



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

Intérêt de l'imagerie motrice et de la thérapie par
observation d'action dans la récupération des
amplitudes articulaires chez les patients porteurs
d'une prothèse totale de genou

Mémoire présenté par Trstenjak JérémY
Etudiant en 4^{ème} année de masso-kinésithérapie
En vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
2015-2019



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

Je soussigné(e), Trstenjak jérémy.....

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 Nancy, le 28/04/2019.....

Signature

Trstenjak

Table des matières

RESUME

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

1.	INTRODUCTION	1
2.	CADRE THEORIQUE	3
2.1	Prothèse de genou	3
2.1.1	Les types de PTG et leurs indications spécifiques.....	3
2.1.2	Effets de l'immobilisation et du geste chirurgical.....	5
2.1.3	Critères d'admission en centre de rééducation.....	5
2.1.4	Facteurs personnels influençant la rééducation après PTG	6
2.1.5	Déficiences après la PTG	6
2.2	Neurones miroirs	9
2.2.1	Définition.....	9
2.2.2	Historique.....	10
2.2.3	Mode de fonctionnement.....	11
2.2.4	Rôles.....	12
2.2.5	Lien avec les techniques de pratique mentale.....	13
2.3	Imagerie motrice	13
2.3.1	Définition.....	13
2.3.2	Similitudes neurophysiologiques	15
2.3.3	Apprentissages et modèles internes.....	17
2.3.4	Mesures des capacités d'imagerie motrice	19
2.3.5	Principes d'application	21
2.4	Thérapie par observation d'action.....	24
2.4.1	Définition.....	24
2.4.2	Similitudes neurophysiologiques	25
2.4.3	Principes d'application	26
2.4.4	TOA et IM	27
3	MATERIEL ET METHODE.....	29

3.1 Recherches bibliographiques	29
3.2 Population	30
3.3 Matériel.....	31
3.4 Méthode.....	32
3.4.1 Critères PETTLEP adaptés au protocole	32
3.4.2 Critères de jugement.....	33
3.4.3 Mesures.....	33
3.4.4 Protocole.....	34
4 RESULTATS	40
4.1 Diagramme de flux.....	40
4.2 Caractéristiques cliniques des patients après randomisation	41
4.3 Tests statistiques.....	42
4.4 Amplitudes articulaires	42
4.5 Douleur.....	44
5 DISCUSSION.....	45
5.1 Interprétation des résultats et comparaisons avec d'autres études	45
5.2 Limites de l'étude et amélioration	47
6 CONCLUSION.....	50

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

Résumé

Introduction : l'imagerie motrice (IM) et la thérapie par observation d'action (TOA) sont utilisés dans de nombreux domaines comme la neurologie ou le sport. Elles se basent sur les activations neurophysiologiques des structures cérébrales similaires à celles mises en œuvre lors d'un mouvement réel. Elles sont souvent utilisées séparément mais de plus en plus d'auteurs préconisent de les combiner pour maximiser les effets sur le réseau neuronal.

Objectif : l'objectif de notre étude est de montrer que la pratique de séances d'IM associée à la TOA combinées avec des séances de kinésithérapie classique permet de récupérer plus rapidement les amplitudes de flexion et extension du genou. Pour cela, nous étudierons leurs effets en post-opératoire chez des patients porteurs de prothèse totale de genou (PTG).

Matériels et méthodes : sept volontaires porteurs d'une PTG pour gonarthrose ont suivi un programme de réhabilitation pendant trois semaines dans le centre de rééducation fonctionnelle de Quingey. Les patients étaient répartis aléatoirement en deux groupes. Le groupe expérimental a reçu un traitement d'IM associé à la TOA avec un traitement de masso-kinésithérapie classique. Le groupe contrôle a reçu seulement un traitement de masso-kinésithérapie classique.

Résultats : dans cette étude, nous comparons la vitesse de récupération des amplitudes articulaires actives et la douleur du genou entre le groupe expérimental et le groupe contrôle. Nous observons qu'à la fin de leur séjour de rééducation, les patients du groupe expérimental présentent une meilleure flexion du genou mais conservent un flexum plus important. La douleur reste plus importante dans le groupe expérimental.

Discussion : les résultats des tests statistiques étant non significatifs, notre étude ne permet pas de montrer l'intérêt de combiner l'IM et la TOA dans la prise en charge de patients porteurs de PTG. Les futures études devraient chercher à préciser les modalités d'application en fonction des champs médicaux concernés (traumatologie, neurologie,...) voir de la pathologie traitée en homogénéisant au maximum les groupes. Un autre point intéressant serait d'apprendre au patient à autogérer le protocole pour qu'il puisse le réaliser seul.

Mots-clés : amplitude articulaire, imagerie motrice, prothèse totale de genou, rééducation, thérapie par observation d'action

Abstract

Introduction : motor imagery and action observation therapy are used in many areas such as neurology and sports. They are based on neurophysiological activations similar to brain structures to those during a real movement. They are often used separately but more and more authors advocate combining them to maximize effects on the neural network.

Purpose : the objective of our study is to show that the practice of motor imagery session associated with the action observation in addition to conventional physiotherapy sessions allows to recover more quickly the flexion and extension of the knee's range of motion. For this purpose, we will study their effects in patients with total knee prosthesis postoperatively in a rehabilitation center.

Materials and methods : Seven volunteers with total knee arthroplasty following knee osteoarthritis followed a rehabilitation program for three weeks in the Quingey Functional Rehabilitation Center. Patients were randomly assigned to two groups. An experimental group received motor imagery treatment associated with action observation with conventional physiotherapy treatment. The control group received only a classical physiotherapy treatment.

Results : In this study, we compare the rate of recovery of range of motion and pain between the experimental group and the control group. We observe well the end of their stay in rehabilitation, the patients of the experimental group having a better flexibility of the kind but a weaker extension. The pain remains greater in the experimental group.

Discussion : the results of the statistical tests are not significant, our study does not show the interest of the combination of motor imagery and action observation in patients with total knee arthroplasty. Future studies should be detailed in the fields of application concerned (traumatology, neurology,...) or the pathology treated by homogenizing the groups as much as possible. Another interesting point would be to teach the patient to self-administer the protocol so that it can be done alone.

Key words: range of motion, motor imagery, total knee arthroplasty (total knee prosthesis), rehabilitation, action observation,

Liste des abréviations

IM : imagerie motrice

IMV : imagerie motrice visuelle

IMK : imagerie visuelle kinesthésique

KVIQ : questionnaire d'imagerie visuelle et kinesthésique

TDMI : timed dependent motor imagery

TOA : thérapie par observation d'action

NM : neurones miroirs

MK : masseur-kinésithérapeute

PTG : prothèse totale de genou

RAAC : réhabilitation améliorée après chirurgie

MMSE : mini mental state examination

HAS : haute autorité de santé

LCA : ligament croisé antérieur

LCP : ligament croisé postérieur

AVC : accident vasculaire cérébral

TEP : tomographie par émission de position

IRMf : imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

SMT : stimulation magnétique transcrânienne

EMG : électromyographie

Liste des figures

Figure 1 : les principales déficiences observées après PTG

Figure 2 : schéma de commande du modèle interne inverse (ou contrôleur)

Figure 3 : schéma de commande du modèle interne direct (ou prédictif)

Figure 4 : modèles internes adaptés à l'IM

Figure 5 : évolution de l'amplitude articulaire active de flexion du genou

Figure 6 : évolution de l'amplitude articulaire active d'extension (flexum) du genou

Figure 7 : évolution de la douleur du genou

Liste des tableaux

Tableau 1 : valeurs moyennes de la flexion du genou (P = passif)

Tableau 2 : valeurs moyennes de l'extension du genou (P = passif)

Tableau 3 : déficit de la force du quadriceps comparativement au côté controlatéral jusqu'à six mois après une PTG

Tableau 4 : description des critères PETTLEP

Tableau 5 : tableau présentant les principes d'application pour la TOA

Tableau 6 : tableau présentant la démarche de recherche bibliographie

Tableau 7 : critères PETTLEP adaptés au protocole

Tableau 8 : description de de la procédure d'application de la séance d'IM et de la TOA

Tableau 9 : caractéristiques cliniques des patients après randomisation

1. INTRODUCTION

L'arthrose est la pathologie articulaire la plus fréquente au monde et la seconde cause d'invalidité derrière les maladies cardiovasculaires. Concernant 30% de la population arthrosique, le genou est la 3^{ème} articulation la plus touchée derrière le rachis et les doigts. L'augmentation de l'espérance de vie et de l'obésité font de la gonarthrose un enjeu de santé publique car le vieillissement et la surcharge pondérale sont des facteurs de risques dans la survenue d'arthrose (1). Il existe à ce jour surtout des traitements symptomatiques de l'arthrose, visant à soulager la douleur (exemple : anti-inflammatoires, corticoïdes, acide hyaluronique). Ils doivent toujours être associés à des mesures non médicamenteuses (exemple : perte de poids, pratique d'une activité physique adaptée, utilisation d'aides techniques). Lorsque ces mesures ne sont plus efficaces, il peut être indispensable d'envisager une intervention chirurgicale avec la mise en place de prothèse articulaire. Le but de l'opération est la disparition de la douleur arthrosique, la récupération des mobilités de l'articulation et la reprise normale de la marche (1).

Les patients peuvent être amenés à suivre des séances de rééducation chez un kinésithérapeute qui a une place importante dans cette prise en charge postopératoire comme le souligne le rapport de la Haute Autorité de Santé (HAS) en 2008 (2) (masso-kinésithérapie après prothèse totale de genou (PTG)). Dans notre étude, nous nous intéressons à l'utilisation de deux techniques complémentaires pour essayer de potentialiser cette rééducation postopératoire. Les exercices de rééducation après la pose d'une PTG ont pour objectif d'améliorer la mobilité du genou pour que le patient puisse retrouver une autonomie fonctionnelle le plus rapidement possible. Cependant, la douleur et la baisse de force musculaire y font obstacle. L'utilisation de l'IM et la TOA pourraient aider les patients notamment au début de la rééducation. Ces deux techniques stimulent les structures cérébrales responsables du mouvement de manière partiellement similaire au mouvement réel sans toutefois mettre en jeu des contractions musculaires. En effet, l'IM correspond à la représentation mentale d'un mouvement sans l'exécuter physiquement dans le but d'améliorer l'exécution motrice. La TOA se définit, quant à elle, par l'observation d'actes moteurs ou de tâches effectuées par un tiers sans mouvement associé. Elles ont fait leur preuve dans les domaines du sport ou de la neurologie mais ne sont qu'à leurs débuts dans la rééducation orthopédique. La majorité des études les emploie séparément mais la tendance est de les combiner dans un programme de rééducation pour maximiser les effets sur le réseau neuronal.

Il semble de plus en plus important de se concentrer sur le début de la rééducation car l'économie de santé va vers une diminution de la durée de séjour des patients. En effet, la réhabilitation améliorée après chirurgie (RAAC) (appelés aussi *fast-track surgery* ou *enhanced recovery after surgery*) semble devenir un modèle d'avenir dans le domaine de la chirurgie en France (3). Son application offre des bénéfices sur les suites opératoires et raccourcit la durée du séjour hospitalier dans plusieurs domaines de la chirurgie (chirurgie digestive et orthopédique). Le retour du patient à son domicile sera de plus en plus précoce. Des protocoles incluant l'IM et la TOA pourraient être utilisés par le patient à son domicile pour s'auto-rééduquer. Leurs principaux intérêts résident dans le fait qu'elles présentent peu de risques et qu'elles sont facilement accessibles (faibles coûts, absence de matériel spécifique, peu de contre-indications). De plus, elles permettent de démarrer le processus de rééducation au début de la phase postopératoire, lorsque le patient ne peut pas effectuer une rééducation intense. Une fois maîtrisées, de courtes séances d'IM et de la TOA réalisées régulièrement pourraient améliorer les résultats de la rééducation.

L'objectif de notre étude est de montrer que la pratique de séance d'IM associée à la TOA en plus de séances de kinésithérapie classique permet de récupérer plus rapidement les amplitudes articulaires de flexion et extension du genou. Pour cela, nous étudions leurs effets, en centre de rééducation, chez des patients porteurs de PTG en post-opératoire secondaire.

Dans cette étude, nous détaillons un protocole de rééducation comprenant un groupe expérimental et un groupe contrôle. L'hypothèse la plus probable est une différence cliniquement significative mais pas statistiquement significative en faveur du groupe expérimental qui utilise l'IM et la TOA.

Pour notre recherche, nous nous sommes appuyés sur des études (annexe II) démontrant des effets positifs de ces deux techniques sur la rééducation orthopédique et celles conseillant de les utiliser ensemble plutôt que séparément (2,3).

Dans un premier temps, nous aborderons les aspects théoriques, en présentant les points essentiels à la compréhension de cette étude. Dans un second temps nous détaillerons le protocole expérimental avec les résultats obtenus. Puis nous évoquerons les limites et améliorations de l'étude dans une discussion.

2. CADRE THEORIQUE

2.1 Prothèse de genou

Selon une analyse de l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM), près de 90 000 prothèses totales de genou ont été posées ou révisées en France en 2013 soit une augmentation de plus de 33% par rapport à 2008 (4). Le taux de mise en place de prothèse de genou est en constante augmentation dans la plupart des pays (5).

La pose d'une prothèse de genou est envisagée principalement en cas d'arthrose (90% des cas) et dans une moindre mesure, dans les cas d'arthrite inflammatoire (polyarthrite rhumatoïde, spondylarthrite ankylosante), de pathologies tumorales et traumatiques. En effet, ces pathologies entraînent la destruction du cartilage qui provoque des douleurs et une gêne fonctionnelle ; le but premier d'une prothèse est de soulager la douleur et de récupérer une bonne mobilité du genou. La prothèse peut être partielle (uni-compartimentale ou fémoro-patellaire) ou totale en fonction de l'importance et de la localisation de l'arthrose. Dans ce travail, il ne sera question que des PTG.

2.1.1 Les types de PTG et leurs indications spécifiques

La PTG se compose de trois parties (6) : une pièce métallique ancrée dans le fémur remplaçant une partie de l'épiphyse, une pièce implantée sur la patella permettant le glissement dans la trochlée prothétique et une pièce métallique ancrée dans le tibia remplaçant une partie de l'épiphyse avec un plateau de polyéthylène de forme variable suivant la conservation ou la suppression des ligaments croisés.

Il existe deux grands types de PTG : les prothèses dites « à charnière » très contraintes qui représentent moins de 1% des poses et celles dites « à glissement » ou « standard », les plus utilisées aujourd'hui avec un degré de contrainte variable. Le choix est fait par le chirurgien en fonction de l'état ligamentaire et osseux (7). La qualité du résultat fonctionnel obtenu dépend de la qualité du geste chirurgical, de l'état articulaire initial (8) et de la bonne adaptation de la rééducation postopératoire (9).

2.1.1.1 PTG à glissement

Il y'a deux types de PTG à glissement :

- Prothèses dites « postéro-stabilisées » : la postéro-stabilisation peut être assurée au moyen d'un système « came/pivot » avec une came fémorale de forme variée (barre, 3e condyle, etc.) située en zone inter-condylienne du carter fémoral qui répond à un plot de l'insert tibial en polyéthylène lors de la flexion. Une cage de postéro-stabilisation plus ou moins volumineuse est nécessairement creusée en zone inter-condylienne du fémur (7).

- Prothèses à congruence augmentée : le dessin des plateaux tibiaux assure la congruence et donc la stabilité de l'arthroplastie (7).

Ces prothèses sont utilisées en primo-implantation et en reprise. Elles sont caractérisées par l'absence d'union fixe entre l'implant fémoral et l'implant tibial. La stabilité du genou est assurée par les formations ligamentaires et musculaires périphériques du patient.

En ce qui concerne les ligaments croisés, les différents modèles peuvent soit sacrifier les deux ligaments croisés (LCA et LCP), respecter le LCP et sacrifier le LCA ou conserver les deux ligaments croisés. Cette notion de respect ou sacrifice des ligaments croisés détermine des caractéristiques particulières de contrainte de la prothèse et donc de sous-groupe de PTG à glissement. La conservation du LCP nécessite une géométrie particulière de l'implant. Le respect du LCP diminue les contraintes prothétiques mais nécessite que ce ligament soit encore fonctionnellement efficace (7). Toutefois, sur la base des preuves actuelles (138), aucune recommandation ne peut être formulée quant à la nécessité de conserver ou de sacrifier le LCP.

Le maintien des deux ligaments croisés est possible. Ces prothèses sont les moins contraintes, néanmoins leur utilisation reste marginale du fait de la rareté des situations cliniques où la qualité fonctionnelle des ligaments croisés est conservée (7).

2.1.1.2 PTG à charnière

L'implant fémoral et l'implant tibial sont liés entre eux par un moyen d'union de type charnière palliant la déficience des formations ligamentaires périphériques du patient liées le plus souvent à une importante déformation axiale dans le plan frontal (valgus/varus). Cette charnière est à un degré de liberté (autorisant un mouvement de flexion/extension) ou à deux degrés de liberté (autorisant un mouvement de flexion/extension et de rotation axiale) (7).

2.1.2 Effets de l'immobilisation et du geste chirurgical

Une immobilisation et une inactivité après un traumatisme ou une intervention chirurgicale associée à une anesthésie peuvent entraîner de graves dysfonctionnements moteurs et cognitifs, en particulier chez les personnes âgées. L'immobilisation affecte non seulement négativement les paramètres cardiovasculaires et pulmonaires mais augmente également le risque de chutes, de troubles du mouvement ou encore une altération de la fonction motrice. Les patients sont inactifs en post-opératoire précoce en raison des douleurs et de leur capacité limitée à faire de l'exercice physique. Les déficiences motrices qui suivent de courtes périodes d'inactivité sont principalement dues à des changements survenant au niveau cortical plutôt qu'au niveau musculaire. En effet, l'étude de Bassolino et al. a montré une réduction significative de l'aire motrice corticale représentant le membre immobilisé (10). Le geste chirurgical porte notamment atteinte au muscle quadriceps entraînant des déficits fonctionnels (11).

L'IM et la TOA permettraient de commencer la rééducation plus rapidement diminuant ainsi les effets négatifs de l'inactivité et de l'immobilisation.

2.1.3 Critères d'admission en centre de rééducation

L'admission du patient en soins de suite et réadaptation (SSR) est décidée en postopératoire par le chirurgien, en fonction de critères psychosociaux et environnementaux (absence d'entourage à domicile, sentiment du patient de ne pas pouvoir réintégrer dans l'immédiat son domicile), cliniques, fonctionnels et médicaux (pathologies associées) (12).

Concernant les critères cliniques et fonctionnels, le patient peut regagner son domicile si les critères suivants sont présents :

- Douleur au repos inférieure à 5 (EVA), avec ou sans traitement.
- Secteur d'amplitude active du genou d'au moins 70° à 80°, patient allongé en décubitus dorsal (triple flexion sur plan de la table).

- Indépendance fonctionnelle : transferts au lit et au fauteuil (*time up and go* inférieur à 30 secondes), avec ou sans aide technique ; marche sur une distance minimum de 30 mètres, avec ou sans aide de marche ; montée et descente des marches d'escalier (selon les besoins du domicile).

2.1.4 Facteurs personnels influençant la rééducation après PTG

Ils sont divisés en facteurs généraux (ceux qui touchent la personne dans son entier) et facteurs locaux (ceux qui concernent le genou et son environnement) (13). Sur le plan général, nombreux sont ceux qui ont été étudiés : en particulier, l'âge, le genre, les comorbidités et l'obésité. Quelques études ont également été consacrées à l'influence des facteurs psychologiques et contextuels. C'est surtout la conjonction de ces différents facteurs qui influence la rééducation et le résultat fonctionnel. Localement, la mobilité et la force musculaire ont bénéficié de la plus grande attention. En particulier, la présence d'un flexum (> 10°) peut avoir des conséquences importantes sur le pronostic de récupération du patient. Ainsi sans renforcement prolongé, le déficit de force peut facilement atteindre 50-60% et perturber la récupération fonctionnelle du patient. Il ne faut pas non plus oublier les antécédents locaux et le membre controlatéral. C'est surtout la conjonction de ces différents facteurs qui influence la rééducation et le résultat fonctionnel (13).

2.1.5 Déficiences après la PTG

Il y a plusieurs déficiences après une PTG présentées dans la figure 1 ci-dessous. Pour notre étude, nous nous intéresserons notamment à la mobilité articulaire et à la force musculaire à 1 mois de l'opération.



Figure 1 : les principales déficiences observées après PTG (14)

2.1.5.1 PTG et mobilité articulaire

Nous observons dans les tableaux suivants l'évolution des amplitudes articulaires à différents mois après l'opération dans différentes études (15-18). L'amplitude active de flexion moyenne à 1 mois est de $96.9^\circ (\pm 14.13)$. L'extension active atteint une valeur moyenne de $5.67 (\pm 4.74)$.

Tableau 1 : valeurs moyennes de la flexion du genou (P = passif) (14)

	Préopératoire	1 mois	3 mois	6 mois	12 mois
Mizner <i>et al.</i> , 2005b	119±12	94±15	114±11	116±11	
Mizner <i>et al.</i> , 2011		100.6±14.4			122.5±9.2
Bade <i>et al.</i> , 2010		96.1±13.0	111.5±10.2	113.4±8.9	
		99.6±13.1 (P)	114.8±10.7 (P)	117.8±8.6 (P)	
Yoshida <i>et al.</i> , 2008			116.4±10.4		124.1±7.8

Tableau 2 : valeurs moyennes de l'extension du genou (P = passif) (14)

	Préopératoire	1 mois	3 mois	6 mois	12 mois	Sujets sains
Mizner <i>et al.</i> , 2005b	3±4	5±5	2±3	1±2		
Mizner <i>et al.</i> , 2011		5.6±4.1			0.55±2.7	
Bade <i>et al.</i> , 2010		6.4±5.1 3.8±4.9 (P)	2.3±4.1 -0.3±4.0 (P)	1.7±5.8 -0.3±6.7 (P)		-0.9±2.0 -3.7±2.9 (P)
Yoshida <i>et al.</i> , 2008			0.8±2.3		-1.2±2.2	-0.8±2.3

Pour obtenir un genou fonctionnel, il convient de retrouver une marche sans boiterie et sans douleur, une flexion d'au moins 110° (sauf pour les prothèses charnières), un verrouillage actif du quadriceps et une bonne vigilance du quadriceps et des ischio-jambiers médiaux et latéraux (19). Néanmoins, ce but n'est pas toujours atteint et la mobilité du genou reste parfois réduite au 1er mois postopératoire avec les techniques de physiothérapie classique, sachant que la plupart des patients arrêtent la rééducation après cette phase. C'est pour ces raisons que les masseurs-kinésithérapeutes (MK) doivent chercher à modifier leur programme de rééducation en ajoutant des nouvelles techniques pour maximiser la mobilité articulaire du genou prothétique durant la phase aiguë après une PTG.

L'amplitude à cibler pour l'extension est l'extension disponible en peropératoire. Pour la flexion, c'est plutôt l'amplitude préopératoire (20).

2.1.5.2 PTG et force musculaire

Les patients admis au centre de rééducation suite à la pose d'une PTG n'arrivent généralement pas à réaliser une extension active de la jambe dans 92% des cas. A dix jours de l'opération, seuls 55% des patients sont capables de faire une extension active du genou (21). Un mois après PTG, la force du quadriceps n'atteint que 50 à 60% du niveau préopératoire, bien que pratiquement tous les patients aient commencé la rééducation dans les 24 heures qui suivaient la chirurgie (17). L'évaluation de la force du quadriceps chez les patients porteurs d'une PTG est le plus souvent effectuée en contraction isométrique ou isocinétique.

