l'imagerie kinesthésique.
Cette étude présente une population de 52 sujets sains répartis en 4 groupes, un groupe test et 3 groupes immobilisés au niveau du poignet gauche et de l'index, du majeur et de l'annulaire pendant 24h. l'un des groupe immobilisé pratique l'imagerie motrice à la 1^{ère} personne, un autre à la 3^{ème} personne et le dernier ne pratique pas d'imagerie motrice.				

6. Analyse

6.1 Population

Dans toutes les études, des critères d'exclusion ressortent : Les sujets ne doivent avoir aucune pathologie neurologique. Le système nerveux central et périphérique doivent être intègres afin que les résultats ou l'absence de résultat soit imputés uniquement à l'immobilisation.

Les études sélectionnées s'appuient sur une population saine à qui est imposée une immobilisation du membre supérieur à l'aide d'une écharpe. Seule l'étude de M. Stenekes, J. Geertzen et al (40) s'appuie sur une population immobilisée suite à une chirurgie dans un cadre bien spécifique, une chirurgie réparatrice des tendons fléchisseurs sans fracture, ni rupture des tendons ni lésions nerveuses.

Dans toutes les études la proportion homme/femme est d'environ 50% et les sujets ont entre 18 et 65 ans.

Les différentes études portent sur des populations réduites, entre 17 (38) et 52 (41) patients. Cela diminue leur portée. L'étude sur une population saine limite l'applicabilité clinique par la suite.

6.2 Programme d'imagerie motrice

Toutes les études utilisent des programmes d'imagerie différents. Il est donc difficile de les comparer. Cependant sur les 7 articles, 6 ont choisi un protocole se basant sur le mouvement imaginé (40)(36)(42)(41)(37)(38) tandis que la dernière utilise la rotation mentale (39).

Sur ces 6 études utilisant le mouvement imaginé, 2 utilisent des visuelles(36) (40), 3 des consignes kinesthésiques (37)(38)(42) et le dernier des articles inclut 2 groupes d'imagerie mentale, un pratiquant l'imagerie kinesthésique et l'autre la visuelle (41).

Tableau 3 : répartition des protocoles d'imagerie mentale

Programme	Etude
Rotation mentale	(29)
IM kinesthésique	(26) (27) (28) (31)
IM visuelle	(25) (30) (31)

6.3 Résultats des études

Dans l'ensemble des études, plusieurs critères sont étudiés : l'activation musculaire, la mobilité, la force, la vitesse de la réponse musculaire et l'effet sur le système sensori-moteur.

Les différentes études s'accordent sur un point : **l'imagerie motrice permet une meilleure réactivation musculaire à la levée de l'immobilisation**. Il a été obtenu une réponse musculaire plus rapide chez les patients ayant utilisés les protocoles d'imagerie motrice que chez les groupes contrôles. En effet, une première observation significative est la moindre diminution des aires motrices correspondantes aux zones immobilisées. Celle-ci a été observée par la stimulation magnétique transcranienne notamment par M. Bassolino et al.(37). Seule l'étude « Motor evoked potentials following imagery and limb disuse » de RT. Crews et G. Kamen (42) trouve des résultats dissonants. Ils n'ont en effet trouvé aucune différence entre les différents groupes étudiés et donc aucune action de l'imagerie motrice. Ces derniers utilisent sur 24 participants un programme kinesthésique se basant sur le mouvement d'abduction du 5^{ème} doigt. Selon eux, cela serait dû à une difficulté des patients à réaliser les séquences d'imageries.

Dans leur étude, « Motor imagery practice may compensate for the slowdown of sensorimotor process induced by short term upper limb immobilization », A. Meugnot et al, ont montré que la pratique de l'imagerie motrice kinesthésique est plus efficace que la visuelle sur le système sensori-moteur. Cette dernière stimulerait préférentiellement l'aire visuelle tandis que la kinesthésique stimulerait le système sensori-moteur.

La perte de force est un autre critère étudié où les résultats des différents travaux analysés divergent. L'étude de Newson J. et al « Use of mental imagery to limit strength loss

after immobilization » (38) montre que l'imagerie permettrait de limiter la perte de force suite à une période d'immobilisation. Ils ont observé une perte de force de 14.8% pour le groupe sans imagerie motrice par rapport au groupe avec imagerie. La force des doigts a été mesurée grâce à un dynamomètre de Jamar et celle de flexion/extension du poignet par un dynamomètre manuel. Ce résultat est en contradiction avec celui obtenu par Stenekes MW. et Al (40), mesurant quant à eux la force des fléchisseurs avec un dynamomètre digital, qui n'observent pas de différence significative entre les 2 groupes étudiés. Toutefois, ces résultats doivent être pondérés par le fait que ces 2 études n'étudient pas la force des mêmes groupes musculaires : la flexion/extension du poignet pour le 1^{er} et la flexion/extension des doigts pour le 2^{ème}. Seules ces deux études mesurent la variation de force induite par l'imagerie motrice lors de l'immobilisation.

