

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE
DE NANCY

INFLUENCE DE L'IMAGERIE MOTRICE SUR LE GAIN DE FORCE DU QUADRICEPS APRÈS ARTHROPLASTIE DE GENOU

Mémoire présenté par **Léa RONSEaux**

étudiante en 3^{ème} année de Masso-kinésithérapie

en vue de l'obtention du Diplôme d'État

de Masseur-Kinésithérapeute

2010-2011.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	Page
1. INTRODUCTION	1
2. CADRE THÉORIQUE	3
2.1. Rappels anatomiques et physiopathologiques.....	3
2.1.1. <i>La prothèse de genou : causes et conséquences</i>	3
2.1.2. <i>Anatomie du quadriceps</i>	5
2.2. Définition de l'imagerie motrice	6
2.3. Les théories de l'imagerie motrice	7
2.3.1. <i>La théorie psycho-neuromusculaire</i>	8
2.3.2. <i>La théorie cognitive</i>	9
2.4. Les facteurs influençant l'imagerie motrice.....	14
2.5. Les effets physiologiques de l'imagerie motrice	15
3. PROBLÉMATIQUE	15
4. MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	17
4.1. Recherches bibliographiques	17
4.2. Population	18
4.3. Matériel.....	19
4.4. Méthode	21
4.4.1. <i>Mesures</i>	21
4.4.2. <i>Protocole</i>	22
4.5. Analyses statistiques.....	22

5.	RÉSULTATS	23
5.1.	Le gain de force tous groupes confondus.....	23
5.2.	Comparaison du gain entre les deux groupes	24
6.	DISCUSSION.....	25
6.1.	Interprétation des résultats.....	25
6.2.	Comparaison avec d'autres études	25
6.3.	Les biais et limites de l'étude.....	26
6.3.1.	<i>Les biais liés à l'étude</i>	26
6.3.2.	<i>Les difficultés inhérentes au patient</i>	28
7.	CONCLUSION.....	29

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RÉSUMÉ

L'idée que l'imagerie motrice puisse améliorer la performance n'est pas nouvelle. Ainsi, depuis une vingtaine d'années, la contribution de la simulation mentale est reconnue chez le sujet sportif. Elle présente également un intérêt, en tant que technique complémentaire, dans l'amélioration de la motricité après un accident vasculaire cérébral. Cependant peu de recherches ont été réalisées sur son utilité dans la rééducation postopératoire.

Dans cette étude, nous nous intéressons à l'influence de l'imagerie motrice sur des sujets opérés d'une arthroplastie de genou suite à une gonarthrose primaire, pathologie très courante corrélée au vieillissement. L'imagerie motrice pourrait être une solution thérapeutique complémentaire dans la réhabilitation post-arthroplastie permettant de minimiser la perte de force du quadriceps tout en préservant l'intégrité physique du patient.

L'étude comprend neuf patients, issus du centre de rééducation Divio et ayant subi une arthroplastie totale de genou. Nous comparons les mesures de la contraction maximale isométrique du quadriceps (kg) entre le groupe entraîné (N=5) et le groupe témoin (N=4). Les sujets du groupe entraîné sont recrutés afin de suivre une séance quotidienne d'imagerie motrice visant à renforcer le quadriceps (20 minutes par jour).

Les résultats obtenus suite à notre étude ne semblent pas montrer l'influence de l'imagerie motrice sur le gain de force du quadriceps. Certains paramètres ont pu avoir un impact sur notre travail. Les conclusions des études expérimentales chez des sujets sains et sur certaines pathologies nous encouragent à penser que l'utilisation de l'imagerie motrice a toute sa place dans la réhabilitation post-arthroplastie combinée à une rééducation conventionnelle.

Mots clés : prothèse totale de genou, imagerie motrice, gain de force, réhabilitation.

1. INTRODUCTION

L'arthrose est la seconde cause d'invalidité après les maladies cardio-vasculaires. Elle représente un coût socio-économique considérable de l'ordre de 0,8 % du total des dépenses de santé, soit un milliard d'euros [1].

Parmi toutes les articulations du membre inférieur atteintes, le genou est la plus touchée. La prévalence de cette atteinte est de 35% au sein de la population arthrosique [2]. La gonarthrose étant liée au vieillissement et l'espérance de vie ne cessant d'augmenter, la prévalence et l'incidence de cette pathologie vont connaître une croissance exponentielle. Ceci constitue donc un réel enjeu de santé publique.