Tableau 3 : déficit de la force du quadriceps comparativement au côté controlatéral jusqu'à six mois après une PTG (22)

TABLE 1		QUADRICEPS STRENGTH DEFICITS COMPARED TO UNINVOLVED SIDE UP TO 6 MONTHS FOLLOWING TOTAL KNEE ARTHROPLASTY				
Reference	Mean Age	Time	Test Mode	Involved (Nm)	Uninvolved (Nm)	Difference (%)*
Berman ^f (n = 68)	63	Preoperative	Isokinetic 60°/s	35.5	59.9	41
		3-6 mo postoperative		39.1	67.0	42
Lorentzen ^{cd} (n = 60)	74	Preoperative	Isokinetic 30°/s	57.0	67.0	15
		3 mo postoperative		55.0	78.0	29
		6 mo postoperative		67.0	79.0	15
		Preoperative	Isokinetic 120°/s	37.0	52.0	29
		3 mo postoperative		39.0	52.0	25
		6 mo postoperative		42.0	53.0	21
Rodgers ^{cd} (n = 20)	68	Preoperative	Isokinetic 60°/s	74.6	102.4	27
		1.5 mo postoperative		56.9	101.7	44
		3 mo postoperative		73.9	103.4	29
Lorentzen ^{cd} (n = 60)	74	Preoperative	Isometric 75°	66.0	87.0	24
		3 mo postoperative		55.0	92.0	40
		6 mo postoperative		65.0	92.0	29
Mizner ^{cd} (n = 40)	64	Preoperative	Isometric 75°	183.7	225.6	19
		1 mo postoperative		70.7	222.8	68
		2 mo postoperative		95.7	228.1	58
		3 mo postoperative		148.8	231.7	36
		6 mo postoperative		179.9	228.9	21

* Percent difference calculated: $[(uninvolved - TKA)/uninvolved] \times 100$.

Selon Mizner et al. (2005b) (15), la différence de force isométrique du quadriceps ipsilatéral, par rapport au côté controlatéral, est de 68% à un mois postopératoire. La diminution de la force du quadriceps au 1er mois postopératoire serait due essentiellement à un déficit d'activation neuromusculaire volontaire (faute de recrutement de toutes les unités motrices du muscle et/ou d'une faible fréquence de décharge) (23). Elle est aussi influencée dans un moindre degré par l'atrophie musculaire (24).

2.2 Neurones miroirs

2.2.1 Définition

Les neurones miroirs (NM) sont une classe de neurones, découverts à l'origine dans le cortex prémoteur des singes, qui se déchargent à la fois lorsque les individus effectuent un acte moteur donné et lorsqu'ils observent que d'autres exécutent le même acte moteur. De nombreuses preuves démontrent l'existence d'un réseau cortical possédant les propriétés des neurones miroirs (système miroir) chez l'homme. Le système de miroir humain est impliqué

dans la compréhension des actions des autres et de leurs intentions, et il est à la base des mécanismes d'apprentissage par observation (25). Toutefois, ils restent sélectifs, c'est-à-dire que chaque neurone ne répond qu'à un seul type d'action, mais ne répond pas à un autre geste (exemple : un neurone activé par l'extension du genou ne le sera pas par la flexion) (25).

2.2.2 Historique

Les NM sont considérés comme une découverte majeure en neurosciences. Si, pour certains chercheurs, ils constituent un élément central de la cognition sociale (depuis le langage jusqu'à l'art, en passant par les émotions et la compréhension d'autrui), pour d'autres, ces conclusions restent très hypothétiques quant au rôle de ces neurones dans ces processus psychologiques. Le rôle de ces neurones pour la cognition sociale humaine aurait ainsi été largement surévalué (26).

Les NM ont été décrits pour la première fois dans les années 1990 par un groupe de chercheurs de l'Université de Parme et localisés dans le cortex pré-moteur ventral (zone F5) des macaques. Dans cette région, deux types de neurones ont été identifiés : les neurones canoniques, qui répondent lors du mouvement de la main dirigé vers le but, et les neurones miroirs visio-moteurs, qui sont activés à la fois lorsque le singe effectue un geste moteur particulier dirigé vers un objet et quand cette action est vue sans l'exécuter. L'existence de NM chez l'Homme a été confirmée par des études réalisées avec la stimulation magnétique transcrânienne (SMT) et des techniques de neuro-imagerie non invasives démontrant la présence de classes de neurones compatibles avec celles observées chez le macaque. Chez l'Homme, des NM ont également été décrits dans la partie rostrale du lobule pariétal inférieur, dont les propriétés semblent être similaires à celles des neurones du cortex prémoteur. Ces deux zones sont connectées et forment un réseau qui fait partie du circuit fronto-pariétal qui organise les actions. Les NM des Humains jouent également un rôle important dans la compréhension des intentions d'autres actions. Les études d'IRM fonctionnelle (IRMf) ont en effet confirmé la même activation de NM lorsque l'intention du sujet est facilement compréhensible et lorsqu'elle est ambiguë (26).

2.2.3 Mode de fonctionnement

Chez des adultes en bonne santé, l'observation du comportement moteur des autres n'induit pas d'activité motrice manifeste chez l'observateur. Cependant, plusieurs études ont découvert une activation motrice subliminale associée à l'observation de l'action en utilisant les SMT sur le cortex moteur primaire, qui a également montré une forte congruence entre le comportement moteur et la puissance moteur évoquée. Nous constatons une augmentation des potentiels évoqués moteur chez l'observateur lors de l'enregistrement des mêmes muscles qui sont recrutés dans l'exécution du mouvement et avec le même temps d'activation. Ce phénomène se produit principalement au niveau cortical, comme le montrent les études utilisant les SMT (25).

Il existe deux conditions principales qui permettent la sollicitation des NM. La première est la présence des patterns moteurs déjà existants dans le cerveau. En effet, l'imitation d'un acte n'est possible que si l'individu possède ces patterns moteurs. Toutefois, certains patterns peuvent être préexistants et permettent d'activer les NM même en l'absence de l'expérience motrice vécue (25). Ceci est possible grâce à la plasticité cérébrale et les comportements innés. La deuxième est le degré d'habileté concernant l'acte réalisé. Plus un individu maîtrise une action, plus son système miroir s'active lorsqu'il l'observe chez quelqu'un d'autre d'où l'importance de la pratique. La familiarité visuelle n'est pas toujours suffisante. Il faut voir et agir. Prenons l'exemple d'une étude (27) sur deux groupes : danseurs classiques expérimentés et danseurs de capoeira expérimentés. Des vidéos représentant ces deux types de danses ont été montrées à des personnes témoins qui ne pratiquaient aucune de ces danses et à deux autres groupes de danseurs expérimentés.

Le point intéressant fut que les danseurs experts dans les deux danses eurent une activation neuronale supérieure à celle des personnes sans grande expérience de ces danses. Mais ce qui fut particulièrement intéressant est que ceux qui pratiquaient la danse classique réagirent plus au spectacle de danse classique que les danseurs de capoeira. Et inversement, pour les danseurs de capoeira devant un spectacle de capoeira.

2.2.4 Rôles

2.2.4.1 Intention

Le rôle principal des NM est d'entrer en relation avec l'autre, la capacité d'adopter son point de vue, de le comprendre. Au-delà de l'intention gestuelle, les NM nous rendent capables de discerner la pensée d'une action. Par exemple, si nous observons quelqu'un prendre un fruit dans une corbeille, la présence des NM permet de savoir, selon le contexte, si la personne saisit ce fruit pour le déplacer ou pour le manger (25).

2.2.4.2 Empathie

Les NM jouent un rôle important dans l'empathie, c'est-à-dire dans la capacité à percevoir et reconnaître les émotions d'autrui, notamment sur la base du fait qu'un système miroir semble exister pour les émotions. Par exemple, la partie antérieure du lobe de l'insula, est active aussi bien quand la personne éprouve du dégoût que lorsqu'elle voit quelqu'un exprimant du dégoût. Cela éclaire d'un jour nouveau le phénomène connu de contagion émotionnelle et les effets de masse. Le docteur Vilayanur S. Ramachandran les surnomme pour cette raison « neurones de Gandhi » (26).

2.2.4.3 Apprentissage

Pour Vilayanur Ramachandran (28), lors d'une conférence sur les neurones miroirs (29), la signification des neurones miroirs est la base de notre *culture* ou espèce : « *le développement rapide d'un nombre de compétences unique aux humains comme l'utilisation d'outils, la maîtrise du feu, d'abris et bien sûr, du langage, et la capacité de comprendre ce qu'il y a dans la tête de l'autre et d'interpréter les comportements de cette personne fut l'émergence soudaine d'un système de neurones miroirs sophistiqué, qui nous a permis d'émuler et d'imiter les actions d'autres personnes* ». L'imitation d'action est donc à la base de notre apprentissage. Nous pouvons prendre l'exemple des enfants. Ils répètent les mots, les gestes, les situations qu'ils ont vécues ; ils jouent et miment les scènes de la vie quotidienne. Ils apprennent, comprennent et apprivoisent progressivement le monde en rejouant ce qui se déroule autour d'eux. Le cortex moteur primaire humain affiche une activité en réponse à l'observation du mouvement et est capable de former des mémoires motrices participant à l'apprentissage moteur (30).

2.2.5 Lien avec les techniques de pratique mentale

Pour comprendre le lien que peuvent avoir les NM sur la rééducation et plus précisément sur la plasticité cérébrale, prenons l'exemple d'une étude qui a été réalisée chez des patients amputés congénitaux (27). Dans un premier temps, des gestes de préhension ont été montrés à deux patients amputés congénitaux et à deux personnes valides. Puis dans un second temps, les activations neuronales correspondant à l'exécution de gestes de préhension avec la bouche, le pied ou la main (ce dernier geste seulement pour les personnes valides) ont été comparées. Les chercheurs ont vu que l'activation du système pariéto-moteur est similaire chez les amputés congénitaux et les sujets normalement développés. Ces activations des neurones pendant l'observation des gestes de main sont les mêmes, chez les amputés, au cours des préhensions avec le pied ou avec la bouche mais sans l'utilisation de la main. Ce qui montre bien qu'ils sont capables d'observer, de réagir et de comprendre qu'il s'agit d'un geste de préhension dans tous les cas. D'autres études ont montré des résultats positifs sur la plasticité cérébrale sur des patients ayant eu un AVC, ce que nous détaillons dans la partie « thérapie par observation d'action ».

Comme nous l'avons vu, des études ont montré une réduction significative de l'aire motrice corticale pour un membre immobilisé. La TOA, basée sur l'activation des NM, pourrait donc avoir un effet positif sur le remaniement de ces aires corticales motrices.

2.3 Imagerie motrice

2.3.1 Définition

Scientifiquement, l'imagerie est considérée comme une activité psychologique consistant à évoquer les caractéristiques d'un objet, événement ou processus absent de notre champ perceptif actuel appartenant au passé, présent ou au futur.

L'IM n'est qu'un cas particulier de l'imagerie mentale. Cette dernière peut se définir comme la capacité de se représenter une action sans l'exécuter physiquement, alors que la pratique mentale par IM implique en rééducation motrice la répétition des actions mentalement

simulés afin d'en améliorer ultérieurement l'exécution physique (31,32). Elle représente un substitut efficace lorsque l'exécution réelle est déficiente ou impossible. D'autant plus qu'il est possible d'utiliser un caractère explicite (dans lequel les sujets sont amenés à imaginer un mouvement précis) mais également un caractère implicite (où les stratégies motrices d'imagerie motrice sont employées sans que le sujet en ait conscience) (33).

La particularité de l'IM, qui la rend intéressante pour les chercheurs impliqués dans l'apprentissage moteur et la rééducation, est la similitude neuronale avec le mouvement volontaire. De nombreux processus corticaux impliqués dans les contractions réelles le sont également dans l'IM.

L'IM peut être envisagée suivant deux modalités. Dans la modalité kinesthésique, le patient porte son attention sur les sensations musculo-articulaires ordinairement générées par l'exécution réelle. Lorsque le patient porte son attention sur les caractéristiques visuelles du mouvement dans l'environnement, il utilise la modalité visuelle.

L'IM a déjà montré son efficacité dans plusieurs domaines telle que la neurologie (34,35,80), le sport (36,136), la musique (140) et les brûlés (37). Dans l'annexe II, nous avons détaillé dans un tableau un résumé de certaines études concernant la traumatologie. Nous pouvons ainsi relever les différents effets de l'IM :

- Récupération d'amplitude articulaire (38-40).
- Modification du schéma moteur (41, 42).
- Acquisition d'un nouveau schéma moteur et leur maintien (43, 44).
- Diminution de la douleur (40, 45).
- Favoriser l'apprentissage (46, 47).
- Augmentation de la force (48-51).
- Maintien de l'excitabilité spinale (52, 53).
- Activation du système nerveux autonome (36).
- Améliorer la souplesse musculaire (54).

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'avoir une influence sur les capacités d'utilisation de l'imagerie motrice :

- Age (efficacité maximum entre 20 et 29 ans) (55, 56).
- Chronologie de la séance (à réaliser après la pratique de l'activité physique) (56).
- Moment de la journée (matin chez les seniors, l'après-midi chez les jeunes) (56).
- Activité physique (augmentation de l'efficacité avec la pratique physique) (101).

2.3.2 Similitudes neurophysiologiques

2.3.2.1 Structures cérébrales activées

L'utilisation des techniques d'imagerie cérébrale comme la tomographie par émission de positons (TEP) et l'IRMf ont permis de cartographier les activations cérébrales observées lors de l'imagerie et de les comparer avec celles impliquées dans la réalisation du mouvement réel (annexe I). Globalement, une grande partie des réseaux actifs pendant la simulation mentale sont également impliqués dans la préparation et la réalisation du geste, preuve de l'équivalence neurofonctionnelle entre les deux formes de pratique (33, 57-60). Certaines études montrent même que les activations pendant l'imagerie respectent l'organisation somatotopique du cortex sensori-moteur, puisque l'imagerie de mouvements impliquant différentes parties du corps activent les régions sélectivement dédiées à leur contrôle dans le cortex moteur primaire (59).

Bien qu'il existe une forte équivalence fonctionnelle entre simuler mentalement et exécuter un mouvement, l'intensité de l'activation des régions motrices est réduite durant l'imagerie (61). Elle ne serait que de 30%, par exemple, dans le cortex moteur primaire (62). La plasticité cérébrale observée au cours de l'apprentissage par imagerie reflète par ailleurs celle observée lors de l'apprentissage moteur (57).

La netteté et la précision des imageries motrices impliquent des régions différentes. La netteté des images motrices visuelles est associée au cortex orbitofrontal droit et est indépendante des processus se produisant dans les régions sensorimotrices, qui seraient responsables de la précision des images motrices visuelles (63).

2.3.2.2 Activité corticospinale

De nombreuses études en SMT ont été réalisées dans le domaine de l'IM. Elles convergent et montrent que l'imagerie facilite l'excitabilité cortico-spinale (64). Les études en SMT ont montré que l'augmentation des potentiels moteurs évoqués lors de l'IM était effective dans les effecteurs musculaires directement impliqués dans le mouvement imaginé. Les coordinations intermusculaires entre les muscles agonistes, antagonistes et synergiques du mouvement réel seraient préservées (65). Enfin, la facilitation corticospinale au cours de l'IM serait proportionnelle à l'intensité de l'activation musculaire, des variations liées au type de mouvement effectué (flexion ou abduction, par exemple) et à la position du segment (avant-bras en supination ou pronation) (66).

2.3.2.3 Activation du système musculaire

Bien qu'il existe des données contradictoires, plusieurs études ont enregistré une activité musculaire subliminale dans les muscles directement impliqués au cours du mouvement imaginé (67, 68). Les muscles antagonistes, synergiques et fixateurs du mouvement imaginé seraient également activés, dans une moindre mesure (69). Cette activité refléterait les caractéristiques de la commande motrice envoyée lors du mouvement réel, comme la nature ou l'intensité de la contraction musculaire.

2.3.3.4 Activation du système neurovégétative

Fondamentalement, trois catégories d'indices physiologiques permettent d'établir des corrélations entre l'exécution réelle d'une action et la simulation mentale.

La première concerne les réponses électro-dermales qui comprennent la résistance cutanée et le potentiel cutané. Ces indices montrent des variations, respectivement à court et long terme, bien corrélées avec l'activité mentale (70).

La deuxième concerne l'activité thermo-vasculaire qui comprend la température cutanée et le débit sanguin cutané (71). Au cours de la préparation motrice, les volumes sanguins sont redirigés vers les zones musculaires concernées par la réalisation des actions motrices et les territoires cutanés sont ainsi moins irrigués (72).

La troisième concerne l'activité cardio-respiratoire qui comprend les fréquences cardiaque et respiratoire (73). Dans une étude utilisant une tâche de locomotion sur tapis roulant réalisée à différentes vitesses, Decety, Jeannerod, Germain et Pastene (1991) (74) ont mis en évidence une corrélation entre les modifications de l'activité respiratoire observées en marche ou en course et la simulation mentale de ces mêmes actions motrices.

2.3.3 Apprentissages et modèles internes

Dans le cortex sensorimoteur, la plasticité cérébrale est dépendante de la visualisation, de l'imitation et de la répétition de l'action pour l'apprentissage moteur. La répétition mentale de l'action est basée sur la théorie de la simulation.

Jeannerod est à l'origine de la théorie de la simulation (75). D'après cette théorie, l'action commence par une phase invisible appelée phase d'anticipation. Dans celle-ci sont inclus le but de l'action, la signification de cette action et les conséquences de cette action sur l'organisme et le monde extérieur. L'exécution est la phase visible de cette action. L'anticipation et l'exécution se situent le long d'un continuum, les deux phases étant systématiquement et successivement présentes lors de la réalisation concrète d'une action. La théorie de la simulation postule que la phase d'anticipation (invisible) comporte tous les mécanismes d'une action faite, mais non exécutée (visible). De ce point vient la prédiction qu'il existe un principe de similitude structurelle, l'action simulée et l'action exécutée utilisant des structures neuronales similaires (75) en d'autres termes « imaginer faire, c'est déjà faire ». L'IM améliorerait l'efficacité du recrutement de l'engramme du mouvement (67) et module l'excitabilité corticospinale de manière spécifique en fonction du muscle, de sa contribution spatiale et temporelle au mouvement (76).

Les mécanismes de la simulation motrice et les bénéfices de la pratique en IM sont attribuables aux modèles internes (77). La théorie des modèles internes suggère que le système nerveux central prédit les états futurs du système sensorimoteur et les contrôle par l'utilisation de représentations simplifiées. Le cerveau modélise donc les interactions sensorielle et motrice, et leur interaction avec le monde physique. Ces modèles sont intériorisés par le cerveau et implémentés au sein de circuits neuronaux spécifiques. Les auteurs décrivent deux types de modèles internes : le modèle interne inverse (ou contrôleur) et le modèle interne direct (ou prédictif) (77).

Le modèle interne inverse calcule la commande musculaire adéquate à partir des conséquences sensorielles attendues ainsi que la vitesse et la position du segment corporel impliqué dans l'action.

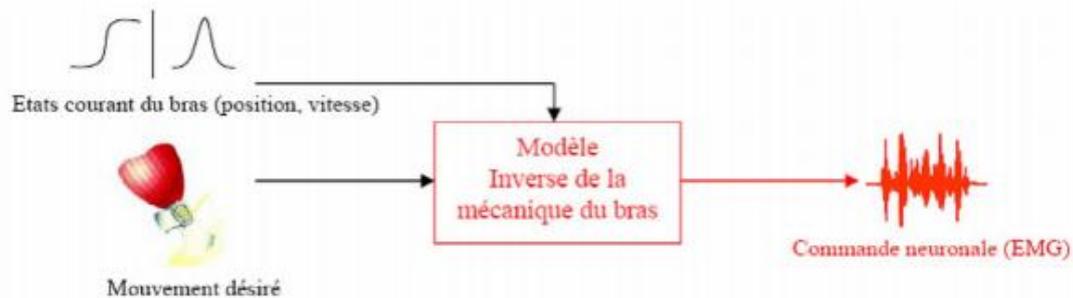


Figure 2 : schéma de commande du modèle interne inverse (ou contrôleur) (77)

Le modèle interne direct calcule les conséquences sensorielles attendues à partir de la commande neuronale, de la position et de la vitesse du segment corporel.

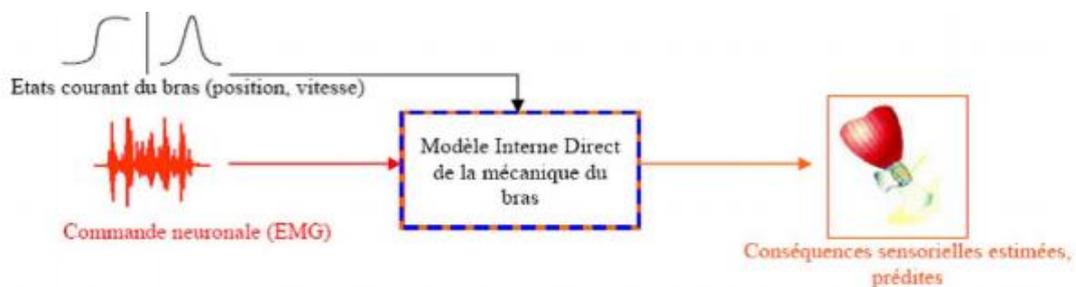


Figure 3 : schéma de commande du modèle interne direct (ou prédictif) (77)

2.3.3.3 Quel lien avec l'imagerie motrice ?

L'IM utiliserait les mêmes mécanismes de modèles internes que la production physique sans les retours sensoriels habituellement produits par le mouvement. Lors d'un mouvement, le modèle interne inverse (contrôleur) génère les commandes motrices calculées. Le modèle interne direct (prédictif) va anticiper l'état futur et les conséquences sensorimotrices attendues (77).

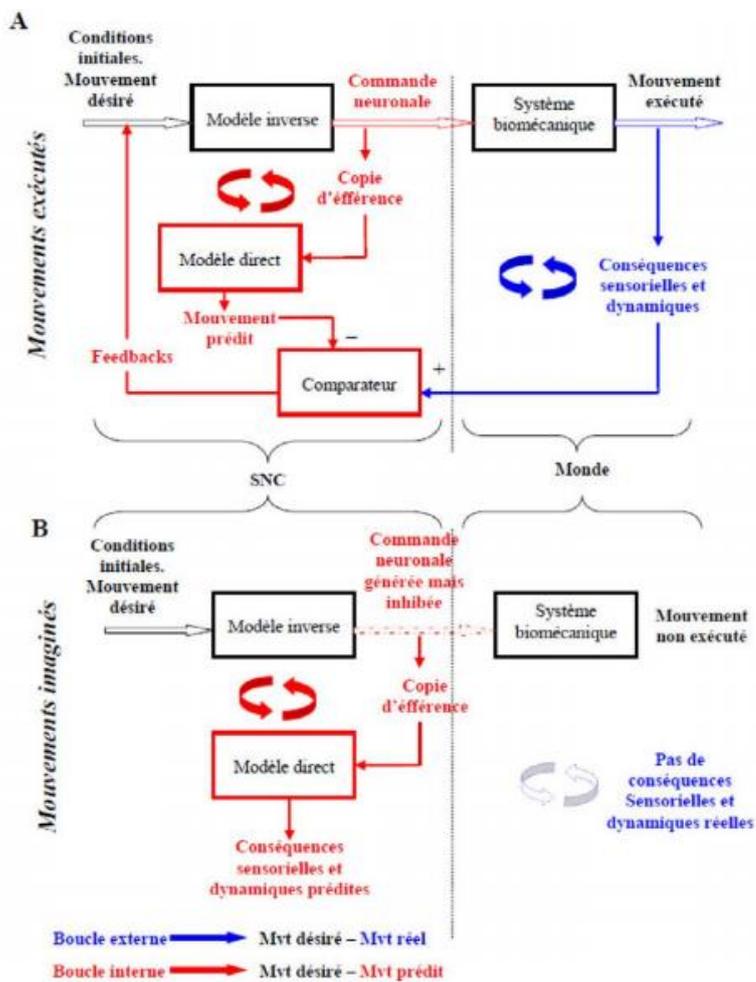


Figure 4 : modèles internes adaptés à l'IM (77)

2.3.4 Mesures des capacités d'imagerie motrice

La capacité d'imagerie est définie comme la capacité d'un individu à former des images vivantes et contrôlables et à les conserver suffisamment longtemps pour effectuer la répétition d'images souhaitée. Tout le monde a la capacité de générer une image, mais cela peut être différent en termes de vivacité, de contrôlabilité, de sensations kinesthésiques, de facilité et d'expérience émotionnelle. Nous n'avons pas tous la même capacité à faire de l'imagerie mentale, certains seraient de « bon imageurs » et d'autres de « mauvais imageurs », d'où

l'importance de l'évaluer. Compte tenu de sa nature abstraite et subjective, la capacité de générer des images de gestes simples ou de tâches motrices est difficile à évaluer directement. Elle doit se faire par des approches indirectes qui évalueront des dimensions spécifiques de l'IM : la rotation mentale pour la justesse des représentations motrices, la chronométrie mentale pour les caractéristiques temporelles des mouvements simulés et enfin les questionnaires pour la vivacité des représentations internes (45).