6.4 Limite des études

La population étudiée est limitée. En effet, les échantillons de populations sont très faibles, entre 17 et 52 patients, et une étude portée sur une si faible population ne permet pas d'affirmer les résultats de l'étude. Cela ne permet que de donner une 1^{ère} idée sur les résultats pouvant être obtenus sur un plus grand échantillon. Si on prend en compte l'ensemble des études, on obtient une population de 195 sujets, ce qui est plus conséquent. Mais les études ne prenant pas en compte les mêmes facteurs (programme, zone cible, élément mesuré), on ne peut pas généraliser les résultats obtenus.

Les populations étudiées sont saines. Ses sujets sont immobilisées mais ne présentent pas les troubles associés à un traumatisme et/ou chirurgie dans leur étude à l'exception de l'étude de Stenekes et al (40) qui réunit 28 patients ayant subi une chirurgie des tendons fléchisseurs des doigts. Les 6 autres isolent le critère de l'immobilisation sans l'inscrire dans un contexte pathologique puisqu'ils choisissent une population saine qu'ils immobilisent « artificiellement » et consciemment. Cela conduit à admettre l'hypothèse que l'immobilisation sans traumatisme est similaire à celle suite à une pathologie traumatologique. Différents éléments méritent d'être pris en compte pour interroger cette hypothèse. Chez les patients sains, des contractions isométriques du membre immobilisé peuvent être réalisées, contrairement à une partie des patients pathologiques qui ne peut réaliser de contraction, sous immobilisation, en raison de la sidération musculaire possible suite au traumatisme. On peut supposer que s'il y a contraction musculaire isométrique, chez les patients

sains, la dégénérescence des aires motrices y est donc moindre que chez une partie des patients ayant subi un traumatisme. De plus, suite aux traumatismes, un élément important est à prendre en compte : la douleur du patient. Cette dernière peut provoquer un déficit de l'attention (43) ce qui peut empêcher le patient de réaliser correctement le processus d'imagerie motrice.

Par ailleurs, les immobilisations imposées aux sujets sains sont pour certaines de courtes durées, entre 10h et 10 jours, de durée inférieure à celles imposées en traumatologie. Ils ne correspondent pas à celles rencontrées en pratique. Ce sont les études de Bassolino M. et al (37), de Newson J. et al (38), de Meugnot A. et al (41) et de Crews RT. Et al(42). Les effets sur le système sensori-moteur sont minimisés par rapport à une immobilisation suite à une pathologie traumatique ou chirurgie. Les programmes proposés se déroulent donc sur des temps courts. Il est possible que le temps de mise en place du programme soit insuffisant pour avoir un effet optimal car il faut parfois du temps pour que le patient comprenne bien les consignes, les intègre et qu'il soit assidu au programme. Les temps d'immobilisation et de programme d'imagerie motrice sont minimisés par rapport à la réalité, par souci pratique. On peut se demander si les résultats obtenus sont transposables en pratique.

Il existe de nombreux protocoles d'imagerie motrice et de nombreuses manières de la réaliser. Nous avons vu précédemment que les patients ont des facultés différentes concernant les programmes, certains vont avoir plus de facilité avec un programme à la 1^{ère} personne et d'autres avec ceux à la 3^{ème} personne, avec un protocole visuel ou kinesthésique. De plus, nous avons vu que certains facteurs permettaient d'optimiser les séances d'imagerie motrice : les critères PETTLEP. Nous pouvons nous demander si tous ces éléments ont été pris en compte dans les différentes études afin de rendre les protocoles les plus optimaux possible. Tous les patients étant différents, ils vont réagir de manière différente à cette technique. C'est au masseur-kinésithérapeute de l'adapter au mieux à la pathologie et au patient afin d'optimiser au mieux ces séances.

7. Discussion

7.1 Critique méthodologie

Cette synthèse de la littérature présente plusieurs biais. En effet la littérature étant peu présente, il aurait pu être plus judicieux d'élargir le choix des moteurs de recherche afin d'augmenter la possibilité de trouver de la littérature. Les bases de données Sudoc et Refdoc aurait pu permettre d'élargir les recherches à la littérature grise telle que les thèses ou à des ouvrages traitant du sujet. Le choix de restriction aux niveaux des langues sélectionnées est peut-être aussi trop restrictif, il est possible que des articles intéressants aient été mis de côté à cause de cela.

En ce qui concerne la sélection des articles, elle s'est faite de manière arbitraire dans un 1^{er} temps sur le titre explicite répondant à la problématique puis sur les autres composants. Il est possible que cela limite la reproductibilité de cette synthèse de la littérature et que des articles potentiellement exploitables aient été mis de côté. Malgré le nombre important d'équation de recherche, la base de données PEDro n'a donné qu'une seule occurrence exploitable avec l'équation « Immobilization AND motor imagery ». Cette base de données n'a donc que très peu de littérature référencée sur ce sujet.