Cette atteinte occasionne à partir d'un certain stade une incapacité fonctionnelle. Une indication de pose de prothèse peut alors être envisagée selon avis chirurgical (après un traitement médical bien conduit). Suite à ce geste invasif, il est constaté une perte de force du quadriceps de 64 % en postopératoire immédiat [3]. Sur les 54 000 prothèses de genou posées en 2008, l'âge moyen des patients était de 71,5 ans ; les risques de fonte musculaire sont alors d'autant plus importants que la moyenne d'âge est avancée [4].

Ces données épidémiologiques soulignent l'importance d'une prise en charge postopératoire ; importance confirmée en 2008 par la publication des recommandations de la Haute Autorité de Santé vis-à-vis de la prise en charge après arthroplastie totale de genou. Les kinésithérapeutes ont une place de choix dans la rééducation des conséquences directes ou indirectes de l'arthroplastie de genou. Nous nous interrogeons sur le moyen de potentialiser ce travail de rééducation par des techniques complémentaires.

Nous partons du principe que la répétition du mouvement peut être un moyen d'augmenter les performances et d'acquérir une meilleure habileté motrice [5]. Or dans la pratique, en postopératoire, cela est difficilement applicable du fait de la douleur, d'une fatigue musculaire précoce, ou tout

simplement d'une faiblesse générale du patient. Quelles sont donc les nouvelles approches qui permettraient de limiter cette déperdition de force tout en préservant l'intégrité physique du patient ?

L'imagerie motrice (I.M.) est une technique qui pourrait s'avérer prometteuse. Elle se définit comme la représentation mentale d'une action sans production concomitante de mouvement [6]. L'idée que l'imagerie motrice puisse améliorer les performances n'est pas nouvelle. En effet, elle est utilisée dans le domaine sportif lors des entraînements «dans le but de faciliter l'apprentissage, d'améliorer la performance ou de consolider à long terme la mémorisation des séquences motrices» et trouve sa place dans la rééducation fonctionnelle après lésion de l'appareil locomoteur chez le sportif [7].

Des études [8] [9] ont démontré un gain de force chez des sujets sains suite à des séances d'I.M. À partir de ces investigations, il nous paraît intéressant d'apprécier son effet (en parallèle d'une rééducation classique) sur la rééducation après arthroplastie de genou.

Dans un premier temps nous aborderons les aspects théoriques nécessaires à la compréhension du sujet. Puis nous développerons le protocole expérimental utilisé ainsi que les résultats obtenus. Enfin une discussion à propos de l'étude et des pistes mises en évidence par celle-ci sera envisagée.

2. CADRE THÉORIQUE

Cette partie aborde deux thèmes nécessaires à la compréhension de notre étude : un rappel anatomo-physiopathologique de la prothèse de genou et une approche de l'imagerie motrice.

2.1. Rappels anatomiques et physiopathologiques

2.1.1. La prothèse de genou : causes et conséquences [4]

La principale étiologie indiquant la pose d'une prothèse de genou est la gonarthrose primaire mais il en existe d'autres comme par exemple la polyarthrite rhumatoïde ou l'hémophilie. Dans notre étude la seule étiologie concernée est la gonarthrose primaire. Dans ce dernier cas, la pose de prothèse est généralement proposée lorsque la gêne fonctionnelle est trop importante. Actuellement il existe plusieurs types de prothèse totale de genou (P.T.G.) : les prothèses à charnière fixe ou rotatoire et les prothèses tricompartmentales (prothèse à glissement) représentant 98% de l'ensemble des prothèses.

- Les prothèses à charnière ne présentent qu'un seul degré de liberté dans le plan sagittal mais dans les modèles récents, la rotation est possible. Bien que ce type de prothèse soit à présent très peu utilisé, elle reste recommandée lorsqu'il existe une instabilité majeure ou des destructions osseuses traumatiques ou néoplasiques importantes. Elle permet d'assurer une stabilité de manière artificielle en augmentant la forme de cuvette de la pièce tibiale ou en ajoutant un système stabilisateur [4] [10].