Il existe plusieurs questionnaires permettant de déterminer la capacité à utiliser l'IM. Nous ne décrivons que celui utilisé dans cette étude qui est le KVIQ (questionnaire d'imagerie visuelle et kinesthésique) (annexe V). Ce questionnaire fiable et valide permet d'évaluer la « vivacité des représentations internes de mouvements, c'est-à-dire la clarté des images ainsi que l'intensité des sensations ». Le patient évalue sur cinq points la clarté des images (sous-échelle visuelle V) ou l'intensité des sensations perçues (sous-échelle kinesthésique K) lors de mouvements simples imaginés à la première personne, en position assise (5 : grande qualité d'image ou de sensation) (78).

« La rotation mentale évalue la justesse des représentations motrices » par des tests de latéralité depuis une photographie illustrant des parties du corps humain dans diverses situations et positions. Le patient effectue un « exercice de simulation motrice interne reflétant sa capacité d'IM » (45).

L'isochronie entre l'IM et la pratique physique lors d'une tâche de steppage a conduit Malouin et al. à recommander le recours au Timed Dependent Motor Imagery (TDMI) pour déterminer les capacités d'imagerie des patients (annexe IV). Le TDMI est un test clinique rapide qui permet en moins de 5 minutes d'évaluer si le patient est capable de comprendre les instructions et de produire une image mentale motrice. Il consiste à imaginer un mouvement de steppage pendant 15 s, puis 25 s et enfin 45 s. L'objectif est de vérifier la progression du nombre de mouvements produits dans chaque cas. Si le patient réussit ce test, il est considéré comme capable de comprendre les instructions et de produire une image motrice, justifiant de ce fait sa participation à un programme d'IM. Le défaut de ce test est toutefois de ne pas permettre de s'assurer de la qualité des images motrices produites par le patient (79).

Il apparaît assez difficile pour le thérapeute d'analyser si le patient effectue la séance d'IM. Toutefois, plusieurs études montrent une action du système nerveux autonome avec une augmentation de la fréquence cardiaque notamment. La mesurer pourrait ainsi être une preuve de l'implication du patient dans l'exercice.

Une autre méthode serait de déterminer le temps que met le patient pour réaliser une image mentale. Le patient indiquerait par un signal le début et la fin du mouvement imaginé pendant que le thérapeute comptabilise le temps puis vérifie s'il est comparable au temps réalisé lors d'un mouvement réel.

2.3.5 Principes d'application

2.3.5.1 Etude de la littérature

Pour Braun et al. (80), il y a cinq étapes à réaliser avant qu'un patient réalise une séance d'imagerie motrice :

- Evaluer les capacités du patient à suivre un protocole d'IM. Pour cela nous utiliserons le KVIQ et le TDMI.
- Expliquer la nature du traitement proposé. Pour cela nous lui fournirons une page explicative de l'IM qu'il pourra conserver et relire à tout moment (annexe V). Il lui sera aussi enseigné les mouvements physiologiques de l'articulation du genou. Puis le patient pourra réaliser les différents mouvements physiologiques du genou sur le genou controlatéral pour ressentir les informations proprioceptives qu'il doit avoir pendant la séance d'IM.
- Enseigner la technique d'IM. Pour cela chaque patient aura à disposition un script avant chaque séance décrivant les consignes (annexe VIII).
- Incorporer le traitement dans la prise en charge
- Développer une flexibilité dans la capacité du patient à auto-gérer son traitement

En analysant les différentes études qui ont été réalisées en imagerie motrice (81) , nous pouvons noter les paramètres suivants pour une meilleure réalisation de l'IM :

- Réalisation de la pratique physique avant l'imagerie motrice.
- Préférer une pratique encadrée à une pratique libre.
- Commencer par de l'IMV et ensuite de l'IMK pour instaurer une progressivité.
- Durée du protocole : trois semaines.

- Nombre de séance : entre trois et cinq par semaine.
- Durée de la séance : vingt minutes.
- Nombre de mouvements par séance : trente-quatre.

Nous nous inspirons de ces paramètres pour la réalisation du protocole.

2.3.5.2 Critères PETTLEP

Pour améliorer l'efficacité des séances, en 2001, Holens et Coltes (82) ont défini un ensemble de sept critères (PETTLEP). Ils ont pour but de faciliter l'utilisation de l'IM par le patient et d'optimiser les effets de celle-ci sur le cortex (83). Appliquer ce modèle permet de plus facilement arriver à former une image mentale (84) et favorise sa netteté (85) mais aussi de favoriser l'augmentation de la force musculaire (86). Une étude récente (87) confirme l'intérêt de l'utilisation de ce modèle en précisant qu'il serait aussi efficace dans la médecine et la musique. Elle précise aussi que la TOA pourrait y être associé pour améliorer l'efficacité de l'IM.

Tableau 4 : description des critères PETTLEP

Physical (physique)	Le sujet qui imagine son action doit être dans les conditions et positions les plus proches de celles qu'il adopterait s'il exécutait réellement le mouvement. Le patient doit porter une tenue similaire à celle qu'il a quand il réalise le mouvement réel.
Environment (environnement)	L'environnement de la séance d'IM doit être adapté à la tâche à réaliser.
Task (tâche)	La tâche à réaliser doit être familière au patient et adaptée à son niveau d'expertise. Le patient peut imaginer la tâche à réaliser de différentes façons. Soit de manière statique en s'imaginant différentes positions du mouvement, soit de manière dynamique en visualisant la réalisation du mouvement. Le patient peut également se focaliser sur la force qu'il déploie pour réaliser son mouvement. Les différentes études ont privilégié des tâches centrées sur le contrôle du mouvement.

<p>Timing (temps)</p>	<p>La vitesse d'exécution du mouvement imaginé et du mouvement réel doit être identique (notion d'isochronicité).</p> <p>La simulation mentale doit-elle être exécutée avant, entre, ou après les séances physiques ou bien même simultanément ? La synthèse des différentes études montre que la place de l'IM est plus intéressante après la pratique physique.</p> <p>De plus, il semble souhaitable qu'elle soit ajoutée et non intégrée à la séance physique.</p>
<p>Learning (apprentissage)</p>	<p>Pour garder une équivalence fonctionnelle, le contenu des séances doit être revu et adapté régulièrement, en particulier si les séances sont couplées à des techniques ou lors de l'apprentissage d'une tâche. Cet élément détermine aussi les différentes caractéristiques des instructions communiquées au patient. Dans la plupart des études, celles-ci ont été données en direct, de manière orale, détaillée et standardisée. La séance était surveillée, mais non dirigée.</p> <p>Le contenu des séances peut évoluer en fonction de l'évolution du patient lors de sa rééducation.</p>
<p>Emotion (émotion)</p>	<p>Le patient doit être dans des conditions physiques et émotionnelles similaires à celles réunies lorsqu'il réalise le mouvement.</p>
<p>Perspective (perspective)</p>	<p>Deux perspectives d'IM sont possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'imagerie interne (ou à la première personne) où la personne s'imagine en train de réaliser l'action. - l'imagerie externe (ou à la troisième personne) où le sujet se place en tant qu'observateur et visualise le mouvement réalisé par un tiers. <p>De plus, il y est associé deux modalités différentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - modalité kinesthésique : le patient porte son attention sur les sensations musculo-articulaires ordinairement générées par l'exécution réelle. - modalités visuelle : le patient porte son attention sur les caractéristiques visuelles du mouvement dans l'environnement.

Prenons l'exemple d'un joueur de football qui voudrait améliorer son dribble. Il pourrait porter sa tenue de football, positionner la balle sous son pied et se tenir dans la bonne position (physique), tout en s'imaginant être sur le terrain ou dans le stade. Il imagine ainsi des dribbles dans une situation de match de compétition avec des adversaires (tâche) à son niveau de performance actuel (apprentissage) en temps réel (timing) et avec les émotions et sentiments qu'il ressentirait pendant la situation réelle (anxiété ou excitation par exemple).

2.4 Thérapie par observation d'action

2.4.1 Définition

La découverte que les NM participe à l'apprentissage moteur a permis de développer une nouvelle approche de réadaptation, appelée TOA au cours de laquelle il est demandé au patient d'observer attentivement les actions présentées dans un clip vidéo ou exécutées par un opérateur, pour essayer de les imiter après l'observation (88). L'objectif de la TOA, dans la réadaptation des personnes atteintes de lésions du système nerveux central, est de fournir un outil permettant de récupérer les réseaux cérébraux endommagés et de reconstituer la fonction motrice. Plusieurs études ont confirmé l'hypothèse selon laquelle l'imitation des gestes observés conduirait à une réorganisation du cortex moteur primaire, contribuant à la formation de la mémoire motrice de l'action observée, processus physiologique sous-tendant l'apprentissage moteur. Lorsqu'un patient est incapable d'effectuer des mouvements en raison d'une lésion neurale, d'une douleur ou d'une immobilité imposée, la TOA offre la possibilité d'activer des zones spécifiques du cortex cérébral, renforçant ainsi les réseaux corticaux intacts et facilitant l'activation des lésions endommagées.

Les chercheurs ont de nouveau commencé à s'intéresser à la TOA depuis la découverte des NM. En neurophysiologie, il est désormais bien admis que l'observation des actions effectuées par autrui active chez le récepteur les mêmes structures neuronales responsables de l'exécution de ces actions. Ainsi, tout en observant d'autres personnes effectuant des actions quotidiennes, les structures neuronales impliquées dans l'exécution de ces actions sont recrutées dans le cerveau de l'observateur comme si elles effectuaient effectivement l'action observée. C'est un moyen efficace d'apprendre ou d'améliorer les performances de cette compétence motrice spécifique. Dans l'annexe II, nous détaillons un

tableau portant sur le résumé des études utilisant la TOA comprenant des études sur son utilisation sur la PTG (89) et la rééducation en orthopédie (90).

Une différence clé entre la TOA et l'IM est leur origine externe et interne. La TOA implique le traitement sensoriel et la mise en harmonie avec l'action partiellement imprévisible, alors que ces processus ne sont pas définis par l'IM. La TOA inclut donc une gamme plus large de processus neurocognitifs que l'IM, notamment la reconnaissance d'action et la compréhension d'intention (91), la prédiction de l'action et l'action collaborative.

2.4.2 Similitudes neurophysiologiques

Nous allons résumer les différentes activations du cortex cérébral (annexe I) lors de l'observation d'action.

Premièrement, il doit y avoir une intégration de l'information visuelle, qui serait possible, entre autres, grâce au sulcus temporal supérieur et au cortex fronto-médial antérieur (92). Ces régions permettraient une analyse des caractéristiques visuelles de l'action (93). Lors de l'observation d'action, les neurones de la région du sulcus temporal supérieur fourniraient rapidement, aux neurones miroirs pariétaux, une description de l'action qui est en train d'être observée afin que ces derniers puissent y ajouter des informations somato-sensorielles. Cette information plus complexe, qui permettra une meilleure imitation du mouvement observé, serait envoyée au cortex frontal inférieur afin qu'il puisse coder le but de l'action qui sera à reproduire. Par la suite, l'observateur doit comprendre l'action qu'il observe. Les humains sont capables de comprendre les actions produites par un autre individu grâce à leur capacité de cartographier directement les représentations visuelles d'une action observée en une représentation motrice équivalente dans leur propre système moteur (94). Le réseau neuronal responsable de ces transformations visio-motrices serait le système des NM (95). La compréhension cognitive de l'action est donc possible grâce, en bonne partie, aux NM qui sont présents dans les régions motrices du cerveau (96). Cependant, l'importance de l'implication du système moteur, dans la compréhension de l'action, va dépendre de la raison pour laquelle la personne observe l'action. Si la personne ne fait que regarder des actions et n'a aucun objectif en lien avec ce qu'elle regarde, le système moteur va seulement fournir la description des aspects visibles des mouvements. Alors que si la personne veut comprendre ce qu'elle observe, l'activation du système des NM sera nécessaire afin que la personne perçoive les

composantes intrinsèques de l'action observée, sa signification ainsi que les liens entre les différents mouvements (94). De plus, le système des NM va fournir une «copie motrice» des actions observées, ce qui permettra, en partie, l'imitation de ces actions observées (97). Malgré la participation du cortex moteur, aucun mouvement n'est réalisé car il existe un mécanisme inhibiteur présent dans la moelle épinière qui permettrait d'empêcher l'exécution de l'action observée (98) lorsque la personne n'a pas comme but d'imiter l'action pendant son observation.

2.4.3 Principes d'application

Étant donné que la TOA est une nouvelle approche de rééducation à laquelle les chercheurs commencent à s'intéresser, les procédures d'application de cette thérapie varient d'une étude à l'autre. À ce jour, il n'y a donc pas de consensus sur les types d'individus qui pourraient bénéficier de cette approche de traitement, des doses ainsi que des principes optimaux qui devraient être appliqués lors de son utilisation. Cependant, en ajoutant les résultats d'études neurophysiologiques sur l'observation et l'imitation d'action à ceux des études sur l'efficacité de la TOA, il est possible de tracer certaines lignes directrices (99).

Tableau 5 : tableau présentant les principes d'application pour la TOA

Recommandations	Principes d'applications de la TOA
Mode d'application	L'application en temps réel serait plus efficace.
Perspective d'observation	Aucune perspective n'a encore été défini.
Ce qui doit être observé	Des activités exécutées par un acteur humain atteint de cette pathologie.
Ce qui ne doit pas être observé	Des formes ou des images statiques.
Types d'activités	Des activités significatives pour le patient qui font déjà partie de son répertoire moteur.
Mouvements	Congruents, non complexes, complets et sans but sous-jacent particulier.

Instructions pour l'observation	Les patients doivent être attentifs tout le long de la période d'observation sans se laisser distraire et avec comme but d'imiter.
Instructions pour l'exécution	Reproduire l'action observée et non une différente. Le but de la thérapie doit être clairement mentionné au patient : qualité de l'exécution versus mouvement spontané.
Moment de l'exécution	Le moment optimal où l'imitation devrait être faite n'est pas encore clairement défini.
Nombre de répétitions	Le nombre de répétition n'a pas encore été défini.
Progression	Actions simples vers plus complexes. Il est possible de segmenter la tâche en deux ou trois actions plus simples. Les activités devraient être présentées dans un ordre bien précis afin d'augmenter la complexité des tâches au fur et à mesure que le traitement avance.

2.4.4 TOA et IM

Traditionnellement, la TOA et l'IM ont été considérés comme des méthodes d'intervention indépendantes. Récemment, cependant, de plus en plus de preuves sont apparues suggérant une efficacité accrue lors de la combinaison de la TOA avec l'IM (100, 141).

Ainsi, combiné la TOA et l'IM, en conjonction avec la pratique physique, a été recommandé comme un outil potentiellement plus efficace pour praticiens en milieu d'apprentissage moteur et de rééducation (101). Une première preuve est que la combinaison TOA et l'IM produit une activité accrue dans les zones cérébrales motrices, comparé à IM ou la TOA seul (102). Il a été démontré que l'utilisation de la TOA chez des participants en bonne santé limitait la réduction de la surface du cerveau normalement induite par l'immobilisation (10). Ainsi, l'activation des systèmes visuomoteurs cérébraux au cours de la TOA semble suffisante pour contrecarrer la plasticité corticale négative induite par l'immobilisation. De même, il a été démontré que l'IM contrecarrait le ralentissement des processus sensorimoteurs induit par une immobilisation à court terme (103). La raison de l'efficacité de ces techniques de simulation mentale repose sur l'activation de zones du cerveau qui se chevauchent au cours d'une TOA, d'une IM et de l'exécution physique de la tâche motrice (32). Plus récemment, Wright et al.

(2014) (104) ont montré que les facilités de l'excitabilité corticospinale au cours de la combinaison de ces deux techniques était spécifique du muscle, c'est-à-dire présent uniquement pour le muscle impliqué dans la tâche.

Il existe des preuves que cette activité accrue pendant TOA et l'IM est supérieur à celui qui serait obtenu en additionnant simplement l'activité constatée lors des IM et de la TOA indépendants (105). Bien que la TOA et l'IM puisse présenter des avantages potentiels l'apprentissage et la réadaptation, les représentations d'action deviennent moins spécifiques chez les populations plus âgées, ce qui est associé à des réductions dans la synchronisation des mouvements et la précision des prédictions (106). De même, la capacité de l'IM diminue avec le vieillissement, en particulier pour des tâches et mouvement plus complexes, bien que le taux de ce déclin soit différent pour les composantes temporelles et spatiales de l'imagerie capacité (107). La TOA et l'IM peut donc servir pour pallier cette perte de spécificité et maximiser les effets sur les structures neuronales.

Toutefois les principes d'application de ces deux techniques ne sont pas encore bien décrits notamment sur la modalité visuelle ou kinesthésique à utiliser pour l'IM. Les futures études sont amenées à tester les deux pour connaître laquelle serait la plus adaptée (141).

3 MATERIEL ET METHODE

3.1 Recherches bibliographiques

Nous avons effectué les recherches bibliographiques sur les moteurs de recherches suivants : Google scholar, Pubmed, Cochrane, Science Direct, Kinésithérapie Scientifique, Researchgate, PEDro, Réédoc, Kinédoc. Plusieurs combinaisons de mots-clés ont été utilisé :

Tableau 6 : tableau présentant la démarche de recherche bibliographie

Population	Prothèse totale de genou (total knee arthroplasty, total knee prosthesis)
Application	Imagerie motrice (motor imagery) Thérapie par observation d'action (action observation therapy) Pratique (practice) Protocole (protocol) Rééducation (rehabilitation) Kinésithérapie (physiotherapy) Amplitude articulaire (range of motion) Force musculaire (muscular strength)
Type de document	Essai contrôlé randomisé (randomized controlled trial) Meta-analyse (meta-analysis) Revue de la littérature (literature review) Revue systématique (systematic review)

3.2 Population

Sept patients volontaires ont suivi un programme de réhabilitation pendant trois semaines dans le centre de rééducation fonctionnel de Quingey. Ces patients ont reçu une PTG pour gonarthrose et sont en phase de rééducation post-opératoire secondaire, c'est-à-dire qu'ils sont pris en charge à leur sortie d'hôpital ou clinique au minimum J+3.

En fonction du jour de leur admission au centre de rééducation, les patients sont répartis dans deux groupes :

- Groupe expérimental : IM + TOA associé à un traitement de kinésithérapie classique.
- Groupe contrôle seulement un traitement de masso-kinésithérapie classique.

Le choix du type d'IM (IMK ou IMV) est fait en fonction du résultat du questionnaire KVIQ. Ce choix est justifié par le fait que la prévalence de l'une sur l'autre dépend de l'âge et permet à chaque patient d'utiliser celle qui lui correspond le mieux pour en tirer un maximum de bénéfices. La combinaison de la TOA et l'IM permet de maximiser les effets sur le cerveau en activant un maximum de structures cérébrales.

La randomisation se fait par tirage au sort avec deux enveloppes opaques différentes : groupe expérimental et groupe témoin. Le mélange des enveloppes se fait devant le patient et en deux temps : nous les mélangeons puis le patient les mélange et tire une enveloppe.

Les critères d'inclusion sont :

- Homme ou femme venant de bénéficier d'une PTG suite à une gonarthrose.
- Agé de plus de dix-huit ans, comprenant le français et ayant signé un consentement écrit.
- Résultat au MMSE > 21.

Les critères d'exclusion sont :

- Complications post-opératoires éventuelles ayant une incidence sur la prise en charge en rééducation (thrombo-embolique, infectieuse, syndrome douloureux régional complexe, cicatricielle (retard de cicatrisation, infection, nécrose), orthopédique (instabilité patellaire, fracture fémorale ou tibiale, troubles de l'appareil extenseur, descellement, ostéolyse).

- Pathologie neuromusculaire entraînant des déficits de force musculaire, épuisement physique complet.
- Troubles cognitifs empêchant la compréhension des consignes, troubles visuels empêchant de voir un écran à moins de cinq mètres, troubles de la mémoire.
- Une alcoolo-dépendance, une toxicomanie.
- Troubles orthopédiques sévères limitant la fonction, amputation tibiale d'au moins un membre inférieur.
- Patients incapables de suivre les protocoles de mesure et de rééducation.

Deux tests sont effectués pour évaluer les capacités d'imagerie du patient :

- Le questionnaire KVIQ (annexe III) pour évaluer la modalité (visuelle ou kinesthésique) préférentielle du patient.
- Le TDMI (annexe IV) qui permet de déterminer l'isochronie entre l'IM et la pratique réelle lors d'une tâche de steppage. C'est un test clinique rapide qui consisté à imaginer un mouvement de steppage.

3.3 Matériel

Pour réaliser cette étude, nous avons utilisé les éléments suivants :

- Un inclinomètre à bulle pour la mesure des amplitudes articulaires.
- Une table de kiné réglable au niveau du dossier, des coussins, une chaise et une table pour l'installation du patient.
- Un ordinateur portable pour observer le clip vidéo.
- Une planche de 41 x 26 x 2 cm pour la réalisation du TDMI.
- Un oxymètre de pouls pour mesurer la fréquence cardiaque.
- Un chronomètre pour respecter les durées de contractions lors des exercices d'IM
- Des enveloppes pour l'assignation des patients aux différents groupes (randomisation).

3.4 Méthode

3.4.1 Critères PETTLEP adaptés au protocole

Nous utiliserons les sept critères PETTLEP permettant de faciliter la capacité d'imaginer pour le patient et ainsi optimiser les effets bénéfiques sur le cortex. Chaque point doit être adapté à la tâche à imaginer pour rendre la séance d'IM la plus efficace possible. Voici à quoi ils correspondent dans notre étude.

Tableau 7 : critères PETTLEP adaptés au protocole

Physical	Le patient réalise la séance assis sur une chaise ou sur son fauteuil roulant en face de l'écran d'ordinateur qu'il doit regarder. Le genou est positionné à 90° ou le cas échéant en position maximum tolérable de flexion en face de l'écran de l'ordinateur qu'il doit regarder.
Environment	Les séances d'IM sont réalisées dans une pièce calme et chauffée où le patient est seul pour faciliter sa concentration.
Task	Le sujet imagine réaliser les mouvements de flexion et d'extension du genou de manière dynamique et fluide (non saccadé).
Timing	Une isochronicité entre les mouvements réels et imaginés doit être conservée c'est-à-dire que les temps sont identiques. Suivre la vidéo avant de pratiquer l'IM permettra aux patients d'avoir des repères temporels sur les mouvements à réaliser.
Learning	Les instructions sont communiquées et expliquées oralement au patient lors de la première séance. Nous lui distribuons un script décrivant les consignes qu'il peut garder avec lui et relire autant de fois que nécessaire. Le contenu du protocole peut varier en fonction de la récupération d'amplitude du patient. S'il récupère totalement l'extension, nous nous concentrons sur la flexion du genou et inversement.
	Un temps d'échauffement est réalisé au préalable pour que le sujet ait les capacités suffisantes pour réaliser la séance d'IM.

Emotion	L'échauffement est réalisé soit par la séance de masso-kinésithérapie classique que le patient a réalisé au préalable ou si ce n'est pas le cas, il lui sera proposé des séries de contractions statiques et dynamiques des ischio-jambiers et du quadriceps (associé à une contraction des releveurs de la cheville pour maximiser l'effet (chaîne cinétique)).
Perspective	Le choix de la modalité (kinesthésique et visuelle) dépend du questionnaire KVIQ, ce qui permet à chaque patient d'avoir celle qui lui permet de tirer le maximum d'effets positifs de la séance d'IM. La perspective (interne ou externe) utilisée est celle que le patient préfère.

3.4.2 Critères de jugement

Le critère de jugement principal est l'amplitude articulaire active du genou (en flexion et extension). C'est un des facteurs les plus importants à rechercher dans la rééducation.

Le critère de jugement secondaire est la douleur. La littérature montre que bien que ce soit des mouvements imaginés, il peut exister des douleurs ressenties par le patient mais aussi que l'IM peut avoir un effet positif sur la diminution de la douleur.