Pour l'analyse des articles, une grille de lecture a été mise en place (Annexe 3). Cette grille ne prend en compte que le contenu de l'article et non pas leur qualité scientifique ni la méthodologie employée par les auteurs. Mais tous ces articles sont tirés de revue avec un impact factor ainsi qu'un comité de relecture. Cela suppose donc une validation de la méthodologie et de la qualité scientifique. L'échelle CONSORT aurait pu être utilisée car elle évalue la validité interne et externe des essais cliniques randomisés. Cette échelle est spécifique des essais cliniques randomisés. Elle comporte 25 critères répartis en 37 items étudiant le titre et résumé, l'introduction, la méthode, la randomisation, les résultats, la discussion et les informations supplémentaires. C'est une échelle internationale plus récente que l'échelle PEDro, mais du fait de sa découverte tardive elle n'a pas été intégrée à ce travail.

Le fait d'enrichir nos mots clés de la référence « immobilisation » en raison du manque de littérature a augmenté le risque de bruit. Le nombre de réponse a augmenté avec cependant un risque plus important de se voir proposer des articles moins ou non-pertinents, cela

risque de limiter notre réponse à notre question initiale. De fait les études sélectionnées sont moins spécifiques à la traumatologie et à une population pathologique.

7.2 Population pathologique et IM

La plupart des articles sélectionnés étudient une population de patients sains. Comme cela a été dit précédemment, cela induit une limite quant à une perspective et une applicabilité clinique. Nous nous retrouvons donc dans l'obligation de supposer que les résultats obtenus durant ces études pour une population saine immobilisée seraient transposables à une population pathologique immobilisée avec les conséquences spécifiques à la situation traumatique ou chirurgicale. Notre connaissance des conséquences de la pathologie sur les structures nous conduit à modérer cette affirmation. Les différences entre les deux populations sont en effets nombreuses : la douleur et ses conséquences, l'effet du traumatisme sur les structures et comme évoqué dans le cadre conceptuel, sur l'image corporelle. La pratique de l'imagerie motrice peut être altérée par ces éléments. Cependant, l'étude de M. Stenekes et al « Effects of motor imagery on hand function during immobilization after flexor tendon repair » (40) s'intéresse à cette population pathologique. Et, les résultats de cette dernière expérience vont dans le même sens que les études sur population saine. C'est un signe encourageant à la transposition qui demanderait à être confirmé par des expérimentations auprès de la population que le kinésithérapeute rencontre habituellement.

Le peu de littérature étudiant des sujets pathologiques peut être expliquée. Le kinésithérapeute fait en effet peu de recherche en raison de son cadre de formation et de son exercice professionnel. L'imagerie motrice en traumatologie est également un domaine d'étude récent, il faudra sûrement attendre encore un certain temps avant que ce domaine ne prenne de l'importance. De plus, le temps d'immobilisation est le plus souvent une période où il y a peu de rééducation prescrite. Celle-ci débute le plus souvent au sortir de l'immobilisation. Cela conduit à une réflexion sur la forme que peut prendre l'intervention MK pour limiter les conséquences de l'immobilisation. Ne faudrait-il pas envisager une action préventive du MK sous forme d'un programme éducatif que le patient réaliserait de façon autonome ?

Durant nos recherches bibliographiques, des articles concernant des populations pathologiques ont été identifiés sans être retenus car ils concernaient l'IM au membre inférieur, auprès d'une population pathologique, sans être retenu en raison des critères d'inclusion. Ils

sont au nombre de quatre mais ne présente pas de période d'immobilisation dans le suivi post-traumatique ou post-chirurgical. Pour placer ces articles sur le même plan que ceux du membre supérieur, une note PEDro leur a été attribuée.

L'étude réalisée par F. Lebon, A. Guillot et C. Collet, « Increased muscle activation following motor imagery during the rehabilitation of the anterior cruciate ligament » (44) (7/10 à l'échelle PEDro), se centre sur le genou. Elle évalue l'utilisation de l'imagerie motrice suite à une reconstruction du ligament croisé antérieur par la technique de Kenneth Jones. Le groupe contrôle et le groupe test ont tous les deux bénéficié d'une rééducation traditionnelle et le groupe test a dû réaliser, dans le même temps, des sessions d'imagerie motrice utilisant l'imagerie kinesthésique. Les auteurs de cette étude souhaitent connaître l'effet de l'imagerie motrice sur plusieurs variables : l'activation musculaire mesurée par EMG, la récupération fonctionnelle et la douleur évaluée par l'échelle visuelle analogique. Cette étude montre que l'imagerie motrice n'aurait aucune action sur la douleur du patient en post-opératoire ni sur la récupération fonctionnelle mesurée par la « Lower Extremity Functional Scale », mais elle semble avoir un effet bénéfique sur l'activation musculaire. Ceci est en accord avec les résultats des études décrites précédemment au MS avec une immobilisation.

Une autre étude s'intéresse à l'utilisation de l'imagerie motrice suite à une entorse de cheville. Elle a été réalisée par A. Christakou, Y. Zervas et D. Lavalée, « The adjunctive role of imagery on the functional rehabilitation of a grade II ankle sprain » (6/10). Les deux groupes ont profité d'une rééducation normale ou classique. Le groupe test, familier avec l'imagerie motrice du fait de leur pratique sportive, a donc effectué, en plus, des sessions d'imagerie motrice. Trois variables ont été étudiées : l'endurance musculaire, la stabilité fonctionnelle et l'équilibre dynamique. Pour cela ils ont utilisé plusieurs tests fonctionnels : « the heel-rise test », « the toe-rise test » pour l'endurance et « walking down a staircase », « functional stability tests » et « dynamic balance » pour la stabilité et l'équilibre. L'endurance musculaire et la stabilité fonctionnelle sont influencées significativement tandis que l'équilibre dynamique ne profite pas de cet apport complémentaire en rééducation.