- La prothèse tricompartmentale se rapproche le plus de la cinématique normale. Elle met en présence le couple alliage métallique condylien/polyéthylène tibial et peut conserver le ligament croisé postérieur. Cela permet d'associer roulement et glissement lors des débattements articulaires et d'obtenir de meilleures amplitudes par rapport aux modèles antérieurs.

La principale voie d'abord chirurgicale utilisée est antéro-interne, entre le droit fémoral et le vaste médial. Elle est réalisée par une incision longitudinale du tendon quadricipital et passe soit à travers les fibres soit à quelques millimètres de l'insertion du vaste médial. Le cul de sac sous quadricipital est libéré de ses adhérences pour faciliter la subluxation latérale de la patella en fléchissant progressivement le genou [11] [12]. Puis, l'appareil extenseur est luxé vers le dehors afin de pouvoir atteindre les structures osseuses. Pour finir, une pièce métallique est fixée au fémur avec ciment ou par ancrage biologique sur le fémur. La fixation avec ciment autorise la reprise immédiate de la marche en appui complet. Les prothèses de genou sans ciment, enchâssées dans les cavités osseuses, permettent une repousse osseuse qui s'effectue progressivement au contact des implants en quelques semaines voire quelques mois. Ce temps est nécessaire pour assurer la stabilité définitive de l'implant et la reprise de la marche en appui complet peut parfois être différée. La pose de la pièce tibiale se fait plus généralement avec du ciment. Cette dernière est complétée par un plateau en polyéthylène sur lequel coulisse la pièce fémorale. Le choix du type d'ancrage (cimenté ou non cimenté) est fonction de nombreux facteurs tels que l'âge, l'état osseux, les pathologies médicales associées, la possibilité de béquillage pendant quelques semaines et les habitudes du chirurgien.

L'agressivité du geste chirurgical vis-à-vis de l'appareil extenseur nous permet de mieux comprendre une des causes de la diminution de force du quadriceps chez les patients opérés. En effet, la force diminue de manière très importante en postopératoire immédiat, elle est de l'ordre de 64 % [3]. Même si les patients sont très tôt remis en charge et ne bénéficient que d'une immobilisation de courte durée, la réduction de mobilité due à la douleur et à l'œdème entraîne indéniablement une fonte du muscle (estimée à 10%). Il est intéressant de signaler qu'au 10^{ème} jour postopératoire (période correspondant à la sortie du court séjour), seuls 55 % des patients sont capables de verrouiller le genou et que les patients admis en centre de rééducation suite à la pose d'une P.T.G. présentent dans 92 % des cas une impossibilité de réaliser une extension active de jambe [4].

Dans de rares cas, une immobilisation est préconisée ; celle-ci entraîne une réorganisation fonctionnelle, soit une perte du schéma moteur [13].

2.1.2. Anatomie du quadriceps [14]

Situé dans la loge antérieure de la cuisse, ce volumineux muscle de quatre chefs est un muscle pair, bilatéral. Il appartient à l'appareil extenseur du genou.

Ses 4 chefs se présentent sous trois plans : le plan superficiel avec le droit fémoral, seul muscle bi articulaire pontant l'articulation coxo-fémorale ; le plan moyen comprend le vaste médial et le vaste latéral ; le plan profond, le vaste intermédiaire.

Origine du droit fémoral (3 tendons) : un tendon direct inséré sur la partie supérieure de l'épine iliaque antéro-supérieure ; un tendon réfléchi qui s'insère dans le sillon supra acétabulaire ; un tendon récurrent sur la face antérieure du grand trochanter.

Origine du vaste intermédiaire : faces latérale et antérieure du fémur sur leurs deux tiers supérieures par des fibres charnues.

Origine du vaste latérale : versant latéral de la ligne âpre ; l'extrémité supérieure remonte en haut sur le bord latéral de la trifurcation en dehors du muscle grand fessier et en partie sur la face antérieure du grand trochanter ; l'extrémité inférieure longe le versant latéral de la branche latérale de la bifurcation.

Origine du vaste médial : lèvre médiale de la ligne âpre par une lame tendineuse.

Trajet des quatre chefs : ils convergent tous vers la patella.

Terminaison du vaste intermédiaire : partie postérieure de la base de la patella par un tendon.

Terminaison du droit fémoral : partie antérieure de la base de la patella et tubérosité tibiale antérieure par un tendon.

Terminaison du vaste latéral : base et bord de la patella à sa partie moyenne et latérale ainsi que sur le tibia par des fibres tendineuses directes et croisées.