3.4.3 Mesures

Les mesures d'amplitudes articulaires actives s'effectuent dans une pièce calme et chauffée sans gêne extérieure. Une inclinométrie du genou en flexion et extension est réalisée une fois par semaine, en fin de semaine pour les deux groupes. Elle se fait en décubitus (recommandations HAS (133)) en demandant au patient de réaliser une triple flexion du membre inférieur pour la mesure de flexion du genou et une extension pour la mesure de l'extension du genou. Toutefois, pour les personnes ayant un IMC élevé (>30), nous le ferons assis bord de table (139). Nous utilisons un inclinomètre à bulle qui est positionné sur la crête tibiale. Le principe de cet inclinomètre est le même que pour un niveau à bulle (qui indique, à l'aide d'un fluide, si la surface sur laquelle on le pose est bien horizontale ou pas), sauf que l'inclinomètre

possède en plus un cercle gradué permettant de connaître, en degrés, l'inclinaison du support par rapport à l'horizontale. Avec ce modèle, le niveau du liquide reste en permanence parallèle à l'horizontale et une flèche, perpendiculaire au niveau du fluide, indique donc la verticale. Nous effectuons au préalable la mise à zéro sur la face antérieure de la cuisse, c'est-à-dire, nous tournons le cadran externe de façon à ce que l'aiguille pointe le zéro. L'inclinomètre est ensuite plaqué sur la crête tibiale, sous la tubérosité tibiale antérieure. La mesure est réalisée en lecture directe lorsque la flexion ou l'extension maximale est atteinte.

Concernant la douleur, nous réalisons une EVA une fois par semaine, en fin de semaine pour les deux groupes. Nous en ferons aussi une pour le groupe expérimental après chaque séance et éventuellement pendant la séance si les patients expriment des douleurs. Ceci permettra d'adapter les exercices voire d'arrêter si la douleur est trop importante ($EVA > 6$).

La mesure de la fréquence cardiaque donne une idée sur l'implication ou non du patient. Elle est prise avec un oxymètre de pouls.

Nous réaliserons un questionnaire (échelle de Lickert allant de 0 (très difficile) à 5 (très facile)) (annexe VI) après chaque séance pour observer s'il y'a une évolution sur la facilité à ressentir les sensations pendant les séances d'IM et de la TOA.

3.4.4 Protocole

Dans ce protocole, nous combinons les techniques d'IM et de la TOA pour améliorer la vitesse de récupération des amplitudes articulaires au niveau du genou chez les patients porteurs d'une PTG. Le choix de combiner ces deux techniques se justifie notamment sur deux points.

Premièrement, comme nous l'avons déjà décrit, les structures cérébrales pendant la TOA et l'IM sont similaires à celles activées lors d'un mouvement réel. Toutefois, certaines le sont plus durant l'IM et d'autres plus pendant la TOA. Combiner ces deux techniques permet donc de maximiser les effets sur le réseau neuronal (104, 108). Deuxièmement, nous pouvons plus facilement contrôler l'isochronicité entre le mouvement réel et celui imaginé. En effet, le patient regarde dans un premier temps un modèle effectué les mouvements de flexion et extension du genou sur un clip vidéo avec des temps de contractions musculaires et de repos similaires à ce qu'il doit reproduire durant ces exercices d'IM.

Chaque kinésithérapeute prenant en charge le patient notera une fois par semaine si oui ou non, il a effectué les exercices (annexe IX) pour les trois semaines de prise en charge ainsi que la durée. Ce qui permettra d'analyser si cela a eu un rapport avec les résultats obtenus.

3.4.4.1 Séance d'IM et de TOA

La séance d'IM et de TOA est détaillée dans le tableau suivant. Elle se fera avant ou après la rééducation de kiné classique selon les contraintes de disponibilité du patient. Les patients travaillent un jour la flexion et le jour suivant l'extension. Bien qu'aucun mouvement ne soit réalisé pendant la TOA et l'IM, les patients ressentent une fatigue mentale (109). Il convient donc de respecter des temps de repos entre les séries et les exercices. Chaque patient a reçu un script décrivant les consignes qu'il doit respecter.

Tableau 8 : description de de la procédure d'application de la séance d'IM et de la TOA

Caractéristiques	Description
Type de patient	Patients porteurs d'une PTG (suite à une gonarthrose) en postopératoire secondaire, c'est-à-dire pris en charge en centre de rééducation à minimum J+3.
Supervision de la séance	Un étudiant en 4ème année de masso-kinésithérapie.
Types de tâches	Mouvements de flexion et extension du genou.
Perspectives et modalités	Selon les résultats du KVIQ.
Position des sujets lors de l'action observation	Assis (genou à 90° de flexion ou flexion maximum tolérable le cas échéant) sur une chaise ou dans leur fauteuil roulant en face de l'ordinateur portable.
Position des sujets lors de l'imagerie motrice	Assis (genou à 90° de flexion ou flexion maximum tolérable le cas échéant) sur une chaise ou dans leur fauteuil roulant avec les yeux ouverts ou fermés selon ce qui facilite leur concentration.
Durée des séances	Vingt-deux minutes maximums.

Fréquence séances	Trois fois par semaine.
Détails de la séance	<p>2 min : échauffement (si le patient n'a pas eu de séance de kinésithérapie au préalable)</p> <p>7 min : TOA (flexion OU extension du genou)</p> <p>2 min : récupération</p> <p>7 min : IM (flexion OU extension du genou)</p> <p>2 min : pratique réel (flexion OU extension du genou)</p> <p>2 min : remplir l'échelle de Lickert</p>
Mode d'application pour la TOA	<p>Un clip vidéo sur lequel une personne dans la même position que le patient effectue des mouvements de flexion et extension du genou maximal avec des temps de contractions similaires à ce que doit réaliser le patient lors de l'IM. Le temps de repos est légèrement diminué pour augmenter le nombre de mouvement qu'il observe. La latéralité du genou sera similaire à celui du patient c'est-à-dire que sur le clip vidéo le modèle réalisera le protocole avec son genou gauche si le patient a une PTG gauche et inversement.</p>
Instructions pour l'action observation (7 min)	<p>Regarder le modèle sur le clip vidéo réalisant les mouvements de flexion et extension du genou maximal. Le patient doit se concentrer sur ce qu'il ressentirait s'il effectuait les mouvements</p>
Instructions pour l'imagerie motrice (7 min)	<p>Réaliser un mouvement réel maximal puis dix mouvements imaginés maximaux, à répéter six fois.</p> <p>Les temps de contractions sont de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 seconde de concentrique - 1 seconde de statique - 1 seconde d'excentrique <p>La durée de l'exercice est de 35 secondes.</p> <p>Le temps de repos est de 45 secondes</p>
	<p>Réaliser dix mouvements réels maximaux, à répéter deux fois.</p> <p>Les temps de contractions sont de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 seconde de concentrique

Instructions pour la pratique réel (2 min)	<ul style="list-style-type: none"> - 1 seconde de statique - 1 seconde d'excentrique <p>La durée de l'exercice est de 35 secondes.</p> <p>Le temps de repos est de 45 secondes</p>
---	--

3.4.4.2 Consignes données au patient avant la séance d'IM et la TOA

Pour les patients utilisant l'IMK

« Vous allez réaliser une séance d'imagerie motrice combinée à la thérapie par l'observation d'action. Pour la thérapie par l'observation d'action, vous devez regarder la personne sur le clip vidéo qui effectue des mouvements maximaux de flexion ou d'extension de genou. Vous devez essayer de ressentir les sensations de mouvements et de contractions musculaires comme si c'était vous qui faisiez le mouvement. Vous alternerez la flexion et l'extension du genou une séance sur deux.

Pour l'imagerie motrice, vous devez imaginer des mouvements maximaux de flexion et extension du genou. Pour cela, vous allez vous focaliser et créer des sensations similaires que vous ressentiriez si vous faisiez réellement les mouvements (sensations de mouvement de l'articulation et sensation de contraction musculaire). Vous alternerez la flexion et l'extension du genou une séance sur deux. Il faut que vous vous imaginiez plier et tendre le genou au maximum autant que vous le pourriez si vous réalisiez le mouvement. La durée des mouvements sont les mêmes que lors des mouvements réels.

Réaliser 1 mouvement réel puis 10 mouvements imaginés. Il faut répéter cela 6 fois.

Les temps de contractions musculaires sont de :

- 1 seconde de concentrique = le temps que votre jambe met pour partir de la position de départ et arriver à sa position d'arrivée
- 1 seconde de statique = le temps que votre jambe doit tenir en position d'arrivée (position maximale)
- 1 seconde d'excentrique = le temps que votre jambe met pour partir de la position d'arrivée et arriver à la position de départ

La durée de l'exercice est de 35 secondes. Le temps de repos est de 45 secondes.

N'oubliez pas que même si la personne bouge dans le clip vidéo, vous ne devez effectuer aucun mouvement que ce soit pour l'action observation ou l'imagerie ».

Pour les patients utilisant l'IMV

« Vous allez réaliser une séance d'imagerie motrice combinée à la thérapie par observation d'action. Pour la thérapie par l'observation d'action, vous devez regarder la personne sur le clip vidéo qui effectue des mouvements maximaux de flexion et d'extension du genou. Vous devez essayer de ressentir les sensations de mouvements et de contractions musculaires comme si c'était vous qui faisiez le mouvement. Vous alternerez la flexion et l'extension du genou une séance sur deux.

Pour l'imagerie motrice, vous devez imaginer des mouvements maximaux de flexion et extension du genou. Pour cela, vous devez imaginer que vous observez un tiers en train d'effectuer les mouvements comme si vous étiez spectateur. Vous alternerez la flexion et l'extension du genou une séance sur deux. Il faut que vous vous imaginiez plier et tendre le genou au maximum autant que vous le pourriez si vous réalisiez le mouvement. La durée des mouvements sont les mêmes que lors des mouvements réels.

Réaliser 1 mouvement réel puis 10 mouvements imaginés. Il faut répéter cela 6 fois.

Les temps de contractions musculaires sont de :

- 1 seconde de concentrique = le temps que votre jambe met pour partir de la position de départ et arriver à sa position d'arrivée
- 1 seconde de statique = le temps que votre jambe doit tenir en position d'arrivée
- 1 seconde d'excentrique = le temps que votre jambe met pour partir de la position d'arrivée et arriver à la position de départ

La durée de l'exercice est de 35 secondes. Le temps de repos est de 45 secondes.

N'oubliez pas que même si la personne bouge dans le clip vidéo, vous ne devez effectuer aucun mouvement que ce soit pour l'action observation ou l'imagerie motrice ».

3.4.4.3 Exercices de kinésithérapie réalisés par le patient avant ou après la séance d'IM et de la TOA

Nous demandons aux MK qui prend en charge les patients du protocole de répondre à ce questionnaire à chaque fin de semaine pour évaluer le contenu des séances réalisées pour le patient et pour éventuellement identifier si cela pourrait avoir une influence dans les résultats. La durée est exprimée en pourcentage. Si le patient effectue trente minutes d'auto mobilisations sur une séance d'une heure, le MK indiquera 50%.

Massage : oui non durée :

Physiothérapie (électrostimulation antalgique, ultrason): oui non durée :

Cryothérapie : oui non durée :

Balnéothérapie : oui non durée :

Mobilisation passive du genou (manuelle, arthromoteur ou auto mobilisation) : oui non
durée :

Mobilisation active mécaniquement résistée : oui non durée :

Réveil musculaire et électrostimulation excitomotrice : oui non durée :

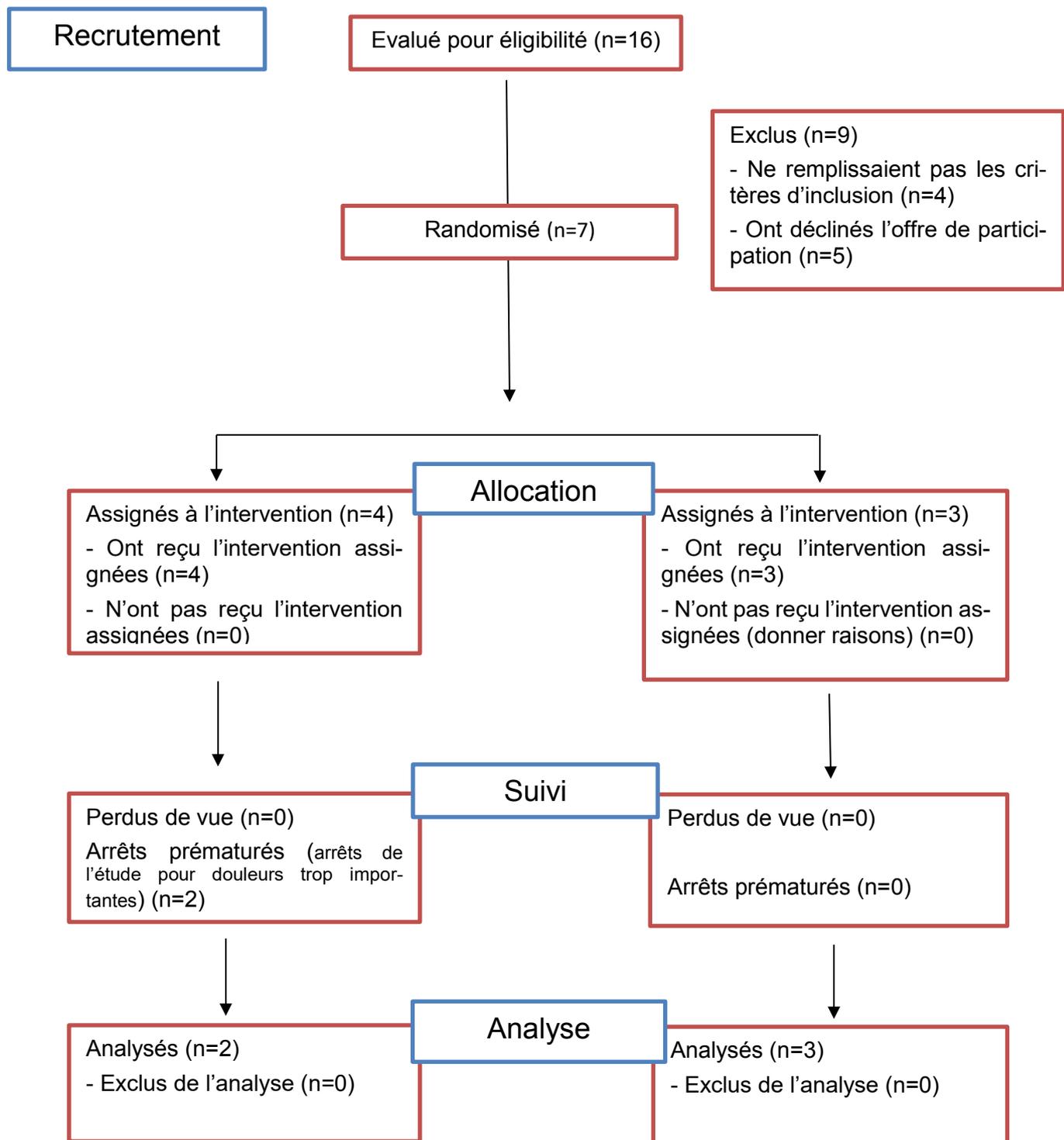
Reprogrammation proprioceptive : oui non durée :

Rééducation fonctionnelles (marche, transfert): oui non durée :

Autres : oui non durée :

4 RESULTATS

4.1 Diagramme de flux



4.2 Caractéristiques cliniques des patients après randomisation

Tableau 9 : caractéristiques cliniques des patients après randomisation

Caractéristiques	Population de l'étude	Groupe expérimental	Groupe contrôle
Âges (en années)	76.4 ± 2.5	74.5 ± 0.5	77.67 ± 2.50
Sex ratio (H/F)	1/5	0/3	1/3
IMC (en kg/m2)	28.82 ± 3.47	26.4 ± 3.03	30.50 ± 2.70
Temps depuis la mise en place de la PTG (en jours)	4.2 ± 1.17	4.5 ± 1.5	4 ± 0.82
Amplitude articulaire active du genou en flexion au départ	80 ± 24.70	92.5 ± 2.5	71.67 ± 29.0
Amplitude articulaire active du genou en extension ou flexum au départ	18 ± 2.45	17.5 ± 2.5	18.34 ± 2.36
Douleur	4.92 ± 0.58	5.5 ± 1.5	4.34 ± 0.47
Score KVIQ	-	IMK : 24.5 ± 1.5 (D) // 22.5 ± 1.5 (G) IMV : 25.5 ± 15.5 (D) // 25.5 ± 15.5 (G)	-
Score MMSE (.../30)	29 ± 1.10	29.5 ± 0.5	28.67 ± 1.25
Score <i>Exersice Confidence Survey</i> (.../50)	38.2 ± 8.03	42.5 ± 2.5	35.33 ± 9.10

Le score du KVIQ a été calculé pour le côté droit et gauche uniquement pour le groupe expérimental. Les scores aux questions 1, 2 et 6 concernant la flexion/extension de la tête, le haussement des épaules et la flexion antérieures du tronc ont été inclus pour le côté droit et gauche.

Le score de l'*Exersice Confidence Survey* est rapporté à 50 car les questions 1 et 7 tiennent compte de l'activité professionnelle des patients et dans notre étude tous les patients sont retraités.

4.3 Tests statistiques

Dans notre étude, nous cherchons à déterminer si l'IM associé à la TOA permet d'améliorer la vitesse de récupération d'amplitudes articulaires active du genou (flexion et extension) et diminuer la douleur. Nous calculons la moyenne de ces trois valeurs pour les analyses statistiques.

Notre effectif ($n=7$) étant trop faible pour suivre une loi normale, nous utilisons le test de Mann et Whitney, comparant ces variables quantitatives dans deux groupes différents.

Pour comparer le gain d'amplitude avant et après le protocole, nous ne pouvons pas utiliser le test des rangs signés de Wilcoxon car il faut un minimum de trois patients et notre étude en comporte que deux dans le groupe expérimental.

Nous considérons les valeurs de p (p représentant la puissance du test) inférieur ou égale à 0.05 comme étant significatives.

4.4 Amplitudes articulaires

A l'aide du test de Mann et Whitney, nous comparons le gain d'amplitudes articulaires entre le groupe expérimental et contrôle sur la première, deuxième et troisième semaine. Sur les figures 5 (flexion du genou) et 6 (flexum/extension du genou), nous retrouvons en ordonnées les amplitudes articulaires actives en degrés et en abscisses les semaines.

Nous concluons à un résultat non significatif pour chaque semaine que ce soit pour la flexion (avec respectivement $p=0.8$, $p=1$, $p=0.55$) ou le flexum/extension du genou (avec respectivement $p=1$, $p=0.8$, $p=0.37$).

Nous observons que les patients du groupe expérimental ont une flexion supérieure du genou à chaque semaine mais aussi un flexum plus important. Le gain d'amplitude totale en flexion est de 17.5° pour le groupe expérimental et 27° pour le groupe contrôle. Pour

l'extension, nous notons une augmentation du flexum de 5° pour le groupe expérimental et une récupération d'amplitude de 5° pour le groupe contrôle.

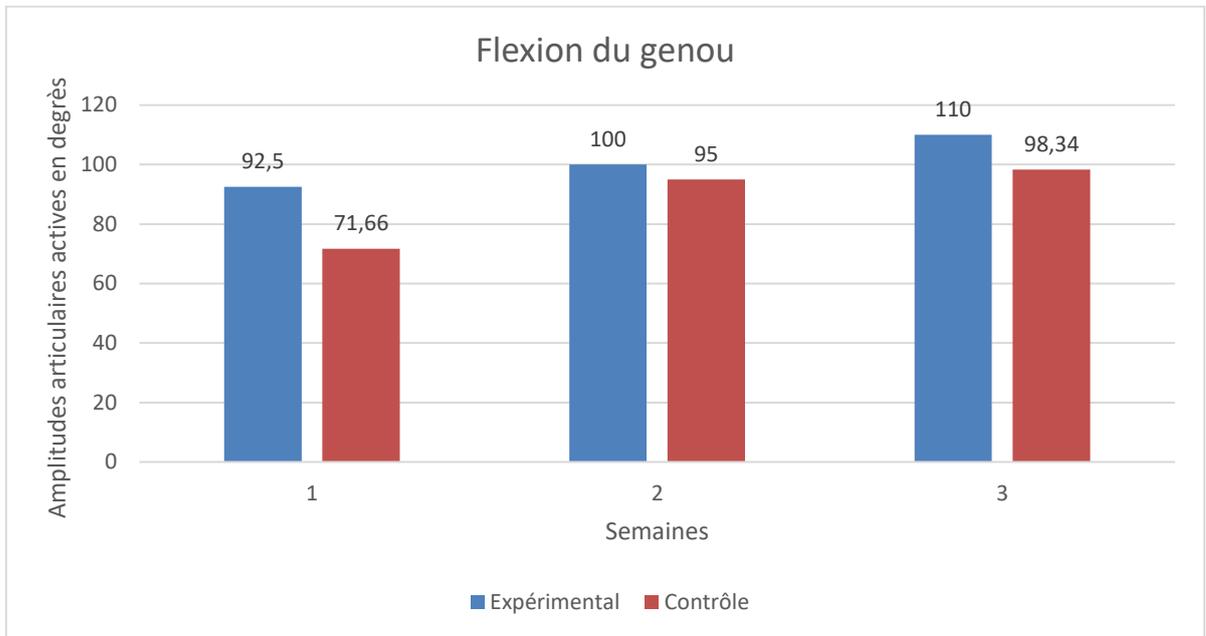


Figure 5 : Evolution de l'amplitude articulaire active de flexion du genou

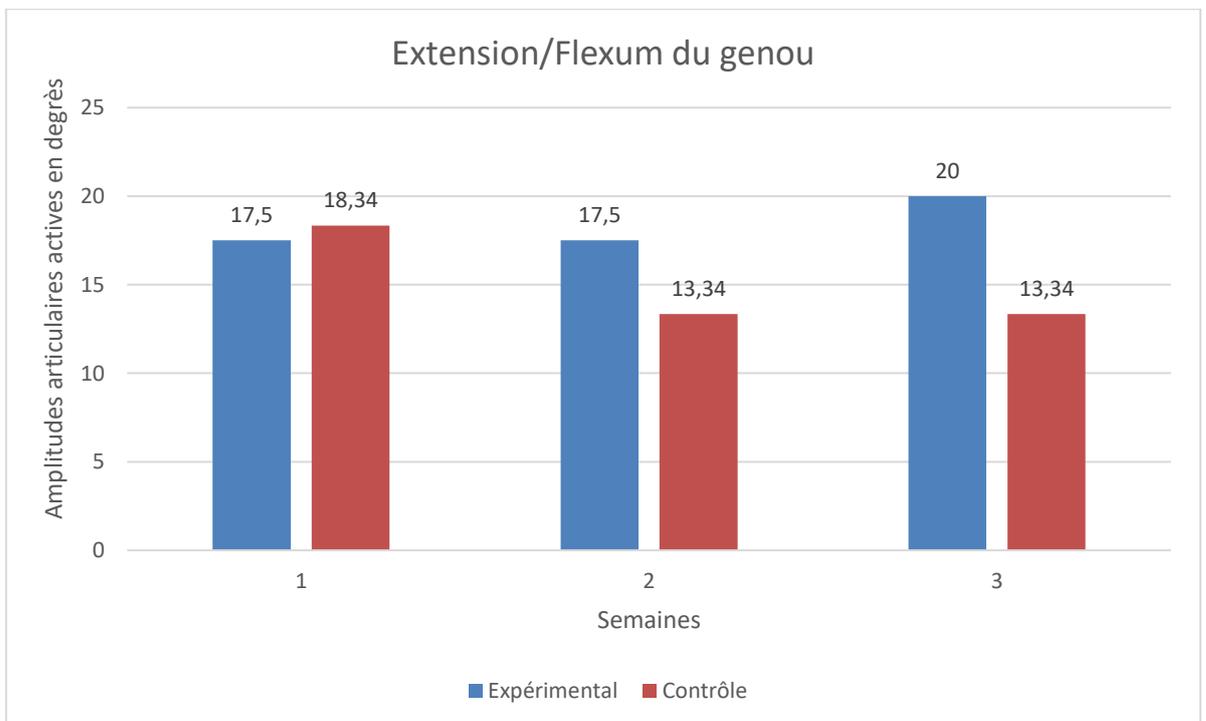


Figure 6 : Evolution de l'amplitude articulaire active d'extension (flexum) du genou

4.5 Douleur

A l'aide du test de Mann et Whitney, nous comparons l'évolution de la douleur entre le groupe expérimental et contrôle sur la première, deuxième et troisième semaine.