Deux autres études, respectivement de 2003 et 2005, se sont intéressées au gain de force au niveau des muscles de la cheville par la pratique de l'imagerie motrice. Toutes deux mettent en avant que la force est augmentée chez les sujets qui utilisent l'IM par rapport à ceux qui n'ont pas de stimulation. Celle réalisée par P. Inge Zijdewind et al, « Effects of ima-

gery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles » (45) (7/10), s'intéresse aux fléchisseurs plantaires de cheville. Elle propose un programme d'imagerie motrice de 7 semaines avec 5 sessions par jour. Il est observé une augmentation de la force supérieure de 20% par rapport au groupe contrôle. La 2^{ème} étude, de B. Sidaway et A. Trzaska, intitulée « Can mental practice increase ankle dorsiflexor torque » (46) (6/10), évalue l'intérêt d'un protocole d'imagerie motrice durant 4 semaines sur la force des fléchisseurs dorsaux de la cheville. Ici, trois groupes sont en comparaison : un groupe contrôle, un groupe IM, un groupe pratique physique. Les auteurs observent une augmentation de la force de des muscles étudiés de 17.13% par la pratique de l'imagerie motrice par rapport au groupe contrôle. Cette augmentation est cependant inférieure à celle obtenue par le groupe pratiquant les contractions musculaire. Ces résultats confirment les travaux de Newson J. et al (38) que nous avons analysés où il montrait une augmentation de la force des muscles du poignet.

En 2009 Frenkel MO. et son équipe ont réalisé une étude sur l'efficacité du mouvement imaginé et de la thérapie miroir suite à la mise en place de la prothèse de genou (47) . Cette étude est réalisée sur une population plus conséquente que les autres articles, elle porte sur 66 patients. Ils ont montré un effet significatif de ces techniques sur la flexion de genou à court terme. Ce dernier travail semble être celui qui a le plus d'importance et de fiabilité clinique. Il prend en compte une population plus importante et surtout pathologique. Ces résultats ont une validité plus importante et une transposition clinique plus évidente.

Ces études réalisées au MI sont des confirmations de la possible utilisation de l'imagerie motrice en traumatologie que nous avons commencé à envisager par notre analyse au MS. Cette technique, en permettant d'augmenter la force musculaire, peut donc limiter la perte de force durant l'immobilisation. Elle semble aussi avoir une influence sur l'endurance du muscle comme sur la stabilisation des articulations. Il reste cependant à préciser si ces optimisations facilitent la récupération motrice et fonctionnelle.

En effet, le patient est vu par le masseur-kinésithérapeute durant un temps très court, quelques jours durant l'hospitalisation. La prise en charge est donc très succincte, elle se fait surtout en post-immobilisation. Mais cette technique pourrait permettre de conserver un minimum les capacités musculaires du patient et donc de faciliter sa rééducation par la suite.

7.3 Perspectives

Dans différents domaines, le masseur-kinésithérapeute a un rôle préventif à jouer. Le travail respiratoire avant une chirurgie thoracique pour limiter les troubles respiratoires après celle-ci, la reprise d'une activité physique et d'assouplissement pour limiter les lombalgies... L'imagerie motrice ne pourrait-elle pas devenir un moyen de prévention du masseur-kinésithérapeute afin de limiter la perte de mobilité engendrée par une immobilisation ? Pour valider cette technique il faudrait réaliser un essai clinique randomisé sur une population pathologique et de plus grande ampleur.

Comme indiqué précédemment, les temps de compréhension de cette technique peuvent être importants, et donc monopoliser une partie du temps de réalisation du protocole. Pour optimiser ce dernier ne pourrait-on pas envisager une prise en charge pré-opératoire, si possible, ou directement en post-opératoire expliquant les modalités du protocole pour ainsi faciliter sa mise en place par la suite ?

8. Conclusion

En conclusion de cette synthèse nous pouvons dire que, malgré le peu de littérature présente sur ce sujet, l'imagerie motrice pourrait avoir un effet bénéfique sur la prise en charge masso-kinésithérapique suite à un traumatisme.

En effet nous avons vu qu'elle permettait de palier différents facteurs découlant de l'immobilisation du membre, **la diminution de l'activation musculaire** par le phénomène de plasticité cérébrale, **la diminution de la force**. Cela permettrait une rééducation plus rapide et plus efficace une fois cette immobilisation levée. Cette technique peut donc devenir un outil intéressant pour le kinésithérapeute dans la prise en charge orthopédique. La littérature présente sur ce sujet mérite d'être développée notamment en intégrant plus de sujets pathologiques afin de permettre de valider au mieux cette technique, les modalités pratiques ainsi que les facteurs permettant une amélioration de ces résultats et ainsi lui donner une place à part entière dans la rééducation par le masseur-kinésithérapeute.