Terminaison du vaste médial : base et bord de la patella à sa partie moyenne et médiale ainsi que sur le tibia par des fibres tendineuses directes et croisées.

Innervation : nerf du quadriceps qui est la branche terminale du nerf fémoral ; racines L2, L3, L4.

Action principale : extension de la jambe sur la cuisse en chaîne ouverte par les quatre chefs ; flexion de hanche et stabilisation de celle-ci par le droit fémoral. Ce rôle de sangle est d'autant plus important si le genou est fléchi. Les vastes médial et latéral ont une composante rotatoire, chacun de leur côté. Le quadriceps fonctionne davantage en chaîne fermée comme freinateur, c'est-à-dire plus comme anti-fléchisseur. L'appareil extenseur fixe la patella dans la trochlée pour empêcher le déroboement du genou.

2.2. Définition de l'imagerie motrice

L'imagerie motrice se définit comme la représentation mentale d'une action sans production concomitante de mouvement et se construit sur différentes modalités sensorielles (visuelle, proprioceptive, auditive...) [6]. Le terme «image mentale» est utilisé en philosophie, dans le domaine de la communication et en psychologie cognitive pour décrire la représentation cérébrale mémorisée ou imaginée d'un objet physique, d'un concept, d'une idée, ou d'une situation. Plus scientifiquement, «l'imagerie mentale est une expérience qui est identique à l'expérience réelle. Nous sommes conscients de voir une image, de ressentir des sensations, de sentir les odeurs, le goût, d'entendre des bruits sans réellement les vivre. Cette expérience est différente de celle du rêve, car nous sommes éveillés et conscients de former une image» [15]. Il nous semble important de préciser que l'imagerie motrice est une catégorie particulière d'imagerie mentale. La simulation d'un acte moteur engage de manière spécifique le système sensorimoteur alors que l'imagerie mentale stimule particulièrement les zones cérébrales impliquées dans la perception visuelle ou auditive. [6]

Il existe deux types d'imagerie motrice possédant des caractéristiques différentes : l'imagerie interne et l'imagerie externe. L'imagerie interne se définit comme la faculté à visualiser les différentes parties de son corps et le défilement de l'environnement en rétine périphérique (comme si la personne a une caméra posée au dessus de sa tête). L'imageur est alors acteur de son mouvement. Contrairement à l'imagerie externe où le sujet envisage la représentation d'une action en tant que spectateur (comme s'il se voyait réaliser cette action sur un écran). Ces deux types d'imagerie utilisent principalement la sensibilité kinesthésique et proprioceptive [13] [16].

Cependant, il est constaté que l'imagerie interne se construit plus sur la base de la sensibilité kinesthésique. À l'inverse l'imagerie externe se développe plus par la sensibilité visuelle [17].

Il est important de différencier ces deux types d'imagerie car selon plusieurs études il semblerait que l'imagerie interne provoque des réponses physiologiques bien supérieures (fréquence cardiaque, tension artérielle et fréquence respiratoire). Ces réponses seraient le résultat clinique d'une activation cérébrale. De plus elle activerait de manière plus significative les aires corticales et développerait une plus grande activité électromyographique que l'imagerie externe [10] [13].

2.3. Les théories de l'imagerie motrice

Des techniques de stimulation magnétique transcranienne permettent d'évaluer le niveau d'excitabilité de la voie cortico-spinale (voie efférente motrice) en mesurant les potentiels moteurs évoqués (P.M.E.) sur des muscles cibles en réponse à une stimulation du cortex moteur primaire.

À partir de cette technique, de nombreux auteurs ont alors montré que l'I.M. module systématiquement l'excitabilité du système cortico-spinal, l'intensité de ces P.M.E. étant spécifiquement augmentée sur les muscles engagés dans le mouvement imaginé. L'augmentation du niveau de conduction de la voie cortico-spinale observée durant l'I.M. (par la mesure des P.M.E.) est proche de celle retrouvée lors de la performance motrice [5].

Deux théories peuvent expliquer l'origine de l'excitabilité de cette voie motrice efférente (augmentation des P.M.E.) retrouvée pendant le mouvement imagé : la théorie psycho-neuromusculaire et la théorie cognitive.

N.B. : les P.M.E. renseignent sur le fonctionnement des voies nerveuses motrices entre les régions corticales et les muscles (cibles).