Sur la figure 7 (évolution de la douleur du genou), nous retrouvons en ordonnées la quantification de la douleur (échelle numérique sur 10) et en abscisses les semaines. Nous concluons à un résultat non significatif pour chaque semaine (avec respectivement $p=0.75$, $p=0.14$, $p=0.75$). Nous observons que les patients du groupe expérimental ont une douleur supérieure du genou à chaque semaine.

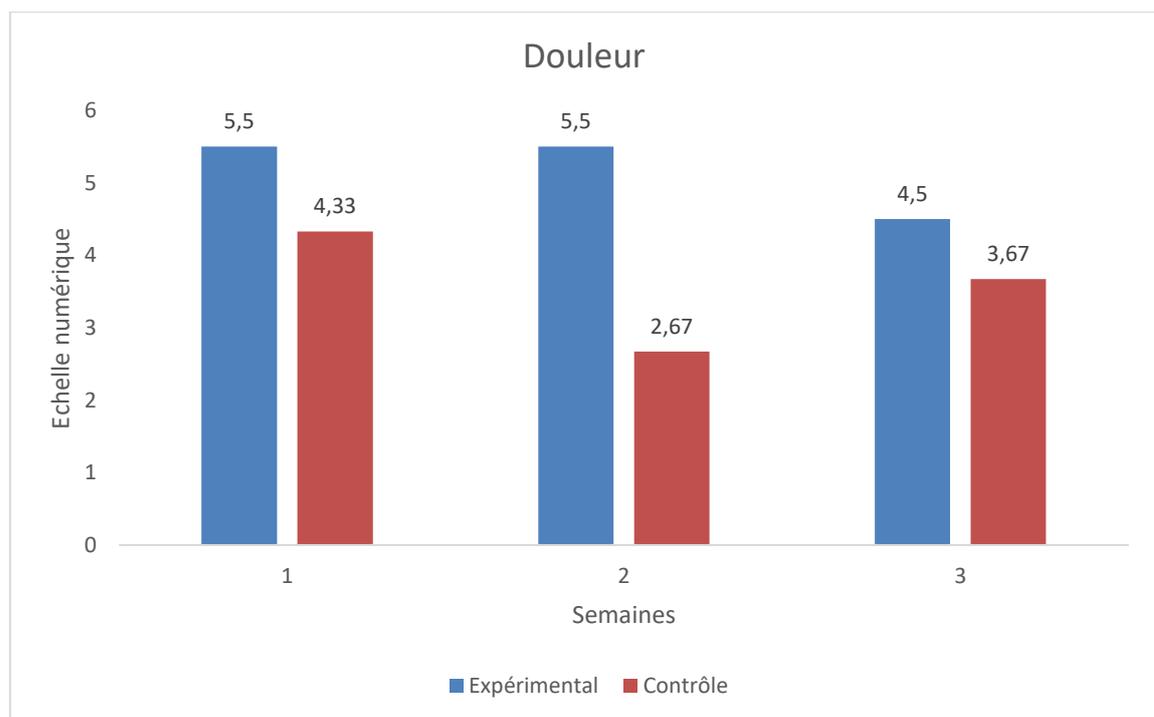


Figure 7 : évolution de la douleur du genou

5 DISCUSSION

5.1 Interprétation des résultats et comparaisons avec d'autres études

Dans cette étude, nous comparons la vitesse de récupération des amplitudes articulaires actives et la douleur du genou entre le groupe expérimental et le groupe contrôle chez des patients porteurs d'une PTG. Les résultats des tests statistiques étant non significatifs, notre étude ne permet pas de montrer l'influence de l'IM et la TOA. Toutefois, nous observons qu'à la fin de leur séjour de rééducation, les patients du groupe expérimental présentent une meilleure flexion du genou mais conservent un flexum plus important. La douleur reste plus importante dans le groupe expérimental.

Dans leur étude, Moukarzel M et al. (112) avait pour but de mesurer les résultats physiques et fonctionnels au cours de la récupération postopératoire aiguë chez vingt patients. Le groupe d'IM présente une diminution plus importante de la douleur et de la circonférence du genou, une légère augmentation de l'amplitude de mouvement et une augmentation de la force du quadriceps par rapport au groupe témoin. Ils concluent en évoquant l'intérêt d'associer l'IM à la rééducation classique pour promouvoir le réapprentissage moteur et la récupération fonctionnelle. Lebon et al. (117) ont trouvé des résultats similaires sur l'efficacité de l'intégration du MI dans un processus de rééducation en facilitant la récupération des propriétés musculaires suite à une déficience motrice. En effet, ils ont trouvé sur un groupe de douze patients que l'utilisation de l'IM provoquait une plus grande activation musculaire du quadriceps pour le groupe expérimental.

Après une opération, la douleur et le manque de force musculaire fait que les patients bougent moins. Nous avons émis l'hypothèse dans notre étude que l'IM et la TOA pourrait aider les patients pouvait aider au début de rééducation pour y pallier. Dans leur étude, Meugnot et al. (103) ont montré que le ralentissement des processus sensorimoteurs induit par 24 heures de privation sensorimotrice (en portant une attelle sur la main gauche) peut être neutralisé par l'utilisation de l'IMK, alors qu'aucun effet bénéfique n'apparaissait avec l'IMV. Sur un groupe de dix-huit hommes en bonne santé immobilisés au niveau de l'avant-bras pendant trois semaines pour simuler une fracture radiale distale, Frenkel MO et al. (44) ont démontré que la pratique mentale préservait l'extension dorsale et l'abduction ulnaire du

poignet. Le groupe contrôle sédentaire a montré, à cause de ces variables, une diminution significative après le retrait de l'immobilisation. Cependant, il n'y avait pas de changement significatif dans la flexion palmaire et l'abduction radiale dans les deux groupes.

Concernant la TOA, Villafane et al. (89) avait émis l'hypothèse que ce traitement auto-administré peut augmenter l'efficacité de la réadaptation des patients hospitalisés après une PTG. Tous les sujets ont reçu une physiothérapie conventionnelle et ont dû effectuer des exercices auto-administrés supplémentaires, expliqués dans une brochure informative écrite. Les sujets du groupe expérimental ont été invité à regarder une vidéo montrant une personne faisant de l'exercice alors que le groupe de contrôle visionnait une vidéo sur la nature. À la fin de la période d'intervention, l'augmentation des amplitudes actives dans le groupe expérimental était plus élevée que dans le groupe témoin, la différence entre les groupes était de 15,6 ° pour la flexion active et de 3.4 ° pour l'extension active.

Nous nous sommes intéressés sur deux études combinant la TOA et l'IM. La première concerne l'étude de Scott M et al. (136) qui ont comparé les gains de force des muscles ischio-jambiers. Au cours d'une intervention de trois semaines, des adultes en bonne santé ont imaginé des exercices pour les muscles ischio-jambiers synchronisés avec une démonstration de la même action (TOA et IM), ou ils ont simplement imaginé cette action (IM) ou imaginé des actions des membres supérieurs (groupe IM pur). Leurs résultats soulignent l'avantage des interventions combinées d'IM et de la TOA, au-delà du groupe IM pur, pour la prévention des blessures et la réadaptation des muscles ischio-jambiers. La deuxième étude est celle de Marusic U et al. (137) qui visait à déterminer si la de la TOA et l'IM de tâches locomotrices pouvait avoir une incidence positive sur les résultats de la rééducation chez vingt et un patients porteurs d'une prothèse totale de hanche. Deux mois après l'intervention, ils ont relevé une amélioration sur plusieurs paramètres de marche (*Time Up and Go test*, *Four Step Square Test*, réalisation d'exercices en double tâches pendant la marche,...). En revanche, aucun changement n'a été observé pour les paramètres de stabilité corporelle. Ils concluent en disant que dans l'ensemble, il est recommandé d'utiliser l'IM associée à la TOA pendant la rééducation, en particulier lorsque la pratique physique est limitée.

5.2 Limites de l'étude et amélioration

Cette étude présente plusieurs limites. Le faible effectif de notre population ne permet pas de généraliser nos résultats qui doivent être confirmés sur un effectif plus grand. Il peut s'avérer intéressant d'effectuer des tests permettant de déterminer le nombre de sujets nécessaire pour ce type d'étude. Il a été compliqué de rassembler une population suffisante pour l'étude. La population éligible était de seize personnes. Cet effectif a été réduit par le refus de cinq personnes jugeant leur participation trop contraignante et des patients qui ne remplissaient pas les critères d'inclusion notamment pour des durées de séjour inférieures à trois semaines ou des indications de PTG ne concernant pas l'arthrose. Deux personnes ont abandonné l'étude car c'était trop difficile de combiner avec leurs autres prises en charge (balnéothérapie, kinésithérapie) dans la journée. Pour améliorer ce point, nous pourrions essayer de mieux organiser le planning du patient avec les autres professionnels de santé en lui proposant de réaliser notre protocole à distance de ses autres prises en charge.

Pour éviter un biais de sélection, la randomisation des patients dans un des deux groupes a été déterminé par tirage au sort au fur et à mesure de l'entrée des patients au centre. Les groupes ne sont pas homogènes que ce soit pour le nombre, l'âge, le sexe et la quantité d'activités physiques pratiquées. Aucune étude ne semble montrée une influence du sexe sur les capacités à utiliser l'IM et la TOA. Toutefois, des études ont montré que les capacités à utiliser l'IM diminue avec l'âge et une faible pratique de l'activité physique. Nous aurions pu améliorer les critères d'inclusion en définissant une valeur seuil dans le KVIQ pour différencier les bons et mauvais imageurs. Et de la même façon définir une valeur seuil pour l'*Exercise Confidence Survey*. Homogénéiser les deux groupes aurait pu améliorer la qualité de notre étude.

Les patients, en dehors des séances d'IM et de TOA, étaient pris en charge par différents MK ayant chacun diverses techniques de rééducation. Nous détaillons le pourcentage des techniques dans l'annexe VIII suivant notre questionnaire distribué aux MK en fin de chaque semaine. Le faible nombre de sujets de notre étude ne permet pas de déterminer une éventuelle influence de telle ou telle technique, ce qui pourrait être réalisable sur un échantillon plus important. Pour améliorer ce questionnaire, nous pouvons demander aux MK de préciser quel type de mobilisation passive (automobilisation, arthromoteur de mobilisation passive continue, mobilisation manuelle) ils ont utilisé car elles sont réunies en une seule question sur ce questionnaire. En plus, les MK peuvent préciser le temps consacré à récupérer la flexion et le temps consacré à récupérer l'extension. L'idéal, si nous disposions

du temps nécessaire, ce serait de prendre en charge chaque patient du protocole pour diminuer ce biais.

Pour comparer l'effet d'un protocole, nous nous devons de le rendre le plus reproductible possible. Pour cela, il faut réaliser les séances et les mesures à des moments identiques pour chaque sujet. Cela a été compliqué pour diverses raisons. La première est que les patients suivent un programme de rééducation intégrant diverses prises en soins. Leur planning a ainsi évolué avec le déplacement ou l'ajout d'autres séances (kinésithérapie, ergothérapie, balnéothérapie,...). La deuxième concerne la non disponibilité du patient pour des rendez-vous personnels médicaux ou une incapacité à se rendre sur le plateau technique pour raison médicale (fatigue général, douleur trop importante,...). Nous disposons d'une pièce isolée pour les séances mais il est difficile d'obtenir un calme parfait sur un plateau technique (déplacements des patients, discussions dans les couloirs, fonctionnement de matériels bruyants (cryothérapie),...). Pour essayer d'y pallier, nous pourrions utiliser un casque audio avec une musique favorisant la concentration.

Nous nous sommes appuyés sur l'étude de Frenot et al. (139) pour la position lors des mesures des amplitudes articulaires du genou. Elle différencie deux positions suivant si l'indice IMC est supérieur (assis bord de table) ou inférieur à 30kg/m² (triple flexion en décubitus). Nous avons remarqué que cette variation de position peut influencer les résultats de notre étude notamment lors de la première prise de mesure lorsque la douleur est importante. En effet, si nous réalisons une mesure bord de table chez un patient ne présentant pas de déficit de mobilité passive mais active, il pourrait atteindre une amplitude de 90° de flexion de genou juste par l'action de la pesanteur et non par une contraction musculaire alors que si nous la réalisons en décubitus, cette amplitude pourrait être beaucoup plus faible car il n'y a plus l'aide de la pesanteur. L'inclinomètre est un outil de mesure fiable et reproductible (134, 135). Toutefois, nous avons constaté un facteur d'imprécision lors des mesures, c'est l'influence du volume de la cuisse. En effet lorsque nous utilisons l'inclinomètre, nous réalisons la mise à zéro sur le volume musculaire du sujet, contrairement au goniomètre qui se réfère à des repères osseux. Pour améliorer notre étude, nous pourrions donc utiliser ces deux positions suivant l'indice IMC mais en précisant la force musculaire des ischio-jambiers, quadriceps et fléchisseurs de hanche. Sinon nous pourrions ajouter comme critère inclusion : « patient avec un IMC supérieur ou égale à 30kg/m² » ou « patient avec un IMC inférieur à 30kg/m² » pour améliorer l'homogénéisation des groupes. Nous pourrions également améliorer la reproductibilité de la mesure en précisant la position de l'inclinomètre par rapport à la patella (c'est-à-dire à x cm du bord supérieur de la patella pour le positionnement sur le fémur et à x

cm de la pointe de la patella pour le positionnement sur le tibia). Pour terminer sur la prise de mesures articulaires, il pourrait être intéressant de connaître les amplitudes articulaires préopératoires car elles peuvent conditionner le potentiel de récupération pour un patient donné.

Une des limites des techniques de pratiques mentales est la difficulté à évaluer si le patient réalise correctement le protocole puisque nous n'avons aucun feedback visuel. Pour essayer de combler cela même si cela reste subjectif, nous avons réalisé une échelle de Likert (annexe IX) pour évaluer la facilité avec laquelle les patients ressentaient les sensations après avoir utilisé la TOA et l'IM. Les deux patients ayant réalisé le protocole ont eu un score moyen de 4 pour la TOA et 3.67 pour l'IM, ce qui semble correct pour la réalisation du protocole. Plusieurs études avaient mis en évidence une augmentation de la fréquence cardiaque corrélée avec la pratique de l'IM. Dans notre étude, nous n'avons pas mis en évidence des résultats similaires (annexe X). Ces deux paramètres ne permettent pas de s'assurer de la bonne réalisation du patient mais en donnent un aperçu.

Notre protocole n'a pas eu d'effets positifs sur la diminution de la douleur. Nous aurions pu améliorer ce résultat en se renseignant sur la prise médicamenteuse (en précisant la classe I, II ou III des antalgiques) pour chaque patient. Après chaque séance d'IM et de la TOA, nous avons demandé au patient de coter la douleur ressentie pour évaluer si cela a pu gêner leur performance. Les douleurs relevées (annexe X) sont entre 0 et 3, ce qui ne semble pas avoir gêné la réalisation de leur séance.

6 CONCLUSION

L'IM et la TOA sont des techniques utilisées par les MK en rééducation (AVC, parkinson,...) ou par les sportifs pour l'amélioration de leur performance, mais elles sont encore très peu utilisées en pratique thérapeutique en traumatologie suite à une chirurgie. Notre étude n'a pas permis de démontrer un effet positif de celles-ci pour les patients porteurs d'une PTG en centre de rééducation.

Toutefois comme nous l'avons évoqué dans la discussion, certaines études ont pu montrer un intérêt de les combiner à des prises en soins classiques. En effet, elles ne pourront pas remplacer ces dernières mais peuvent être utilisées en parallèle pour optimiser la rééducation classique. Un de leurs intérêts est que leur utilisation demande peu de matériel et qu'aucune contre indication absolue n'a été mise en évidence. Avec la RAAC, le temps de séjour pour les patients porteur d'une PTG va certainement diminuer à l'avenir. L'IM et la TOA pourraient faire partie d'un programme d'autotréducation une fois que le patient a rejoint son domicile comme le montre les études de Frenkel et al et de Marusic U et al. Leur utilisation en centre de rééducation pourrait être ciblée pour le début de la prise en charge la douleur limite souvent le mouvement ou encore pour les patients présentant des facteurs de risques associés (comorbidités associées,...).

Dans notre étude, nous avons choisi de combiner l'IM et la TOA car l'efficacité de chaque technique séparément a déjà démontré son efficacité. La littérature récente encourage à effectuer des recherches en les combinant car des études neurophysiologiques montrent que cela augmente les structures cérébrales activées. Toutefois, à notre connaissance, rien n'est prouvé sur la manière de les appliquer dans un protocole, faut-il les pratiquer en même temps ? ou utiliser une technique à la suite de l'autre ? Nous avons choisi la dernière configuration car nous pensions qu'utiliser les deux techniques en même temps semblait trop compliqué surtout sur une population vieillissante.

Les futures études devraient chercher à établir des modalités d'application en fonction des champs médicaux concernés (traumatologie, neurologie,...) voire de la pathologie traitée en homogénéisant au maximum les groupes. Un autre point intéressant serait d'apprendre au patient à autogérer le protocole pour qu'il puisse le réaliser seul.



BIBLIOGRAPHIE

1. Inserm. Arthrose [en ligne]. Disponible : <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/arthrose> [consulté le 28/03/2019].
2. HAS. Critères de suivi en rééducation et d'orientation en ambulatoire ou en SSR après PTG. 2008 [Consulté le 04/04/2019]. Disponible : https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_639103/fr/criteres-de-suivi-en-reeducation-et-d-orientation-en-ambulatoire-ou-en-soins-de-suite-ou-de-readaptation-apres-arthroplastie-totale-du-genou.
3. HAS. Programmes de récupération améliorée après chirurgie (RAAC). 2016. [Consulté le 25/03/2019]. Disponible : https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_1763416/fr/programmes-de-recuperation-amelioree-apres-chirurgie-raac. Eaves DL, et al. Motor Imagery during Action Observation: A Brief Review of Evidence, Theory and Future Research Opportunities. *Front Neurosci*. 2016 ; 21;10.
4. Colas S et al. Étude d'utilisation des prothèses articulaires de genou en France entre 2008 et 2013. *Rev D'Épidémiologie Santé Publique*. 2016 ; 1;64:S23.
5. Kurtz SM et al. International survey of primary and revision total knee replacement. *Int Orthop*. 2011 ; 35(12):1783–9.
6. HAS. Rapport d'évaluation des implants articulaires. 2012 [consulté le 23/03/2019]. Disponible : https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_639103/fr/criteres-de-suivi-en-reeducation-et-d-orientation-en-ambulatoire-ou-en-soins-de-suite-ou-de-readaptation-apres-arthroplastie-totale-du-genou.
7. HAS. Eléments concourants à la décision d'arthroplastie du genou. 2013 [consulté le 04/04/2019]. Disponible : https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_639103/fr/criteres-de-suivi-en-reeducation-et-d-orientation-en-ambulatoire-ou-en-soins-de-suite-ou-de-readaptation-apres-arthroplastie-totale-du-genou.
8. Bade MJ et al. Predicting functional performance and range of motion outcomes after total knee arthroplasty. *Am J Phys Med Rehabil*. 2014 ; 93(7):579–85.
9. Cherqaoui D et al. Qualité de vie et fonction après arthroplastie totale de genou. *J Réadapt Médicale Prat Form En Médecine Phys Réadapt*. 2012 ; 1;32(3):119–22.
10. Bassolino M et al. Training the motor cortex by observing the actions of others during immobilization. *Cereb Cortex N Y N 1991*. 2014 ; 24(12):3268–76.
11. Meier W et al. Total knee arthroplasty: muscle impairments, functional limitations, and recommended rehabilitation approaches. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008 ; 38(5):246–56.
12. HAS. Orientation après prothèse totale de genou série de critères de qualités. 2008 [consulté le 04/04/2019] . Disponible : https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_639103/fr/criteres-de-suivi-en-reeducation-et-d-orientation-en-ambulatoire-ou-en-soins-de-suite-ou-de-readaptation-apres-arthroplastie-totale-du-genou.

- 
13. Luthi F et al. Les douze points-clés de la rééducation après une prothèse totale de genou. *Rev Med Suisse*. 2012 ; 8. 2438-2444.
 14. Moukarzel M. Apports thérapeutiques de l'imagerie motrice lors des phases aiguë et chronique chez des sujets ayant subi une prothèse totale du genou primaire unilatérale. 2018. 207 pages. Thèse sciences et techniques des activités physiques et sportives. Université Claude Bernard Lyon.
 15. Mizner RL et al. Quadriceps strength and the time course of functional recovery after total knee arthroplasty. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005 ; 35(7):424-36.
 16. Mizner RL et al. Measuring functional improvement after total knee arthroplasty requires both performance-based and patient-report assessments : a longitudinal analysis of outcome. *J Arthroplasty*. 2011 ; 26(5):728-37.
 17. Bade MJ et al. Outcomes before and after total knee arthroplasty compared to healthy adults. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010 ; 40(9):559-67.
 18. Yoshida et al. Examining outcomes from total knee arthroplasty and the relationship between quadriceps strength and knee function over time. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2008 ; 23(3):320-8
 19. Cheyron C et al. Rééducation des patients opérés d'une prothèse de genou. EMC consulte. 2014.
 20. Mutsuzaki H et al. Target range of motion for rehabilitation after total knee arthroplasty. *J Rural Med JRM*. 2017 ; 12(1):33-7.
 21. Cheyron C. À propos de la prise en charge kinésithérapique de 102 prothèses totales de genou à l'Hôpital de la Croix-Saint-Simon. *Kinésithér Scient*. 2003 ; 432:5-12.
 22. Meier W et al. Total knee arthroplasty: muscle impairments, functional limitations, and recommended rehabilitation approaches. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008 ; 38(5):246-56.
 23. Kent-Braun JA et al. Quantitation of central activation failure during maximal voluntary contractions in humans. *Muscle Nerve*. 1996 ; 19(7):861-9.
 24. Petterson SC et al. Time course of quad strength, area, and activation after knee arthroplasty and strength training. *Med Sci Sports Exerc*. 2011 ; 43(2):225-31.
 25. Cattaneo L et al. The mirror neuron system. *Arch Neurol*. 2009 ; 66(5):557-60.
 26. Rizzolatti G et al. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci*. 2004 ; 27:169-92.
 27. Fogassi L. Les neurones miroirs. *Mot Cérébrale Réadapt Neurol Dév*. 2012 ; 1;33(4):143-8.
 28. Ramachandran V. Le cerveau fait de l'esprit - Enquête sur les neurones miroirs. Dunod; 2011. 400 pages. Quai des Sciences. ISBN-13 : 978-2100543939.