La formation continue est un devoir du masseur-kinésithérapeute, la lecture de la littérature peut être une partie de cette formation continue. La littérature en masso-

kinésithérapie est abondante et va continuer à augmenter sur de nombreux domaines. Il est alors important de savoir comment chercher les articles les plus pertinents de manière efficace. La réalisation de ce travail écrit m'aura permis d'appréhender la méthodologie de la synthèse de la littérature, la recherche d'articles ainsi que l'analyse critique des articles. Cela me permettra par la suite de mettre à jour plus facilement mes connaissances théoriques pour améliorer ma future pratique professionnelle par la recherche d'articles spécifiques et leur lecture critique, et ainsi diriger plus facilement les choix de techniques à appliquer ou de formations à réaliser.

Références

1. Lebon F, Gueugneau N, Papaxanthis C. Stimulation magnétique transcrânienne et imagerie motrice : corrélats neurophysiologiques de l'action mentalement simulée. *Mov Sport Sci.* 1 nov 2013;82(4):21-30.
2. Gemmsor. Rééducation du poignet et de la main: Anatomie fonctionnelle et techniques. Elsevier Health Sciences; 2013. 441 p.
3. A. Quesnot. Les délais moyens de consolidation des fractures de l'adulte. *KS.* sept 2008;491:57-8.
4. Guillemain J-L. Techniques de gain articulaire. *EMC - Kinésithérapie - Médecine Phys - Réadapt.* oct 2012;8(4):1-8.
5. Delprat J, Ehrler S, Romain M, Mansat M. Rééducation des raideurs post-traumatiques des doigts. *Encycl Méd-Chir.* 2003;26-220-A-13:16p.
6. JC. Ferrandez, S. Theys, JY. Bouchet. Physiopathologie de l'oedème post-traumatique. *KS.* oct 2007;(481):29-31.
7. JC. Ferrandez, S. Theys, JY. Bouchet. Rééducation des troubles circulatoires de retour. *EMC.* 2009;
8. JC. Ferrandez. Un oedème... des traitements. *Kinésithérapie Rev.* 7 avr 2008;2(5-6):69-72.
9. JC. Ferrandez, S. Theys, JY. Bouchet. Traitement de l'oedème traumatique par drainage manuel. *KS.* oct 2011;(525):25-7.
10. JC. Ferrandez, S. Theys, JY. Bouchet. Drainage manuel: recommandations pour une pratique basée sur les faits. *Kinesither Rev.* 2011;115-116:41-7.
11. HAS. Prise en charge masso-kinésithérapique d'un lymphoedème et d'une raideur de l'épaule après traitement d'un cancer du sein. 2012.
12. Theys S, Brun JP. Techniques instrumentales dans le traitement des lymphoedèmes des membres. *J Mal Vasc.* mars 2008;33:S15.
13. Brunon-Martinez A, Romain M, Roux J-L. Rééducation des lésions tendineuses traumatiques de la main. *EMC - Kinésithérapie - Médecine Phys - Réadapt.* janv 2006;2(3):1-19.
14. Dousse N. La mobilisation précoce du patient — Les différentes techniques de mobilisation passive et active aux soins intensifs. *Réanimation.* 1 janv 2011;20(2):698-701.

15. G. Brailon. Le système nerveux central à l'usage des étudiants en médecine. Pradel. 2009.
16. Schott GD. Penfield's homunculus: a note on cerebral cartography. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. avr 1993;56(4):329-33.
17. Schiffmann SN. Le cerveau en constante reconstruction : le concept de plasticité cérébrale. *Cah Psychol Clin*. 1 mars 2001;16(1):11-23.
18. Florent Lebon DR. Imagerie motrice et activité électromyographique. *Sci Mot*. 2008;64:11-34.
19. Collet C, Di Rienzo F, Hoyek N, Guillot A. Corrélats neurophysiologiques de l'imagerie motrice. *Mov Sport Sci*. 1 nov 2013;82(4):7-19.
20. Huber R, Ghilardi MF, Massimini M, Ferrarelli F, Riedner BA, Peterson MJ, et al. Arm immobilization causes cortical plastic changes and locally decreases sleep slow wave activity. *Nat Neurosci*. sept 2006;9(9):1169-76.
21. Liepert J, Tegenthoff M, Malin J-P. Changes of cortical motor area size during immobilization. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Mot Control*. déc 1995;97(6):382-6.
22. Holmes PS, Collins DJ. The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists. *J Appl Sport Psychol*. 2001;13(1):60-83.
23. Wakefield C, Smith D, Moran AP, Holmes P. Functional equivalence or behavioural matching? A critical reflection on 15 years of research using the PETTLEP model of motor imagery. *Int Rev Sport Exerc Psychol*. 2 oct 2012;6(1):105-21.
24. Malouin F, Richards CL, Durand A, Doyon J. Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. févr 2008;89(2):311-9.
25. Beauchet O, Annweiler C, Assal F, Bridenbaugh S, Herrmann FR, Kressig RW, et al. Imagined Timed Up & Go test: a new tool to assess higher-level gait and balance disorders in older adults? *J Neurol Sci*. 15 juill 2010;294(1-2):102-6.
26. Malouin F, Richards CL, Jackson PL, Lafleur MF, Durand A, Doyon J. The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for Assessing Motor Imagery in Persons with Physical Disabilities: A Reliability and Construct Validity Study. *J Neurol Phys Ther*. mars 2007;31(1):20-9.
27. Butler AJ, Cazeaux J, Fidler A, Jansen J, Lefkove N, Gregg M, et al. The Movement Imagery Questionnaire-Revised, Second Edition (MIQ-RS) Is a Reliable and Valid Tool for Evaluating Motor Imagery in Stroke Populations. *Evid-Based Complement Altern Med ECAM* [Internet]. 2012 [cité 27 oct 2014];2012. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3304547/>