2.3.1. La théorie psycho-neuromusculaire

Cette théorie suppose que l'imagerie est suffisamment puissante pour déclencher des réponses motrices de plus faible intensité que la pratique réelle sans production concomitante de mouvement. Elle suppose qu'une image vivace et focalisée produit une activation musculaire subliminale, supérieure à celle du repos, comparable à celle observée lors d'un mouvement réel. Jacobson (1931) fut le premier à avoir enregistré des microcontractions musculaires par électromyogramme (E.M.G.) sur les fléchisseurs du bras lorsque les sujets s'imaginaient fléchir le bras [13]. Cette théorie est intéressante car elle justifierait l'amélioration de la performance suite à des séances d'I.M. Cependant elle reste très controversée. En effet, d'autres études révèlent que l'activité E.M.G. n'est pas systématiquement enregistrée, il semble alors difficile d'expliquer l'I.M. par cette simple théorie [8] [9]. L'augmentation des P.M.E. lors de l'I.M., selon ces auteurs, pourrait alors avoir comme origine l'activation des aires corticales et non une activité électrique subliminale.

2.3.2. La théorie cognitive

La théorie cognitive « diffère de la théorie psycho neuromusculaire en ce sens qu'elle n'implique pas d'activité électrique subliminale au niveau des muscles » [17]. Elle ne réduit pas les résultats de la performance de l'I.M. à une simple rétro-action musculaire, elle reconsidère l'importance des processus moteurs et cognitifs.

Elle attribue l'efficacité de la répétition mentale au traitement cognitif qui accompagne cette activité. En effet le développement des neurosciences cognitives et des techniques de neuro-imagerie pointues a permis d'étudier l'activité cérébrale, sur des sujets, au cours de l'exécution d'un mouvement et pendant l'I.M. Il a été constaté des similarités anatomiques et fonctionnelles au niveau du système nerveux central entre exécution réelle et I.M.

Afin de mieux appréhender le mécanisme sous-jacent de l'I.M. et les similarités avec le mouvement réel, il est nécessaire d'effectuer un rappel de la neurophysiologie du contrôle moteur.

2.3.2.1. La neurophysiologie du mouvement

Chaque hémisphère cérébral est divisé en quatre lobes (frontal, occipital, pariétal, temporal) délimités par des scissures et des sillons (Annexe II).

Nous nous focalisons essentiellement sur le lobe frontal car il est en grande partie responsable du contrôle moteur. Il est constitué par le cortex moteur primaire (aire 4), le cortex moteur associatif et le cortex préfrontal (aire 6).

Ce dernier est composé de l'aire prémotrice qui se subdivise en deux parties (aire prémotrice supérieure et aire prémotrice inférieure) et de l'aire motrice supplémentaire (fig. 1).

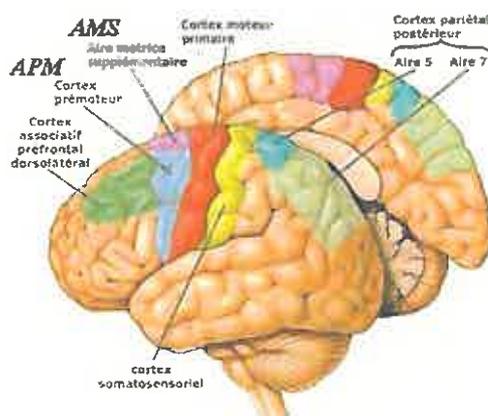


Figure 1 : description des différentes subdivisions du cortex frontal

L'aire prémotrice (ou cortex prémoteur) participe par sa partie supérieure à la planification de l'action et par sa partie inférieure à la programmation de l'action. L'aire motrice supplémentaire, quant à elle, intervient dans l'anticipation du mouvement et plus précisément dans l'initiation et la planification du geste en fonction des expériences passées. En définitive, le cortex préfrontal exerce un rôle d'anticipation, de planification et occupe une place importante dans l'organisation séquentielle et le contrôle temporel de l'action. Il permet la mise en place anticipée d'une réponse motrice future.