- 
29. Pecoul D. Institut Française d'EMDR. Conférence sur les neurones miroirs - IFEMDR [en ligne]. Institut Francais d'EMDR. 2016. Disponible : <https://www.ifemdr.fr/conference-sur-les-neurones-miroirs/>. [Consulté 19/03/2019]
 30. Stefan K et al. Formation of a motor memory by action observation. *J Neurosci Off J Soc Neurosci*. 2005 ; 12;25(41):9339–46.
 31. Decety J. The neurophysiological basis of motor imagery. *Behav Brain Res*. 1996 ; 77(1-2):45-52.
 32. Jeannerod M. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. 1994 ; Volume 17 issue 2, pages 187-202.
 33. Hanakawa T. Organizing motor imageries. *Neurosci Res*. 2016 ; 1;104:56–63.
 34. Sakurada T et al. Improved motor performance in patients with acute stroke using the optimal individual attentional strategy. *Sci Rep*. 2017 ; 17;7:40592.
 35. Zimmermann-Schlatter A et al. Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review. *J Neuroengineering Rehabil*. 2008 ; 14;5:8.
 36. Collet C et al. L'activité du système nerveux végétatif comme témoin de l'imagerie mentale chez les sportifs, de son rôle dans la performance et l'apprentissage. *Sci Sports*. 2000 ; 1;15(5):261–3.
 37. Guillot A et al. Effect of Motor Imagery in the Rehabilitation of Burn Patients. *J Burn Care Res Off Publ Am Burn Assoc*. 2009 ; 1;30:686–93.
 38. Guillot A et al. Does motor imagery enhance stretching and flexibility? *J Sports Sci*. 2010 ; 28(3):291–8.
 39. Vesper C et al. Our actions in my mind: Motor imagery of joint action. *Neuropsychologia*. 2014 ; 1;55:115–21.
 40. Yap BWD et al. The Effects of Motor Imagery on Pain and Range of Motion in Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review Using Meta-Analysis. *Clin J Pain*. 2019 ; 35(1):87–99.
 41. Munzert J et al. Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Res Rev*. 2009 ; 1;60(2):306–26.
 42. Guetemme G et al. Effets de l'imagerie motrice sur les représentations mentales du corps. *Kinesither Rev*. 2015 ; 1;15(158):34–5.
 43. Einsiedel T et al. Mental practice has influence on limitation of motion and muscle atrophy following immobilisation of the radiocarpal joint - a prospective randomised experimental study. *Z Orthopadie Unfallchirurgie*. 2011 ; 149(3):288–95.
 44. Frenkel MO et al. Mental practice maintains range of motion despite forearm immobilization: a pilot study in healthy persons. *J Rehabil Med*. 2014 Mar;46(3):225–32.
 45. Rulleau T et al. L'imagerie motrice en rééducation. *Kinesither Rev*. 2014 ; 1;14(148):51–4.

- 
46. Di Rienzo F et al. Online and Offline Performance Gains Following Motor Imagery Practice: A Comprehensive Review of Behavioral and Neuroimaging Studies. *Front Hum Neurosci.* 2016 ; 10: 315.
 47. Frank C et al. Mental representation and mental practice: experimental investigation on the functional links between motor memory and motor imagery. *PloS One.* 2014 ; 9(4):e95175.
 48. Lebon F et al. Benefits of Motor Imagery Training on Muscle Strength. *J Strength Cond Res.* 2010 ; 24(6):1680–1687.
 49. Paravlic AH et al. Effects and Dose–Response Relationships of Motor Imagery Practice on Strength Development in Healthy Adult Populations: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2018 ; 1;48(5):1165–87.
 50. Di Rienzo F et al. Short-term effects of integrated motor imagery practice on muscle activation and force performance. *Neuroscience.* 2015 ; 1;305:146–56.
 51. Lebon F. *Efficiency du travail mental sur le développement et le recouvrement des capacités motrices : force musculaire et imagerie motrice.* 2009. 244 pages. Doctorat mention sciences et techniques des activités physiques et sportives. Université Claude Bernard Lyon.
 52. Nakagawa K et al. Influence of motor imagery on spinal reflex excitability of multiple muscles. *Neurosci Lett.* 2018 ; 6;668:55–9.
 53. Grosprêtre S et al. New evidence of corticospinal network modulation induced by motor imagery. *J Neurophysiol.* 2016 ; 115(3):1279–88.
 54. Kanthack TFD et al. Neurophysiological insights on flexibility improvements through motor imagery. *Behav Brain Res.* 2017 ; 28;331:159–68.
 55. Mulder T et al. Motor imagery: the relation between age and imagery capacity. *Hum Mov Sci.* 2007 ; 26(2):203–11.
 56. Rulleau et al. Importance du moment de la journée et de l'âge sur une pratique en imagerie motrice. *Kinesither Rev.* 2017 ; Volume 17, issue 184, pages 90-91.
 57. Lacourse MG et al. Cerebral and cerebellar sensorimotor plasticity following motor imagery-based mental practice of a sequential movement. *J Rehabil Res Dev.* 2004 ; 41(4):505–24.
 58. Collet C et al. Aspects neurophysiologiques de l'imagerie motrice et applications en rééducation. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine.* 2011. 54; 1:133.
 59. Héту S et al. The neural network of motor imagery: an ALE meta-analysis. *Neurosci Bio-behav Rev.* 2013 ; 37(5):930–49.
 60. Collet C et al. Corrélats neurophysiologiques de l'imagerie motrice, Neurophysiological correlates of motor imagery. *Mov Sport Sci.* 2013 ; 8;(82):7–19.
 61. Lotze M et al. Motor Imagery. *J Physiol Paris.* 2006 ; 99(4–6):386–95.

- 
62. Porro CA et al. Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: a functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci Off J Soc Neurosci.* 1996 ; 1;16(23):7688–98.
 63. Mizuguchi N et al. Vividness and accuracy: Two independent aspects of motor imagery. *Neurosci Res.* 2018.
 64. Stinear CM. Corticospinal facilitation during motor imagery. In Oxford University Press ; 2010.
 65. Marconi B et al. Breakdown of inhibitory effects induced by foot motor imagery on hand motor area in lower-limb amputees. *Clin Neurophysiol Off J Int Fed Clin Neurophysiol.* 2007 ; 118(11):2468–78.
 66. Liang N et al. Effects of motor imagery are dependent on motor strategies. *Neuroreport.* 2007 6 ; 18(12):1241-5.
 67. Guillot A. The neurophysiological foundations of mental and motor imagery : Neurophysiological substrates of motor imagery ability. Oxford. 2010. 320 p (109-124). ISBN-13: 978-0199546251.
 68. Guillot A. Understanding the timing of motor imagery : recent findings and future directions : *International Review of Sport and Exercise Psychology.* 2012 ; 5:3-22.
 69. Guillot A et al. Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *Int J Psychophysiol Off J Int Organ Psychophysiol.* 2007 ; 66(1):18–27.
 70. Oishi K et al. Autonomic response specificity during motor imagery. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2000 ; 19(6):255–61.
 71. Marie C et al. Émersion et apprentissage moteur : manifestations neurovégétatives lors de l'adaptation à une perturbation. *Mov Sport Sci - Sci Mot.* 2018 ; (99):47–57.
 72. Collet C et al. Corrélats neurophysiologiques des processus mentaux enregistrés en situation réelle par micro-capteurs non invasifs. 2003 ; 18(2):74-85.
 73. Chalghf. Etude de la Simulation Mentale d'une Action Motrice sur le Rythme Cardiaque. Conference: 4ème Séminaire Maghrébin " Le Sport et les Nouvelles Tendances". 16-17 février 2006 à l'ISSEP du Kef., At Institut Supérieur de Sport et de l'Éducation physique du Kef, Tunisie. Disponible : https://www.researchgate.net/publication/296657435_Etude_de_la_Simulation_Mentale_d'une_Action_Motrice_sur_le_Rythme_Cardiaque. [Consulté le 23/03/2019].
 74. Decety J et al .Vegetative response during imagined movement is proportional to mental effort. *Behav Brain Res.* 1991 ; 31;42(1):1-5
 75. Jeannerod M. Neural simulation of action : a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage.* 2001 ; 14(1 Pt 2):S103-109.
 76. Stinear CM, Byblow WD, Steyvers M, Levin O, Swinnen SP. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Exp Brain Res.* 2006 ; 168(1–2):157–64.

- 
77. Lebon F et al. Modèles internes et imagerie motrice, Internal models and motor imagery. *Mov Sport Sci.* 2013 ; 8;(82):51–61.
 78. Malouin F et al. 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 JNPT.* 2007 ; 31(1):20–9.
 79. Malouin F et al. Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008 ; 89(2):311–9.
 80. Braun S et al. Using mental practice in stroke rehabilitation: a framework. *Clin Rehabil.* 2008 ; 22(7):579–91.
 81. Schuster C et al. Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Med.* 2011 ; 17;9:75.
 82. Holmes PS et al. The PETTLEP Approach to Motor Imagery: A Functional Equivalence Model for Sport Psychologists. *J Appl Sport Psychol.* 2001 ; 1;13(1):60–83.
 83. Wakefield C et al. Perfecting practice: Applying the PETTLEP model of motor imagery. *Journal of Sport Psychology in Action .* 2012 ; 3(1):1-11.
 84. Anuar N et al. Effects of Applying the PETTLEP Model on Vividness and Ease of Imaging Movement. *J Appl Sport Psychol.* 2016 ; 2;28(2):185–98.
 85. Anuar N et al. Comparing PETTLEP imagery against observation imagery on vividness and ease of movement imagery. *Int J Sport Exerc Psychol.* 2018 ; 4;16(2):150–63.
 86. Wright J et al. The effect of PETTLEP imagery on strength performance. *International Journal of Sport and Exercise Psychology .* 2009. 7(1):18-31.
 87. Collins D et al. The future for PETTLEP: a modern perspective on an effective and established tool. *Curr Opin Psychol.* 2017 ; 1;16:12–6.
 88. Buccino G. Action observation treatment: a novel tool in neurorehabilitation. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2014 ; 5;369(1644).
 89. Villafañe JH et al. Effects of action observation treatment in recovery after total knee replacement: a prospective clinical trial. *Clin Rehabil.* 2017 ; 31(3):361–8.
 90. Bellelli G et al. Action observation treatment improves recovery of postsurgical orthopedic patients: evidence for a top-down effect? *Arch Phys Med Rehabil.* 2010 ; 91(10):1489–94.
 91. Rizzolatti G et al. The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nat Rev Neurosci.* 2010 ; 11(4):264–74.
 92. Kilner JM et al. Action observation: inferring intentions without mirror neurons. *Curr Biol CB.* 2008 ; 8;18(1):R32-33.
 93. Liepelt R et al. How do we infer others' goals from non-stereotypic actions? The outcome of context-sensitive inferential processing in right inferior parietal and posterior temporal cortex. *NeuroImage.* 2008 ; 43(4):784–92.

- 
94. Molenberghs P et al. Activation patterns during action observation are modulated by context in mirror system areas. *NeuroImage*. 2012 ; 2;59(1):608–15.
 95. Rizzolatti G et al. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci*. 2001 ; 2(9):661–70.
 96. Rizzolatti G et al. The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nat Rev Neurosci*. 2010 ; 11(4):264–74.
 97. Rizzolatti G. The mirror neuron system and its function in humans. *Anat Embryol (Berl)*. 2005 ; 210(5–6):419–21.
 98. Baldissera F et al. Modulation of spinal excitability during observation of hand actions in humans. *Eur J Neurosci*. 2001 ; 13(1):190–4.
 99. Levesque A. La thérapie par observation d'action (TOA) chez la clientèle parkinsonienne : bases neurophysiologiques et lignes directrices pour l'application clinique. 2014; 189. Thèse de médecine. Université de Montréal.
 100. Vogt S et al. Multiple roles of motor imagery during action observation. *Front Hum Neurosci*. 2013 ; 25;7.
 101. Kawasaki T et al. Effectiveness of using an unskilled model in action observation combined with motor imagery training for early motor learning in elderly people: a preliminary study. *Somatosens Mot Res*. 2018 ; 2;35(3–4):204–11.
 102. Taube W et al. Non-physical practice improves task performance in an unstable, perturbed environment: motor imagery and observational balance training. *Front Hum Neurosci*. 2014 ; 4;8.
 103. Meugnot A et al. Motor imagery practice may compensate for the slowdown of sensorimotor processes induced by short-term upper-limb immobilization. *Psychol Res*. 2015 ; 79(3):489–99.
 104. Wright DJ et al. Combined action observation and imagery facilitates corticospinal excitability. *Front Hum Neurosci*. 2014 ; 8:951.
 105. Taube W et al. Brain activity during observation and motor imagery of different balance tasks: an fMRI study. *Cortex J Devoted Study Nerv Syst Behav*. 2015 ; 64:102–14.
 106. Diersch N et al. The timing and precision of action prediction in the aging brain. *Hum Brain Mapp*. 2016 ; 37(1):54–66.
 107. Kalicinski M et al. Motor Imagery: Effects of Age, Task Complexity, and Task Setting. *Exp Aging Res*. 2015 ; 1;41(1):25–38.
 108. Saimpont A et al. Assessing motor imagery ability in younger and older adults by combining measures of vividness, controllability and timing of motor imagery. *Brain Res*. 2015 ; 9;1597:196–209.
 109. Talukdar U et al. Motor imagery and mental fatigue: inter-relationship and EEG based estimation. *J Comput Neurosci*. 2018 ; 46(1):55-76.

- 
110. Hanakawa T et al. Motor planning, imagery, and execution in the distributed motor network: a time-course study with functional MRI. *Cereb Cortex* N Y N 1991. 2008 ; 18(12):2775–88.
 111. Hoyek N et al. The therapeutic role of motor imagery on the functional rehabilitation of a stage II shoulder impingement syndrome. 2014 ; 36(13):1113-9
 112. Moukarzel M et al. The therapeutic role of motor imagery during the acute phase after total knee arthroplasty: a pilot study. 2017 ; 41(8):926-933.
 113. Christakou A et al. The adjunctive role of imagery on the functional rehabilitation of a grade II ankle sprain. *Hum Mov Sci*. 2007 ; 26(1):141–54.
 114. Grangeon M et al. Rehabilitation of the Elbow Extension With Motor Imagery in a Patient With Quadriplegia After Tendon Transfer. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 ; 1;91(7):1143–6.
 115. Vanmairis J. L'imagerie motrice dans la rééducation de la marche des amputés trans-tibiaux d'origine vasculaire. *Kinesither Rev*. 2018 ; 1;18(194):2–12.
 116. Stenekes MW et al. Effects of motor imagery on hand function during immobilization after flexor tendon repair. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009 ; 90(4):553–9.
 117. Lebon F et al. Increased muscle activation following motor imagery during the rehabilitation of the anterior cruciate ligament. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2012 ; 37(1):45–51.
 118. Mayer J et al. Mental gait training -- effectiveness of a therapy method in the rehabilitation after hip-replacement. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2005 ; 143(4):419–23.
 119. Frenkel MO. Mentales Training in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik. 300 pages. Thèse doctorat en Psychology. Université Heidelberg.
 120. Buccino G et al. Action observation treatment improves autonomy in daily activities in Parkinson's disease patients: results from a pilot study. *Mov Disord Off J Mov Disord Soc*. 2011 ; 15;26(10):1963–4.
 121. Jaywant A et al. Impaired Perception of Biological Motion in Parkinson's Disease. *Neuropsychology*. 2016 ; 30(6):720-30.
 122. Santamato A et al. Postural and Balance Disorders in Patients with Parkinson's Disease: A Prospective Open-Label Feasibility Study with Two Months of Action Observation. *Parkinsons Dis*. 2015 ; 2015:902738.
 123. Pelosin E. Action observation improves freezing of gait in patients with Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010 ; 24(8):746-52.
 124. Agosta F, Gatti R, Sarasso E, Volonté MA, Canu E, Meani A, et al. Brain plasticity in Parkinson's disease with freezing of gait induced by action observation training. *J Neurol*. 2017 ; 264(1):88–101.

- 
125. Villafañe JH et al. Effects of Action Observation Therapy in Patients Recovering From Total Hip Arthroplasty Arthroplasty: A Prospective Clinical Trial. *J Chiropr Med.* 2016 ; 15(4):229–34.
 126. Park SD et al. The effect of action observation training on knee joint function and gait ability in total knee replacement patients. *J Exerc Rehabil.* 2014 ; 30;10(3):168–71.
 127. Bang D-H et al. The effects of action observational training on walking ability in chronic stroke patients : a double-blind randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2013 ; 27(12):1118–25.
 128. Kim J-H et al. Action observation training for functional activities after stroke: a pilot randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation.* 2013 ; 33(4):565–74.
 129. Park H-J et al. Action observation training of community ambulation for improving walking ability of patients with post-stroke hemiparesis: a randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil.* 2017 ; 31(8):1078–86.
 130. Park EC et al. The effects of action observation gait training on the static balance and walking ability of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2015 ; 27(2):341–4.
 131. HAS. Mini-Mental State Examination dans sa version consensuelle établie par le groupe de recherche et d'évaluation des outils cognitifs (GRECO). 2012. Disponible : <https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-04/mmse>. [Consulté le 29/03/2019].
 132. Eeckhout C et al. Auto-efficacité perçue pour la pratique d'une activité physique: Adaptation et validation francophone du Exercise Confidence Survey. / Perceived self-efficacy for practicing physical activity: Adaptation and validation of the French Exercise Confidence Survey. *Can J Behav Sci Can Sci Comport.* 2012 ; 1;44:77–82.
 133. Cuenca-Martínez F et al. Combining motor imagery with action observation training does not lead to a greater autonomic nervous system response than motor imagery alone during simple and functional movements: a randomized controlled trial. *PeerJ.* 2018 ; 6;6.
 134. Clapis PA. Reliability of inclinometer and goniometric measurements of hip extension flexibility using the modified Thomas test. *Physiother Theory Pract.* 2008 ; 24(2):135-41. doi: 10.1080/09593980701378256.
 135. Jun G San Juan. Concurrent validity of digital inclinometer and universal goniometer in assessing passive hip mobility in healthy subjects. *Int J Sports Phys Ther.* 2013 ; 8(5): 680–688.
 136. Scott M et al. Motor imagery during action observation increases eccentric hamstring force: an acute non-physical intervention. *Disabil Rehabil.* 2018 ; 40(12):1443-1451
 137. Marusic U et al. Motor Imagery during Action Observation of Locomotor Tasks Improves Rehabilitation Outcome in Older Adults after Total Hip Arthroplasty. *Neural Plasticity* Volume. 2018 ; 19;2018:5651391

- 
138. Verra WC et al. Conservation ou sacrifice du ligament croisé postérieur lors d'arthroplastie totale du genou pour le traitement de l'arthrose. Musculoskeletal Groupe cochrane. 2013.
 139. Frenot C et al. Flexion du genou après arthroplastie totale, comparaison de deux positions de goniométrie. Kinesither Rev. 2013 ; 13(133):32–37
 140. Brown RM et al. Auditory and motor imagery modulate learning in music performance. Front Hum Neurosci. 2013 ; 1;7:320.
 141. Eaves DL, et al. Motor Imagery during Action Observation: A Brief Review of Evidence, Theory and Future Research Opportunities. Front Neurosci. 2016 ; 21;10.

Annexes

Annexe I : aires cérébrales activées pendant la TOA et l'IM

Annexe II : résumé des études utilisant l'IM en traumatologie et des études utilisant la TOA

Annexe III : description du KVIQ

Annexe IV : description du TDMI

Annexe V : fiche explicative de l'IM et la TOA au patient

Annexe VI : adaptation et la validation francophone de l'*Exercise Confidence Survey*

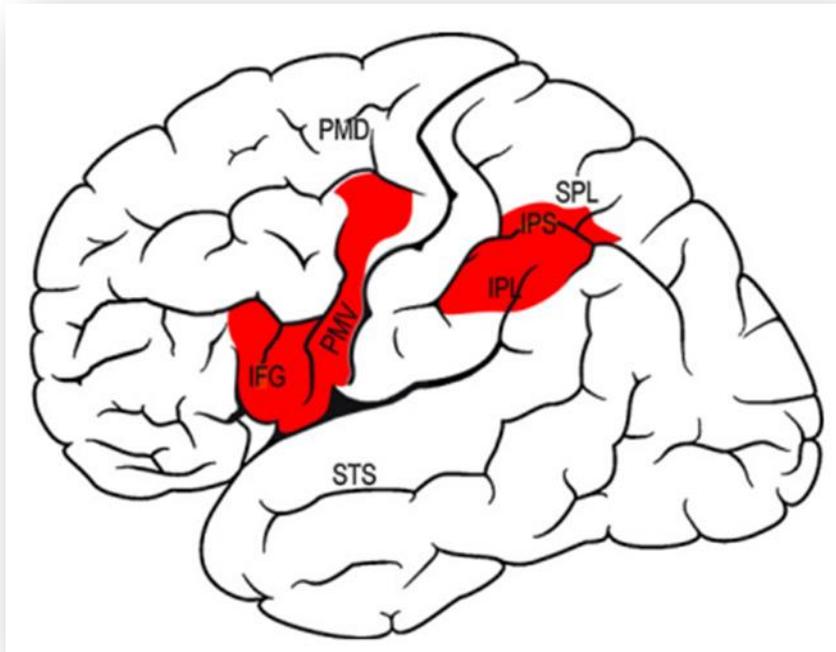
Annexe VII : questionnaire sur les sensations et capacités du patient lors des séances d'IM et de la TOA

Annexe VIII : résultats des exercices de kinésithérapie réalisés par le patient avant ou après la séance d'IM et de la TOA

Annexe IX : résultats du questionnaire sur les sensations et capacités du patient lors des séances d'IM et de la TOA pour le groupe expérimental

Annexe X : évolution de la fréquence cardiaque et la douleur pendant les séances d'IM et de la TOA pour le groupe expérimental

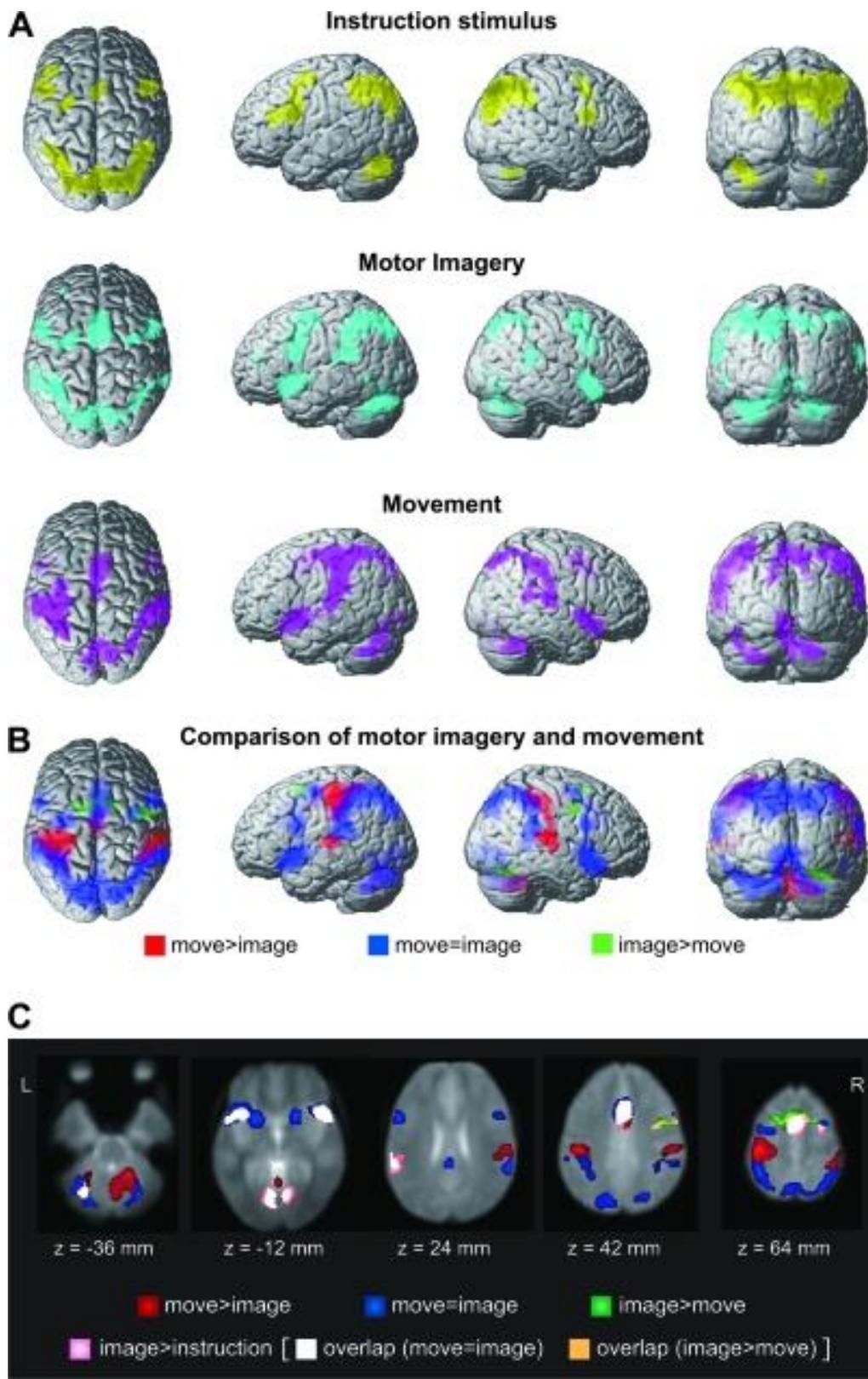
Annexe I : aires cérébrales activées pendant la l'IM et la TOA (27)



Vue latérale de l'hémisphère gauche d'un cerveau humain montrant les aires activées pendant l'observation de l'action. Le rouge indique les deux principales régions (prémoteur ventral/gyrus frontal inférieur et inférieur pariétal) du système miroir, principalement activé par l'observation des actions de la main et de la bouche.