28. Le référentiel de la profession. > Ordre des Masseurs Kinésithérapeutes [Internet]. [cité 8 mars 2015]. Disponible sur: <http://www.ordremk.fr/2012/12/14/le-referentiel-du-masseur-kinesitherapeute-et-du-masseur-kinesitherapeute-osteopathe/>
29. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc Biol Sci*. 22 avr 1996;263(1369):377-86.
30. Moseley GL. Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled trial. *Neurology*. 26 déc 2006;67(12):2129-34.
31. Malouin F, Saimpont A, Jackson PL, Richards CL. Optimiser la récupération locomotrice par l'imagerie motrice. *Mov Sport Sci - Sci Mot*. 2013;(82):129-41.
32. HAS. Recommandation de bonne pratique : Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. 2012.
33. HAS. Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations. 2000;
34. OMS. Méthodologie de la recherche dans le domaine de la santé. 2003;
35. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. août 2003;83(8):713-21.
36. Frenkel MO, Herzig DS, Gebhard F, Mayer J, Becker C, Einsiedel T. Mental practice maintains range of motion despite forearm immobilization: a pilot study in healthy persons. *J Rehabil Med*. mars 2014;46(3):225-32.
37. Bassolino M, Campanella M, Bove M, Pozzo T, Fadiga L. Training the Motor Cortex by Observing the Actions of Others During Immobilization. *Cereb Cortex N Y N* 1991. 29 juill 2013;
38. Johanna Newsom, Knight Peter, Balnave Ronald. Use of Mental Imagery to limit strength loss after immobilization. *J Sport Rehabil*. 2003;(12):249-58.
39. Meugnot A, Almecija Y, Toussaint L. The embodied nature of motor imagery processes highlighted by short-term limb immobilization. *Exp Psychol*. 2014;61(3):180-6.
40. Stenekes MW, Geertzen JH, Nicolai J-PA, De Jong BM, Mulder T. Effects of motor imagery on hand function during immobilization after flexor tendon repair. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(4):553-9.
41. Meugnot A, Agbangla NF, Almecija Y, Toussaint L. Motor imagery practice may compensate for the slowdown of sensorimotor processes induced by short-term upper-limb immobilization. *Psychol Res*. 8 juin 2014;
42. Crews RT, Kamen G. Motor-evoked potentials following imagery and limb disuse. *Int J Neurosci*. mai 2006;116(5):639-51.

43. Moroni C, Laurent B. Influence de la douleur sur la cognition. *Psychol Neuropsychiatr Vieil*. 2006;4(1):21-30.
44. Lebon F, Guillot A, Collet C. Increased muscle activation following motor imagery during the rehabilitation of the anterior cruciate ligament. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. mars 2012;37(1):45-51.
45. Zijdewind I, Toering ST, Bessem B, Van Der Laan O, Diercks RL. Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles. *Muscle Nerve*. août 2003;28(2):168-73.
46. Sidaway B, Trzaska AR. Can mental practice increase ankle dorsiflexor torque? *Phys Ther*. oct 2005;85(10):1053-60.
47. Frenkel MO. Mentales Training in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik [Internet]. 2009 [cité 27 févr 2015]. Disponible sur: <http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/10218/>

Annexe 1

Délais moyens de consolidation osseuse du membre supérieur d'après A. Quesnot (3)

Topographie de la fracture	Délais moyens de consolidation
1- Fracture de la clavicule	30 à 45 jours
2- Fracture de la scapula	45 jours
3- Fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus	45 jours
4- Fracture de la diaphyse humérale	60 jours (45 à 90 jours)
5- Fracture articulaire de l'extrémité inférieure de l'humérus	45 à 60 jours
6- Fracture de la tête radiale	30 à 45 jours
7- Fracture de l'olécrane	45 jours
8- Fracture du processus coronoïde	30 à 45 jours
9- Fracture diaphysaire des deux os de l'avant-bras	90 à 120 jours
10- Fracture de l'extrémité inférieure du radius	30 à 45 jours
11- Fracture du scaphoïde carpien	90 à 120 jours
12*- Fracture du trapèze	45 jours
13*- Fracture du triquetrum (pyramidal)	45 jours
14*- Fracture du pisiforme	30 à 45 jours
15*- Fracture du lunatum (semi-lunaire)	45 à 60 jours
16*- Fracture du capitatum (grand os)	45 jours
17*- Fracture de l'hamatum (os crochu)	45 à 60 jours
18- Fracture de la base du premier métacarpien	45 jours
19- Fracture des métacarpiens des doigts longs	45 à 60
20- Fracture des phalanges	45 jours à 60 jours

Annexe 2

Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ)

1. **Position de départ :** Debout, pieds joints, bras le long du corps.

Action : Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenu fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions lentement.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tache mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

2. **Position de départ :** Assis, mettez votre poing ferme sur votre genou.

Action : Déplacer votre bras au-dessus de votre tête. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et le poing ferme. Ensuite baisser votre bras jusqu'à votre genou en maintenant le bras tendu et le poing ferme.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tache mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

3. **Position de départ :** Elevez latéralement (sur le côté) votre bras afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas. Gardez celui-ci tendu, main ouverte.

Action : Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement lentement.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

4. **Position de départ :** Debout, pieds légèrement écartés, et vos bras complètement étendus au-dessus de votre tête.

Action : Lentement, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tache mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

5. **Position de départ :** Mettez votre main devant vous à hauteur d'épaule comme si vous alliez pousser pour ouvrir une battante. Paume dirigée vers l'avant et vos doigts doivent être dirigés vers le haut.

Action : Etendez votre bras complètement comme si vous alliez pousser pour ouvrir la porte. Gardez vos doigts pointés vers le haut. Maintenant laissez la porte battante se refermer en ramenant votre bras et votre main vers vous en position de départ.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tache mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

6. **Position de départ :** Assis, mettez votre main sur votre genou. Feignez que vous voyez un verre d'eau sur une table juste devant vous.

Action : Inclinez-vous vers l'avant, saisissez le verre et soulevez-le légèrement au-dessus de la table. Maintenant reposez-le sur la table et remettez votre main sur le genou.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tache mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

7. **Position de départ :** Votre main est le long du corps. Feignez qu'il y a devant vous une porte fermée.

Action : Inclinez-vous vers l'avant et tendez le bras en avant, saisissez la poignée. Tirez celle-ci pour ouvrir la porte. Fermez maintenant doucement la porte, lâchez la poignée et ramenez votre main le long du corps.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tache mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

8. **Position de départ :** Debout, pieds joints, bras le long du corps.

Action : Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenu fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions lentement.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tache mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

9. **Position de départ :** Assis, mettez votre poing ferme sur votre genou.

Action : Déplacer votre bras au-dessus de votre tête. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et le poing ferme. Ensuite baisser votre bras jusqu'à votre genou en maintenant le bras tendu et le point ferme.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tache mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

10. **Position de départ :** Elevez latéralement (sur le côté) votre bras afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas. Gardez celui-ci tendu, main ouverte.

Action : Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement lentement.

Tache Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la

difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

11. **Position de départ :** Debout, pieds légèrement écartés, et vos bras complètement étendus au-dessus de votre tête.

Action : Lentement, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

12. **Position de départ :** Mettez votre main devant vous à hauteur d'épaule comme si vous alliez pousser pour ouvrir une porte battante. Paume dirigée vers l'avant et vos doigts doivent être dirigés vers le haut.

Action : Étendez votre bras complètement comme si vous alliez pousser pour ouvrir la porte. Gardez vos doigts pointés vers le haut. Maintenant laissez la porte battante se refermer en ramenant votre bras et votre main vers vous en position de départ.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

13. **Position de départ :** Assis, mettez votre main sur votre genou. Feignez que vous voyez un verre d'eau sur une table juste devant vous.

Action : Inclinez-vous vers l'avant, saisissez le verre et soulevez-le légèrement au-dessus de la table. Maintenant reposez-le sur la table et remettez votre main sur le genou.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

14. **Position de départ :** Votre main est le long du corps. Feignez qu'il y a devant vous une porte fermée.

Action : Inclinez-vous vers l'avant et tendez le bras en avant, saisissez la poignée. Tirez celle-ci pour ouvrir la porte. Fermez maintenant doucement la porte, lâchez la poignée et ramenez votre main le long du corps.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir - Difficile à sentir - Assez difficile à sentir - Neutre (ni facile ni difficile) - Assez facile à sentir - Facile à sentir - Très facile à sentir

Annexe 3

Movement Imagery Questionnaire (MIQ)

Rating scales

Visual Imagery scale

1	2	3	4	5	6	7
Very hard to see	Hard to see	Somewhat hard to see	Neutral (not easy or hard)	Somewhat easy to see	Easy to see	Very easy to see

Kinesthetic Imagery Scale

1	2	3	4	5	6	7
Very hard to see	Hard to see	Somewhat hard to see	Neutral (not easy or hard)	Somewhat easy to see	Easy to see	Very easy to see

1. **STARTING POSITION:** Stand with your feet and legs together and your arms at your sides.