Les aires dorsales prémotrices et pariétales supérieures peuvent être activées pendant les mouvements du bras. La région du sulcus temporal supérieur est activée seulement pendant l'observation du mouvement, donc il donne l'information visuelle au système miroir.

IFG : gyrus frontal inférieur ; IPL : gyrus inférieur pariétal ; IPS : sulcus intrapariétal ; PMD : gyrus pré-moteur dorsal ; PMV : gyrus pré-moteur ventral ; STS : sulcus temporal supérieur



Équivalence fonctionnelle entre IM et mouvement volontaire (110)

Annexe II : résumé de certaines études utilisant l'IM en traumatologie et des études utilisant la TOA

Etudes	Pathologie Nombre de sujets	Intervention	Résultats
Hoyek and al., (2014) (111)	Syndrome conflit d'épaule de stade 2 N = 16	3 semaines (3 x 15 min) Contenu : imaginer 4 mouvements d'épaule (rotation médiale, abduction (geste d'armer), flexion, projection (lancer de balle) en utilisant l'IMV et l'IMK	Amélioration du score de Constant Amélioration amplitude (flexion, extension, rotation latérale) Diminution de la douleur
Moukarzel and al., (2017) (112)	PTG (phase aiguë) N = 20	4 semaines (3 x 15 min) Contenu : Les participants étaient couchés sur le dos pour les deux séries, afin d'éviter toute surcharge sur l'articulation du genou. Imaginer un mouvement de flexion du genou suivie d'une extension puis des contractions concentriques, excentriques et isométriques du quadriceps et ischio-jambiers	Amélioration légère de l'amplitude Diminution douleur et œdème péri patellaire Augmentation force quadriceps Pas de différence pour le TUG
Christakou and al., (2007) (113)	Entorse de cheville de stade II N = 20	4 semaines (3 x 45min) Contenu : imaginer des mouvements de la cheville (mobilisation, renforcement, étirement et proprioception)	Amélioration de l'endurance musculaire

Grangeon and al., (2010) (114)	Rééducation de l'extension du coude suite à un transfert du tendon du biceps sur le triceps chez un tétraplégique C6 N = 1	10 séances de rééducation classique suivies de 10 séances d'IM de 30 minutes chacune. 5 séances par semaine pendant 2 semaines consécutives Contenu : représentations mentales d'extension du coude impliquées dans les mouvements dirigés vers un objectif précis	Amélioration de la coordination du membre supérieure en diminuant les erreurs de trajectoires
Meugnot and al., (2015) (103)	Immobilisation à court terme du membre supérieur N = 52	1 séance de 15 min Contenu : imaginer quatre exercices d'IM avec la main immobilisée (gauche) après l'avoir exécutée physiquement avec la main non immobilisée (droite) en utilisant l'IMV pour un groupe et l'IMK pour l'autre	Diminution du ralentissement des processus sensorimoteur pour le groupe utilisant l'IMK
Frenkel and al., (2014) (44)	Immobilisation de l'avant-bras N = 18	3 semaines (1 × 60 minutes puis 3 × 30 minutes) et séances en autorééducation (7 x 15 min) Contenu : imaginer des mouvements du poignet	Préservation de l'extension et l'inclinaison ulnaire Pas de différence pour la flexion et l'inclinaison radiale
Vanmairis (2018) (115)	Rééducation de la marche des amputés trans-tibiaux d'origine vasculaire	2 semaines (5 x 20 min) Contenu : Le sujet devait porter sa prothèse durant l'IM et devait s'imaginer marcher avec. Pendant la séance, un métronome a été utilisé pour donner la cadence de marche et	Aucune différence significative n'a été observée sur la vitesse de marche (expérimental vs témoin : 0,48 ± 0,43)

	N = 8	le patient devait imaginer effectuer un pas à chaque son afin d'assurer Puis, le métronome a été éteint et les patients ont été invités à continuer l'imagination de la marche à la même cadence	m/s vs 0,60 ± 0,26 m/s) ni sur les autres critères d'évaluation à savoir la symétrie de la longueur des pas, la symétrie de la quantité d'appui et le <i>TUG</i>
Stenekes and al., (2009) (116)	Réparation chirurgicale du tendon fléchisseur de la main N = 28	6 semaines (8 x 5min par jour) Contenu : imaginer des mouvements de flexion/extension des doigts en utilisant l'IMK	Réduction du temps de préparation à l'action
Lebon and al., (2012) (117)	LCA N = 12	4 semaines (12 x 15 min) Contenu : imaginer des contractions isométriques maximal du quadriceps avec une extension complète du genou en utilisant l'IMV	Amélioration de l'activation musculaire
Mayer and al., (2015) (118)	PTH N = 24	3 semaines (9 x 25 min) Contenu : alternation de marche réelle et d'imagination de la marche en utilisant l'IMK	Amélioration de la longueur foulée
Frenkel and al., (2010) (119)	Prothèse de genou N = 66	2 semaines (5 x 45-60min) et 6 semaines en auto traitement (7 x 15 min) Contenu : imaginer des mouvements du genou (flexion et extension), de transfert du poids du corps, de la marche et de monter/descendre escalier	Amélioration de la flexion du genou

Popu- lation	Etude Nombre su- jet	Protocole	Intervention	Résultats
Mala- die de Par- kinson	Buccino et al., 2011 (120) N = 7	1 séance	Vidéos d'en- traînement à l'équilibre et à la marche	Amélioration des scores UPDRS et de l'indépendance fonctionnelle
	Jaywant et al., 2016 (121) N = 13	8 jours con- sécutive d'entraîne- ment à la maison	Vidéos d'en- traînement à la marche chez des per- sonnes saines et parkinso- nienne	Amélioration de la mobilité sur le PDQ-39 par rapport aux contrôles, mais pas à la vitesse de marche, la longueur de la foulée, la fréquence des foulées, le temps d'oscillation de la jambe ou l'asymétrie de la dé- marche
	Santamato et al., 2015 (122) N = 15	3 séances par semaine pendant 8 semaines consécu- tives	Vidéos d'en- traînement à la marche et à l'équilibre	Aucune preuve d'amélioration de l'équilibre et de la posture
	Pelosin et al., 2010 (123) N = 10	3 séances par semaine pendant 4 semaines consécu- tives	Vidéos de mouvements et stratégies pour contour- ner le <i>freezing</i> + rééducation classique	Réduction significative du <i>freezing</i> durant la marche

	Agosta et al., 2017 (124) N = 12	3 séances par semaine pendant 4 semaines consécutives	Vidéos d'entraînement à la marche + rééducation classique	Amélioration significative des scores d'incapacité motrice, la vitesse de marche, l'équilibre et la qualité de vie à 8 semaines, avec une diminution du <i>freezing</i>
Pro-thèse	Bellelli G et al., 2010 (90) N = 30	6 séances par semaine pendant 3 semaines consécutives	Vidéos d'entraînement à la marche et à l'équilibre + physical therapy	Amélioration de l'indépendance fonctionnelle, les scores moteurs et les scores fonctionnels de Tinetti
	Villafane et al., 2016 (125) N = 9	10 séances	Vidéos d'entraînement à la marche et à l'équilibre + physical therapy	Amélioration de la douleur, de l'amplitude des mouvements, de la qualité de vie et de la marche (échelle de Tinetti et indice de Lequesne)
	Villafane et al., 2017 (89) N = 31	10 séances par semaine pendant 2 semaines	Vidéos présentant une personne faisant des exercices	Amélioration des amplitudes de flexion et d'extension active
	Park et al., 2014 (126) N = 9	3 séances par semaine pendant 3 semaines consécutives	Vidéos d'entraînement à la marche, transferts (assis et debout) et à l'équilibre + rééducation classique	Amélioration de la douleur, la raideur et la fonction du genou

AVC	Bang et al., 2013 (127) N = 15	4 séances par semaine pendant 4 semaines consécutives	Vidéos d'entraînement à la marche sur tapis roulant à différentes vitesses	Amélioration TUG, le test de marche de 10 m, le test de marche de 6 minutes et l'angle maximal de flexion du genou pendant la marche
	Kim and Lee 2013 (128) N = 10	4 séances par semaine pendant 4 semaines consécutives	Vidéos d'entraînement à la marche	Amélioration du TUG, la vitesse et cadence de marche
	Park et al., 2016 (129) N = 12	3 séances par semaine pendant 4 semaines consécutives	Vidéos d'entraînement à la marche + rééducation classique	Amélioration du test de marche de 10 m, <i>community walk test</i> , l'équilibre et les paramètres spatio-temporels (à savoir la longueur de la foulée, l'appui unipodal et la vitesse).
	Park and Hwangbo 2015 (130) N = 20	5 séances par semaine pendant 8 semaines consécutives	Vidéos d'entraînement à la marche + rééducation classique	Amélioration de la stabilité et des capacités de marche

Questionnaire d'Imagerie Visuelle et Kinesthésique (KVIQ)

Procédures de passation

Le but de ce questionnaire est d'obtenir un indice de la capacité des individus à se représenter mentalement différents mouvements. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Ce questionnaire n'est pas auto-administré; il a été préparé pour être administré à des personnes à mobilité réduite et/ou présentant une incapacité physique. Tous les items sont évalués en position assise. Le questionnaire comprend une échelle visuelle et une échelle kinesthésique.

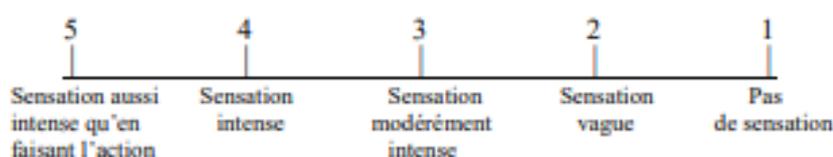
La version longue (KVIQ-20) comporte 20 items (10 mouvements pour chaque échelle) et la version courte comprend 10 items (5 mouvements pour chaque échelle). Pour chaque item, on procède suivant 4 étapes qui sont énoncées comme suit. Premièrement, vous devrez prendre une position de départ. En second lieu, on vous demandera d'effectuer un mouvement en position assise une seule fois, selon des consignes précises et tel que je vous le démontrerai (*répétez cette consigne aux sujets lors de la passation du questionnaire car les sujets ont tendance à exécuter les mouvements plus d'une fois*). Troisièmement, vous devrez reprendre la position de départ, mais cette fois-ci, vous devrez imaginer le mouvement que vous venez d'exécuter. Vous ne devez pas exécuter physiquement le mouvement lorsque vous l'imaginez (*répétez cette consigne au sujet lors de la passation du questionnaire si le sujet a tendance à bouger*). Finalement, on vous demandera de coter, sur une échelle de 1 à 5, soit la clarté visuelle de l'image que vous vous êtes formée (items V1 à V10) ou l'intensité de la sensation de cette même image (items K1 à K10).

L'échelle est présentée verbalement au participant et au besoin elle est présentée visuellement (personnes ayant des problèmes de communication). Utilisez les descripteurs et non pas les chiffres lorsque vous demandez aux participants de coter les mouvements imaginés. Le sujet doit imaginer suivant une perspective interne ou à la première personne (comme si c'était lui qui exécutait le mouvement). Pour vous en assurer demandez-lui de vous décrire ce qu'il voit lorsqu'il imagine. Par exemple pour l'item 4 (Flexion du coude), le sujet devrait décrire qu'il voit la paume de sa main. Si un doute persiste répétez ce type de question pour d'autres gestes.

Suivez l'ordre des items indiqué dans le questionnaire suivant la dominance du sujet. Par contre, lors de la description des mouvements aux participants, n'utilisez pas les mots «dominant» et «non-dominant», mais précisez plutôt le côté avec lequel ils doivent exécuter le mouvement «côté droit» ou «côté gauche» compte tenu de leur dominance. Respectez également l'ordre des items suivant la dominance pour les personnes présentant une incapacité physique. Précisez sur la feuille-réponse le côté évalué (D, G) et le côté affecté ou non-affecté.

Le questionnaire a été validé en commençant par l'échelle visuelle suivie de l'échelle kinesthésique (Malouin et al. 2007). Chez des personnes en santé, l'ordre de passation des échelles ne semble pas affecter la cotation (Résultats non publiés: Malouin et al.). Pour les personnes incapables de faire un mouvement en raison d'une incapacité physique, faites exécuter le mouvement avec le membre non-affecté, puis demandez d'imaginer le mouvement du côté affecté. Notez sur la feuille-réponse les items pour lesquels le mouvement a été exécuté du côté non-affecté puis imaginé du côté affecté.

NB. Le questionnaire usuel évalue en alternance le côté dominant et non-dominant. Cependant, si vous souhaitez comparer les deux côtés les items correspondant aux mouvements des membres supérieurs et inférieurs (échelle visuelle: 3V, 4V, V5 et 7V, 8V, 9V, 10V et échelle kinesthésique 3K, 4K, 5K et 7K, 8K, 9K, 10K) voici comment procéder. Faites passer les items #3, #4, #5 tel qu'indiqué au questionnaire puis après l'item #5 répétez les mouvements des items #3, #4, #5 de l'autre côté; de la même façon, après les items #7, #8, #9, #10, répétez-les de l'autre côté. Cette procédure est utilisée pour éviter de répéter 2 fois de suite le même mouvement.

Échelle d'imagerie visuelle**Échelle d'imagerie kinesthésique**

<u>KVIQ-20</u>		<u>Mouvements</u>	<u>KVIQ-10</u>	
1V	1K	Flexion/extension de la tête		
2V	2K	Haussement des épaules		
3Vnd	3Knd	Élévation du bras à la verticale	3Vnd	3Knd
4Vd	4Kd	Flexion du coude		
5Vd	5Kd	Opposition pouce-doigts	5Vd	5Kd
<i>*Répétez les gestes #3, #4, #5 du côté opposé*</i>				
6V	6K	Flexion antérieure du tronc	6V	6K
7Vnd	7Knd	Extension du genou		
8Vd	8Kd	Abduction de la jambe	8Vd	8Kd
9Vnd	9Knd	Taper du pied	9Vnd	9Knd
10Vd	10Kd	Rotation externe du pied		

**Répétez les mouvements #7, #8, #9, #10 du côté opposé*

d: dominant nd: non-dominant

** Si évaluation bilatérale des gestes des membres*

Référence: 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. *Journal of Neurologic Physical Therapy* 2007; 31:20-29.

Échelle d'imagerie visuelle



Item 1V. Flexion/extension de la tête

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Inclinez votre tête le plus loin possible, d'abord vers l'avant, puis vers l'arrière.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez ce mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 2V. Haussement des épaules

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Tout en gardant les bras le long du corps, relevez vos deux épaules le plus haut possible sans bouger la tête.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez ce mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 3Vnd. Élévation du bras à la verticale

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Levez votre bras non-dominant (ex: le bras gauche si vous êtes droitier et vice-versa) vers le haut en le gardant tendu et devant vous jusqu'à ce qu'il soit à la verticale.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez ce mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 4Vd. Flexion du coude

1. Demeurez assis, la tête bien droite, le bras dominant tendu à l'horizontale vers l'avant, la main ouverte et la paume vers le haut.
2. Pliez votre coude de façon à venir toucher avec la main dominante votre épaule du même côté.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Échelle d'imagerie visuelle



Item 5Vd. Opposition pouce-doigts

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses, les paumes vers le haut.
2. Avec votre main dominante, ramenez chacun de vos doigts en contact avec votre pouce, un par un en commençant par l'index, au rythme de un mouvement par seconde.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez ce mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 6V. Flexion antérieure du tronc

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Inclinez votre corps le plus loin possible vers l'avant, puis redressez-vous.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez ce mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

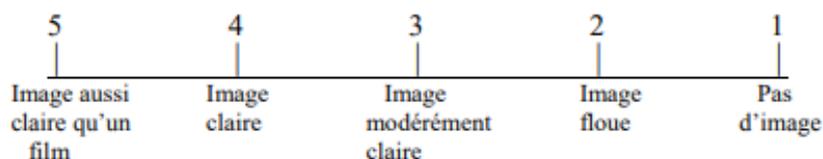
Item 7Vnd. Extension du genou

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Relevez votre avant-jambe du côté non-dominant le plus près possible de l'horizontale puis redescendez-la.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez ce mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 8Vd. Abduction de la jambe

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Déplacez le pied de votre côté dominant d'environ 30 centimètres (12 pouces) vers l'extérieur puis ramenez-le.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Échelle d'imagerie visuelle



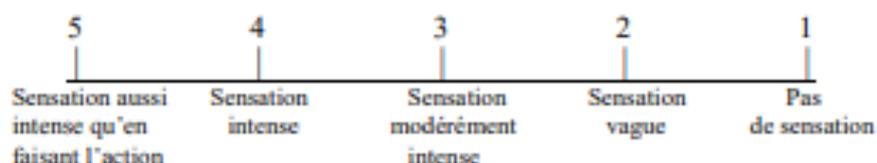
Item 9Vnd. Taper du pied

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Avec votre jambe non-dominante, tapez du bout du pied trois fois au rythme de un mouvement par seconde tout en gardant le talon en contact avec le sol.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 10Vd. Rotation externe du pied

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Sans bouger le talon, déplacez le bout du pied de votre jambe dominante vers l'extérieur, le plus loin possible.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur la clarté de l'image.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Échelle d'imagerie kinesthésique



Item 1K. Flexion/extension de la tête

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Inclinez votre tête le plus loin possible, d'abord vers l'avant, puis vers l'arrière.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 2K. Haussement des épaules

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Tout en gardant les bras le long du corps, relevez vos deux épaules le plus haut possible sans bouger la tête.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

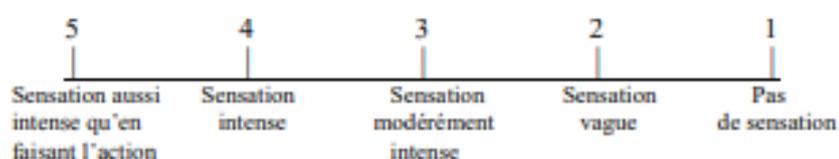
Item 3Knd. Élévation du bras à la verticale

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Levez votre bras non-dominant (ex: le bras gauche si vous êtes droitier et vice-versa) vers le haut en le gardant tendu et devant vous jusqu'à ce qu'il soit à la verticale.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 4Kd. Flexion du coude

1. Demeurez assis, la tête bien droite, le bras dominant tendu à l'horizontale vers l'avant, la main ouverte et la paume vers le haut.
2. Pliez votre coude de façon à venir toucher avec la main dominante votre épaule du même côté.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Échelle d'imagerie kinesthésique



Item 5Kd. Opposition pouce-doigts

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses, les paumes vers le haut.
2. Avec votre main dominante, ramenez chacun de vos doigts en contact avec votre pouce, un par un en commençant par l'index, au rythme de un mouvement par seconde.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 6K. Flexion antérieure du tronc

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Inclinez votre corps le plus loin possible vers l'avant, puis redressez-vous.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

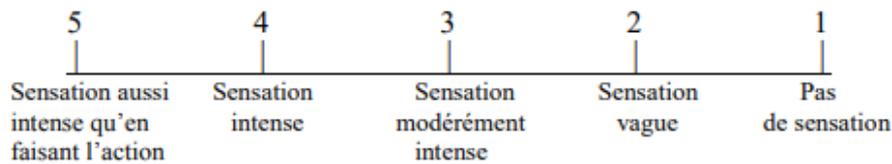
Item 7Knd. Extension du genou

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Relevez votre avant-jambe du côté non-dominant le plus près possible de l'horizontale puis redescendez-la.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 8Kd. Abduction de la jambe

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Déplacez le pied de votre côté dominant d'environ 30 centimètres (12 pouces) vers l'extérieur puis ramenez-le.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Échelle d'imagerie kinesthésique



Item 9Knd. Taper du pied

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
2. Avec votre jambe non-dominante, tapez du bout du pied trois fois au rythme de un mouvement par seconde tout en gardant le talon en contact avec le sol.
3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.

Item 10Kd. Rotation externe du pied

1. Demeurez assis, la tête bien droite, les deux mains posées sur vos cuisses.
 2. Sans bouger le talon, déplacez le bout du pied de votre jambe dominante vers l'extérieur, le plus loin possible.
 3. Revenez à la position initiale. Maintenant, imaginez le mouvement. Concentrez-vous sur l'intensité de la sensation.
 4. Indiquez sur l'échelle suivante l'énoncé qualifiant le mieux le mouvement que vous venez de vous imaginer.
-

Annexe IV : description du TDMI (79)

Dans le TDMI, les patients sont assis sur une chaise avec un dossier et doivent imaginer des mouvements de steppage sur trois périodes de temps différents. Les mouvements consistent à placer un pied en avant sur une planche (cible) puis le ramener au sol. La planche (taille : 41x26x2 cm) est placée transversalement 5 cm devant les pieds. Pour les patients ayant des difficultés à tendre et plier le genou, il faudra déplacer le membre inférieur latéralement (abduction et adduction de hanche) tout en gardant le genou fléchi.

Tout d'abord, l'examineur montre le mouvement à réaliser. Puis les patients l'exécutent réellement et mentalement jusqu'à qu'ils comprennent et assimilent sans que ce soit chronométré.

Pendant les tests, les patients ferment les yeux et signalent verbalement chaque fois qu'ils ont imaginé toucher la planche avec leur pied. Les patients sont invités à utiliser l'imagerie motrice interne kinesthésique.

Trois tests sont effectués avec des périodes variables de 15, 25 et 45 secondes et les deux jambes sont testées alternativement. Cela est réalisé de la manière suivante : 25 secondes sur un côté, suivi par les 15 secondes de l'autre côté et ainsi de suite, pour que les sujets ne peuvent pas prédire la durée entre deux tests successifs. L'examineur chronomètre le nombre de mouvement imaginé sur chaque test.

Annexe V : fiche explicative de l'IM et de la TOA au patient

Définition

Imagerie motrice : c'est la répétition intériorisée d'un mouvement (ex : flexion de genou), d'une tâche (ex : boire un verre d'eau) ou encore d'une activité physique (ex : frapper dans une balle de foot) sans la production simultanée de l'activité musculaire normalement requise lors de l'exécution du mouvement. Tout est imaginé, aucun mouvement n'est réalisé. Cela repose sur les mêmes mécanismes que programmer un mouvement réel. La différence est que pendant le mouvement imaginé, le cerveau inhibe la réalisation du mouvement. Les mêmes structures neuronales participent pendant le mouvement imaginé et l'exécution réelle du mouvement.

Thérapie par observation d'action : elle inclut généralement l'observation d'action et l'exécution d'action présentée par un tiers au moyen d'un clip vidéo sur un écran d'ordinateur le plus souvent. Elle est basée sur des neurones (nommés neurones miroirs) dans diverses régions du cerveau. Ces neurones s'activent à la fois lors de l'exécution d'actions dirigées vers un objectif précis mais aussi lors de l'observation d'un autre individu effectuant la même action ou une action similaire sans que l'on effectue ladite action.

Domaines d'application

Ces deux techniques ont démontré leur efficacité dans des différents domaines comme le sport (augmentation de la performance, rééducation) ou la neurologie (pour la rééducation des patients ayant eu un accident vasculaire cérébral ou les patients atteints de la maladie de parkinson). Leur efficacité a incité la recherche à étendre leur utilisation avec d'autres domaines.

Pourquoi utiliser ces deux techniques dans le cadre de la rééducation de la prothèse totale de genou ?

Après l'intervention chirurgicale, il peut rester des douleurs lors de la mobilisation du genou et des faiblesses de force musculaire. Ceci fait que les premiers jours de rééducation sont souvent assez difficiles. Ces deux techniques permettraient d'augmenter le travail en début de rééducation sur la mobilité du genou et le renforcement musculaire. Etant donné qu'aucun mouvement n'est réalisé, le risque de douleur est diminué. Elles ne remplacent pas les techniques de kinésithérapie réalisées habituellement mais les complètent.

Annexe VI : adaptation et la validation francophone de l'*Exercise Confidence Survey* (132)

Cette version a été obtenue après traduction de l'anglais au français du questionnaire original par les auteurs et vérification de la traduction par une traductrice anglais-français professionnelle. Ce questionnaire auto-rapporté se compose de douze items évaluant ce que les personnes seraient susceptibles de faire pour augmenter ou maintenir la pratique d'une activité physique régulière. Chaque item est évalué sur une échelle de Likert allant de 1 (je sais que je ne peux pas) à 5 (je sais que je peux).

1. Suivre votre programme physique après une longue et fatigante journée de travail.

1 2 3 4 5

2. Suivre votre programme physique quand les obligations sociales vous prennent beaucoup de temps.

1 2 3 4 5

3. Suivre votre programme physique quand vous avez des tâches ménagères à faire.

1 2 3 4 5

4. Pratiquer une activité physique même lorsque vous vous sentez déprimé(e).

1 2 3 4 5

5. Suivre votre programme physique quand votre famille exige plus de votre temps.

1 2 3 4 5

6. Suivre votre programme physique quand vous vivez un changement de vie stressant (ex. : divorce, décès dans la famille, déménagement).

1 2 3 4 5

7. Suivre votre programme physique même lorsque vous avez des obligations excessives au travail.

1 2 3 4 5

8. Réserver du temps pour un programme d'activité physique ; c'est-à-dire marcher, courir, nager, rouler en vélo, ou d'autres activités physiques d'une durée minimum de 30 minutes, 3 fois par semaine.

1 2 3 4 5

9. Se lever tôt, même les week-ends, pour pratiquer une activité physique.

1 2 3 4 5

10. Assister à une fête seulement après avoir pratiqué une activité physique.

1 2 3 4 5

11. Lire ou étudier moins pour pratiquer plus d'activité physique.

1 2 3 4 5

12. Continuer à pratiquer une activité physique avec d'autres même lorsqu'ils semblent trop rapides ou trop lents pour vous.

1 2 3 4 5

Annexe VII : questionnaire sur les sensations du patient lors des séances d'IM et de la TOA

Les patients du groupe expérimental ont rempli, après avoir exécuté le protocole un questionnaire qui visait à examiner la facilité avec laquelle ils observaient et imaginaient le mouvement. Nous avons utilisé une échelle de Likert qui contient pour chaque item une graduation comprenant cinq choix qui permettent de nuancer le degré d'accord. Le texte des étiquettes que nous avons utilisé est le suivant :

Imagerie Motrice :

1. Très difficile
2. Difficile
3. Moyen
4. Facile
5. Très facile

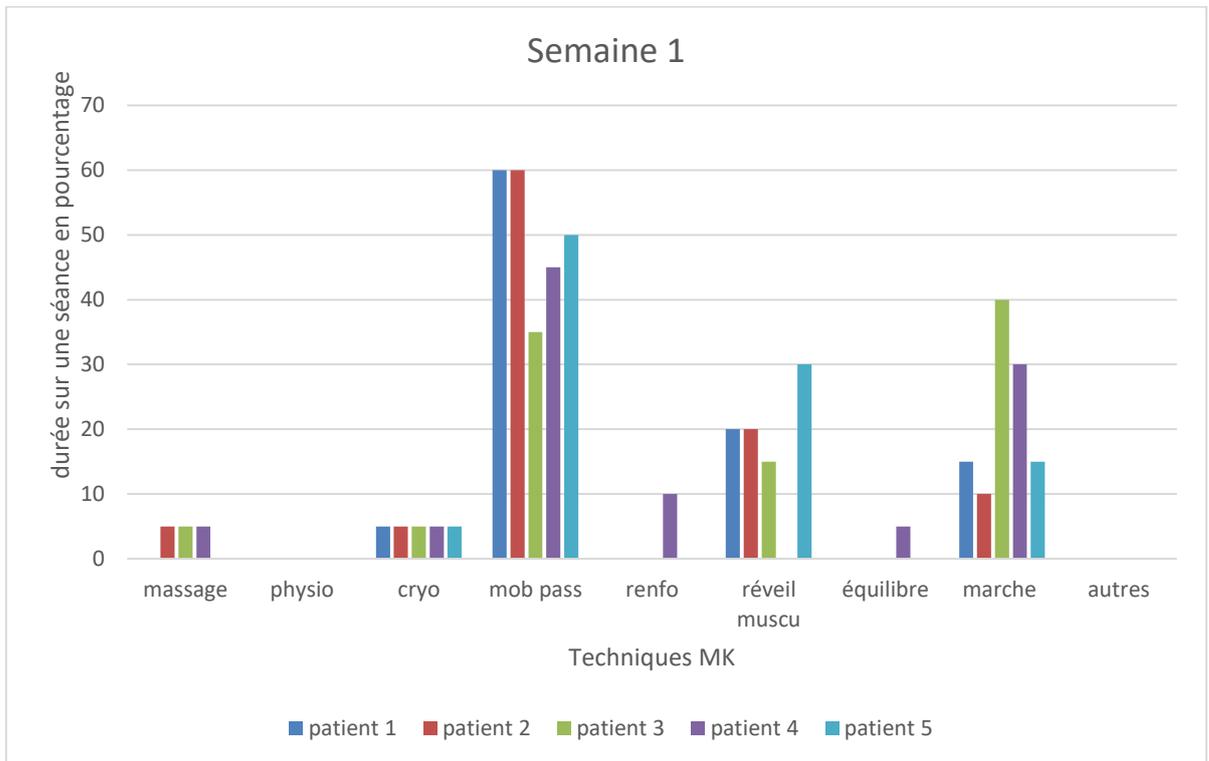
Thérapie par observation de l'action :

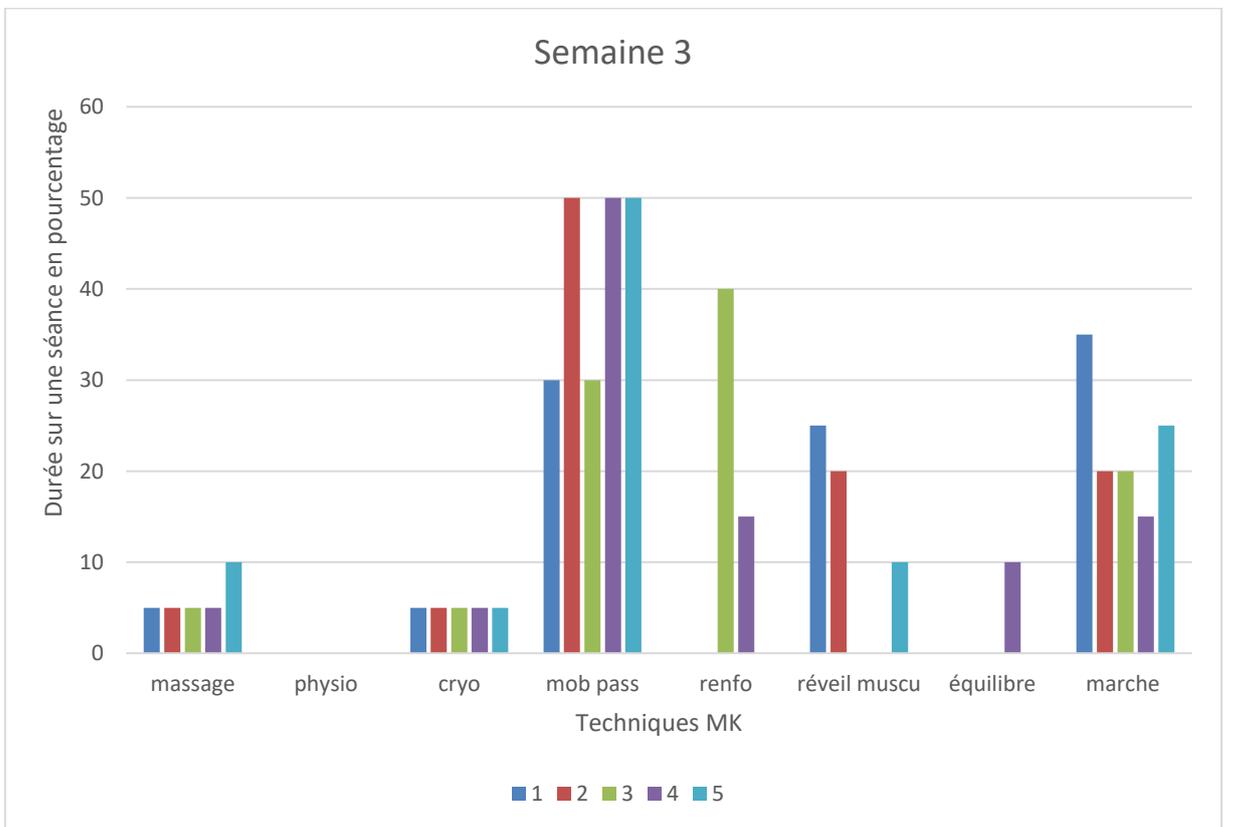
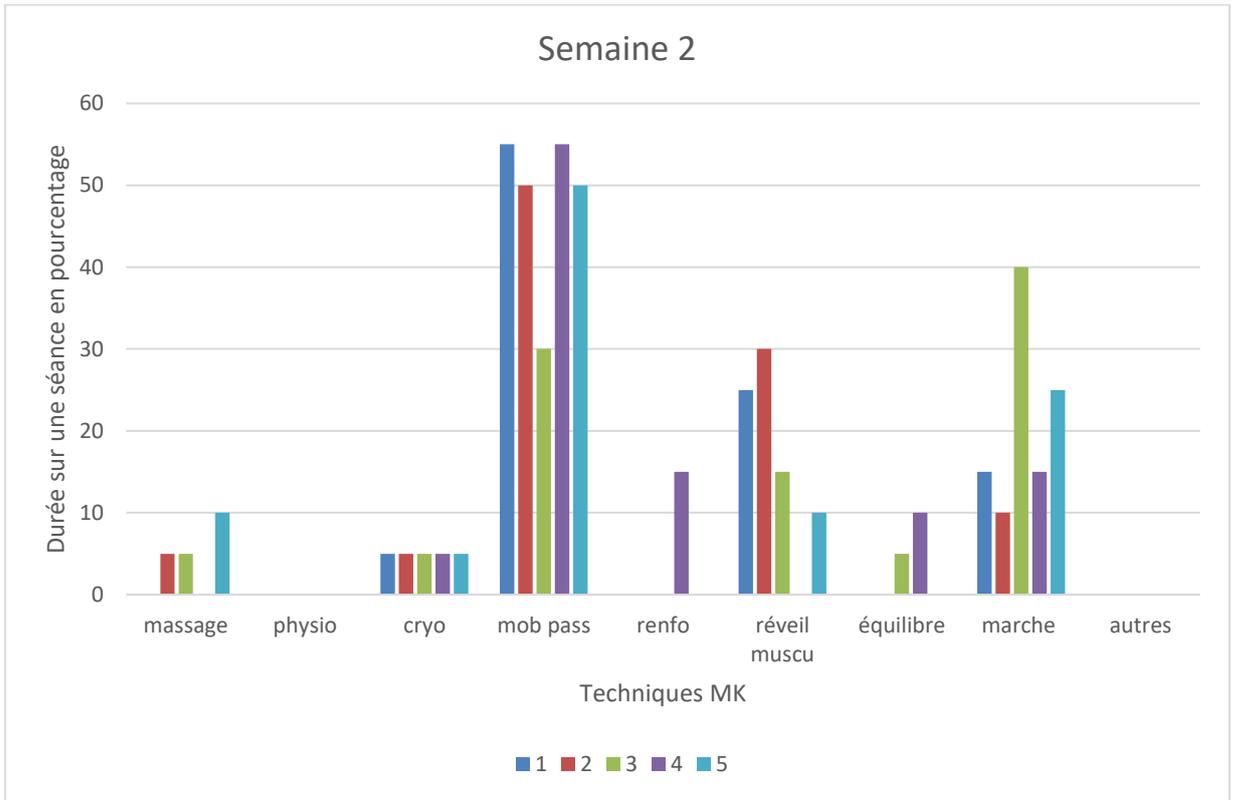
1. Très difficile
2. Difficile
3. Moyen
4. Facile
5. Très facile

Annexe VIII : résultats des exercices de kinésithérapie réalisés par le patient avant ou après la séance d'IM et de la TOA

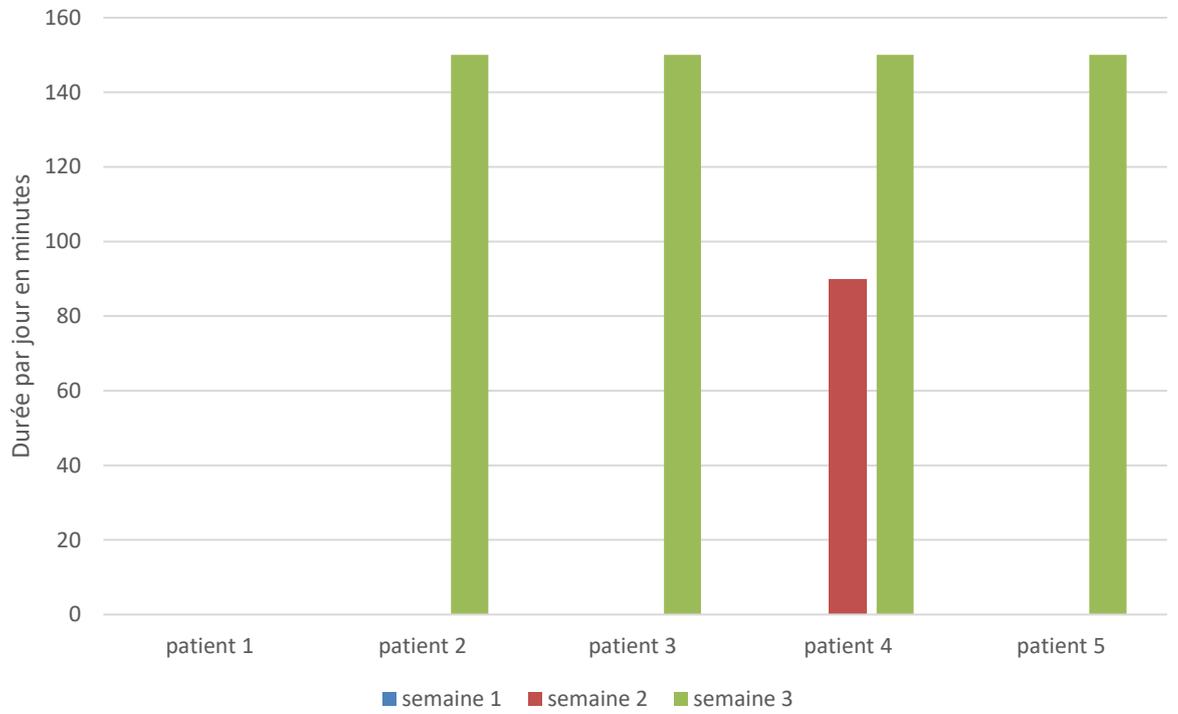
Les patients 4 et 5 appartiennent au groupe expérimental

Les patients 1, 2 et 3 appartiennent au groupe contrôle

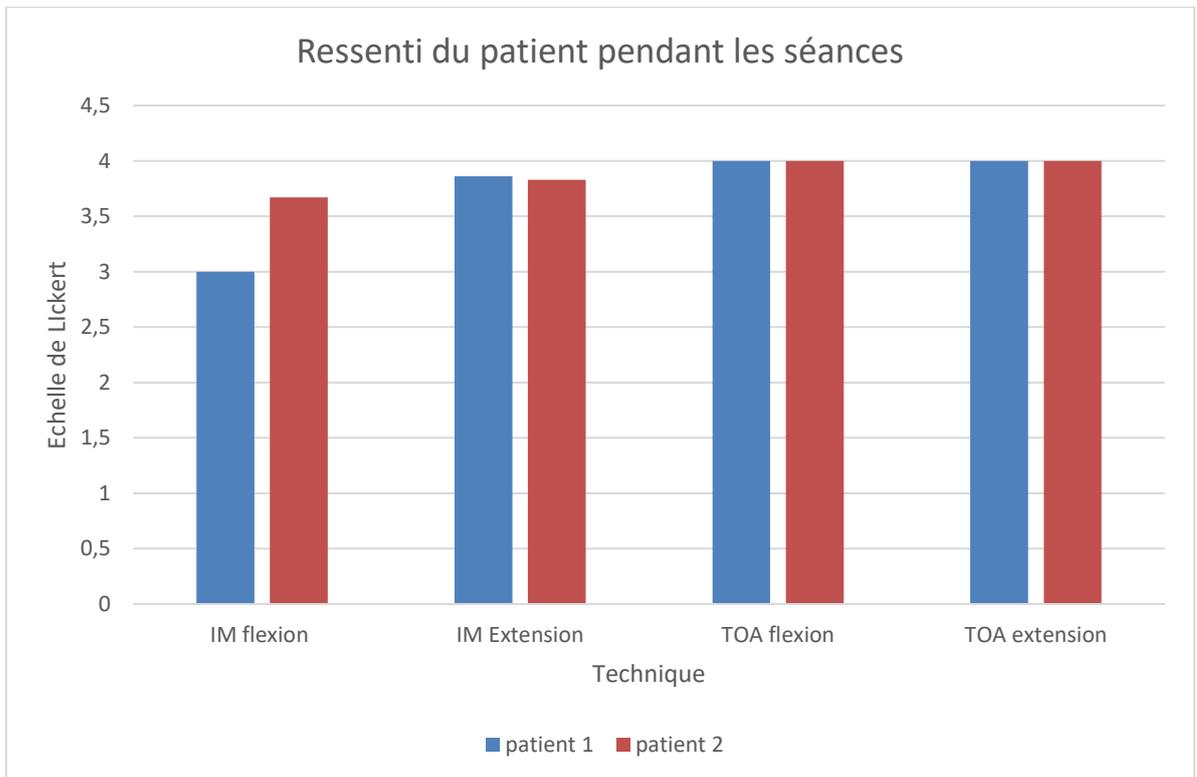




Balnéothérapie

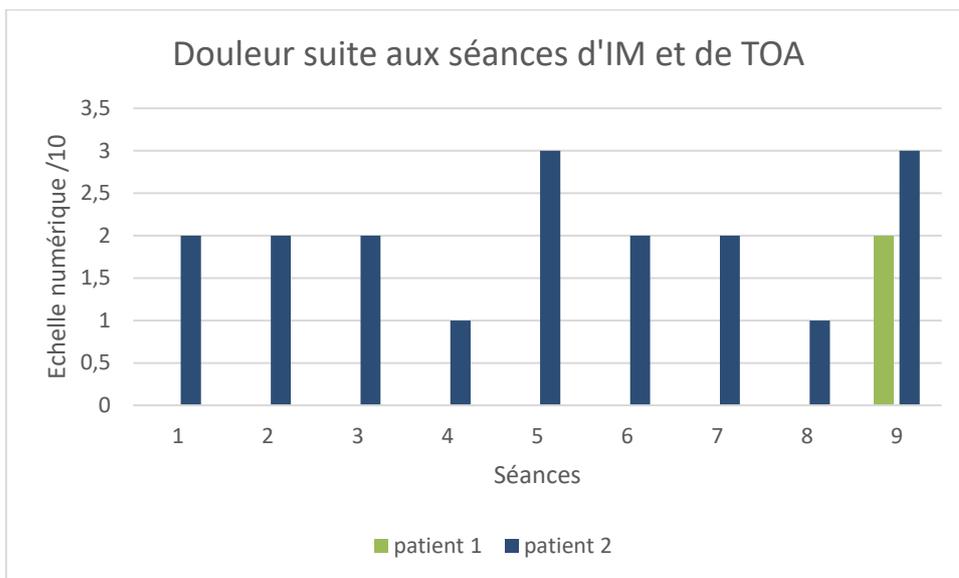


Annexe IX : résultats du questionnaire sur les sensations et capacités du patient lors des séances d'IM et de la TOA pour le groupe expérimental



Annexe X : évolution de la fréquence cardiaque et la douleur pendant les séances d'IM et de la TOA pour le groupe expérimental

Les patients 1 et 2 appartiennent au groupe expérimental.



Pour les deux figures ci-dessous :

Série 1 = avant le début de la pratique de l'IM

Série 2 = après la réalisation de la première série

Série 3 = après la réalisation de la deuxième série

Série 4 = après la réalisation de la troisième série

Série 5 = après la réalisation de la quatrième série

Série 6 = après la réalisation de la cinquième série

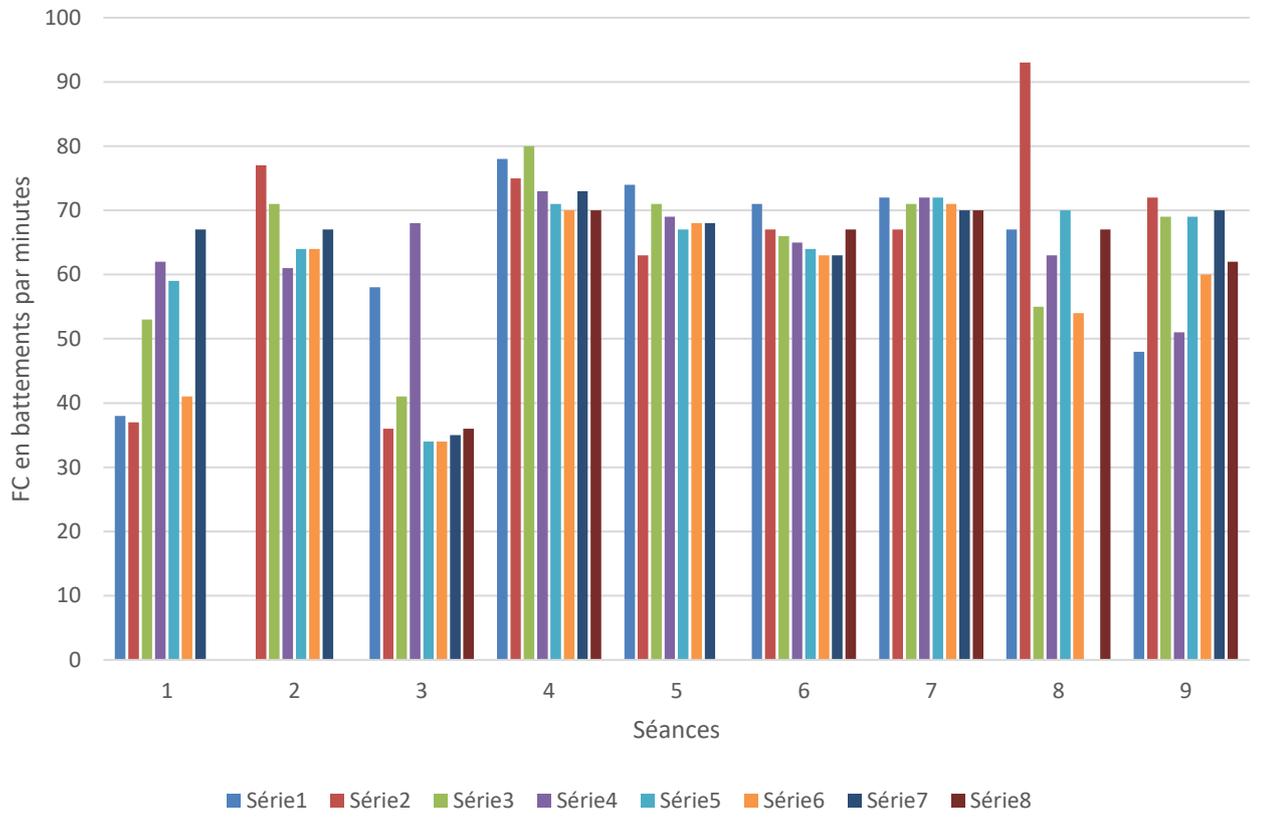
Série 7 = après la réalisation de la sixième série

Série 8 = après la réalisation de la première série

Série 9 = 2 minutes après la réalisation de la pratique physique

Lorsqu'une série n'indique aucune mesure, c'est que l'oxymètre de pouls n'affichait aucune valeur.

Evolution FC patient 1



Evolution FC patient 2