ACTION: Raise your right knee as high as possible so that you are starting on your left leg with your right leg flexed (bent) at the knee. Now lower your right leg so you are once again standing on two feet. The action is performed **slowly**.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **feel** yourself making the movement just observed without actually doing it. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating: _____

2. **STARTING POSITION:** Stand with your feet and legs together and your arms at your sides.

ACTION: Bend down low and then jump straight up in the air as high as possible with both arms extended above your head. Land with both feet apart and lower your arms to your sides.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **see** yourself making the movement just observed from an **internal perspective**. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating: _____

STARTING POSITION: Extend the arm of your non-dominant hand straight out to your side so that it is parallel to the ground, palm down.

ACTION: Move your arm forward until it is directly in front of your body (still parallel to the ground). Keep your arm extended during the movement, and make the movement **slowly**.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **see** yourself making the movement just observed from an **external perspective**. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task and the angle the image was observed from (see additional sheet provided for full list of different angles)

Rating: _____

3. **STARTING POSITION:** Stand with your feet slightly apart and your arms fully extended above your head.

ACTION: **Slowly** bend forward at the waist and try and touch your toes with your fingertips (or, if possible, touch the floor with your fingertips or your hands). Now return to the starting position, standing erect with your arms extended above your head.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **feel** yourself making the movement just observed without actually doing it. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating: _____

4. **STARTING POSITION:** Stand with your feet and legs together and your arms at your sides.

ACTION: Raise your right knee as high as possible so that you are starting on your left leg with your right leg flexed (bent) at the knee. Now lower your right leg so you are once again standing on two feet. The action is performed **slowly**.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **see** yourself making the movement just observed from an **internal perspective**. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating: _____

5. **STARTING POSITION:** Stand with your feet and legs together and your arms at your sides.

ACTION: Bend down low and then jump straight up in the air as high as possible with both arms extended above your head. Land with both feet apart and lower your arms to your sides.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **see** yourself making the movement just observed from an **external perspective**. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task and the angle the image was observed from (see additional sheet provided for full list of different angles)

Rating: _____

6. **STARTING POSITION:** Extend the arm of your non-dominant hand straight out to your side so that it is parallel to the ground, palm down.

ACTION: Move your arm forward until it is directly in front of your body (still parallel to the ground). Keep your arm extended during the movement, and make the movement **slowly**.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **feel** yourself making the movement just performed without actually doing it. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating: _____

7. **STARTING POSITION:** Stand with your feet slightly apart and your arms fully extended above your head.

ACTION: **Slowly** bend forward at the waist and try and touch your toes with your fingertips (or, if possible, touch the floor with your fingertips or your hands). Now return to the starting position, standing erect with your arms extended above your head.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **see** yourself making the movement just observed from an **internal perspective**. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating: _____

8. **STARTING POSITION:** Stand with your feet and legs together and your arms at your sides.

ACTION: Raise your right knee as high as possible so that you are starting on your left leg with your right leg flexed (bent) at the knee. Now lower your right leg so you are once again standing on two feet. The action is performed **slowly**.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **see** yourself making the movement just observed from an **external perspective**. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task and the angle the image was observed from (see additional sheet provided for full list of different angles)
Rating: _____

9. **STARTING POSITION:** Stand with your feet and legs together and your arms at your sides.

ACTION: Bend down low and then jump straight up in the air as high as possible with both arms extended above your head. Land with both feet apart and lower your arms to your sides.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **feel** yourself making the movement just performed without actually doing it. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.
Rating: _____

10. **STARTING POSITION:** Extend the arm of your non-dominant hand straight out to your side so that it is parallel to the ground, palm down.

ACTION: Move your arm forward until it is directly in front of your body (still parallel to the ground). Keep your arm extended during the movement, and make the movement **slowly**.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **see** yourself making the movement just observed from an **internal perspective**. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.
Rating: _____

11. **STARTING POSITION:** Stand with your feet slightly apart and your arms fully extended above your head.

ACTION: **Slowly** bend forward at the waist and try and touch your toes with your fingertips (or, if possible, touch the floor with your fingertips or your hands). Now return to the starting position, standing erect with your arms extended above your head.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to **see** yourself making the movement just observed from an **external perspective**. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task and the angle the image was observed from (see additional sheet provided for full list of different angles)
Rating: _____

Instructions for scoring

Subscale	Items
Internal Visual Imagery	Item 2 + Item 5 + Item 8 + Item 11 /4
External Visual Imagery	Item 3 + Item 6 + Item 9 + Item 12 /4
Kinesthetic Imagery	Item 1 + Item 4 + Item 7 + Item 10 /4

Annexe 4

Échelle PEDro

1. les critères d'éligibilité ont été précisés non oui
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement) non oui
3. la répartition a respecté une assignation secrète non oui
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants non oui
5. tous les sujets étaient "en aveugle" non oui
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle" non oui
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels non oui
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes non oui
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter" non oui
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels non oui
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité non oui

Annexe 5

Grille de lecture

Titre de l'étude Date Journal	
Auteurs	
Objectifs	
Critères étudiés	
Population	
Immobilisation	
Programme d'IM	
Limites	
Résultat	
Conclusion	