Le cortex préfrontal (aire 6) et le cortex frontal (zone de planification du mouvement), eux-mêmes informés par le cortex pariétal (zone de perception spatiale situant la position du segment dans l'espace), adressent une stimulation motrice vers le cortex moteur primaire (aire 4). La commande des mouvements volontaires provient de cette aire (située en arrière du lobe frontal juste avant le sillon central qui sépare le lobe frontal et pariétal). Effectivement c'est d'un point précis de l'aire 4 que part l'influx nerveux qui va déclencher la contraction musculaire. Ce point peut être localisé grâce à la représentation somatotopique des régions du corps correspondantes sur l'aire 4 (homoncule moteur de l'aire 4) (fig. 2).

N.B. : de l'homoncule moteur gauche proviendront les influx activant les muscles mobilisant le genou droit et de l'homoncule droit ceux qui activeront les muscles moteurs du genou gauche. Ceci est dû à la décussation du faisceau pyramidal qui a lieu au niveau du bulbe.

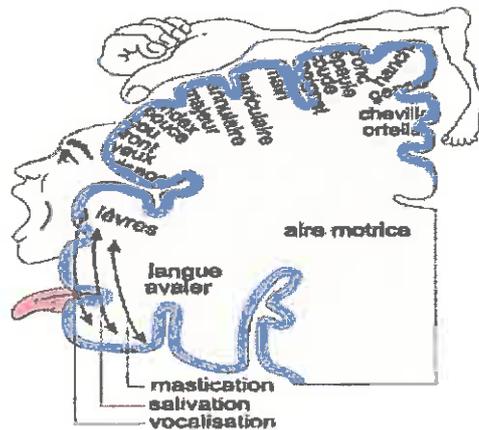


Figure 2 : homoncule moteur représentant l'organisation de la commande motrice des muscles du corps humain au niveau de l'aire cérébrale 4

L'influx en provenance des aires frontales, préfrontales et pariétales passe par différentes zones cérébrales de régulation dont les ganglions de la base (le noyau caudé, le putamen, le globus pallidus et le noyau sous thalamique) et l'hémisphère cérébral homolatéral (Annexe III). Ces zones de régulations auraient une action facilitatrice ou inhibitrice du mouvement si ce dernier est inadapté. En effet, il est important de noter le rôle des différentes boucles de rétro-action qui réalimentent chaque niveau du système au fur et à mesure des informations sensitivo-sensorielles que le mouvement fait naître.

Après les ganglions de la base l'information est transférée, via le thalamus, où elle subit encore une régulation avant de rejoindre l'aire motrice supplémentaire (Annexe III). Il va ainsi pouvoir adapter le geste du segment de membre à sa position dans l'espace et à la position du corps afin d'éviter les déséquilibres et les dysharmonies des mouvements.

Une fois que l'information a transité par le thalamus, elle rejoint le cortex préfrontal travaillant, à ce stade, conjointement avec le cervelet afin de déterminer le déroulement le plus harmonieux dans la contraction des différents muscles concernés. Le cervelet participe à l'ajustement fin des contractions musculaires et à la coordination des mouvements. Pour assurer son rôle de coordination et de précision des mouvements, le cervelet est en étroite relation avec le cortex cérébrale.

Enfin, à partir du cervelet, l'influx remonte vers l'aire 4 avec un nouveau contrôle en traversant le noyau ventro-latéral du thalamus. Nous retrouvons encore ce rôle de régulation du thalamus qui semble donner la touche finale incontournable à tout mouvement élaboré. Il agit comme un chef d'orchestre regroupant l'ensemble des informations cérébrales.

Finalement, le cortex moteur primaire (aire 4) transmet, par les influx nerveux moteurs du faisceau pyramidal, l'ensemble des informations recueillies au niveau du tronc cérébral et de la moelle épinière. Le faisceau pyramidal passe par la protubérance et le bulbe (à ce niveau se trouve la décussation du faisceau pyramidal), ce qui va encore moduler ou adapter les influx nerveux moteurs des muscles du membre concerné assurant ainsi le tonus et la stabilité de ces muscles. Le faisceau pyramidal, empruntant la voie cortico-spinale latérale spécifique à l'innervation des muscles des membres, assure la conduction de l'influx nerveux jusqu'aux motoneurones pour finalement produire la contraction des muscles nécessaire à la mobilisation de l'articulation, soit l'exécution du mouvement.

Chaque aire ou lobe est interconnecté quand il s'agit d'effectuer un geste, une action, une intention, afin d'obtenir une réponse motrice adaptée au contexte corporel et environnemental.

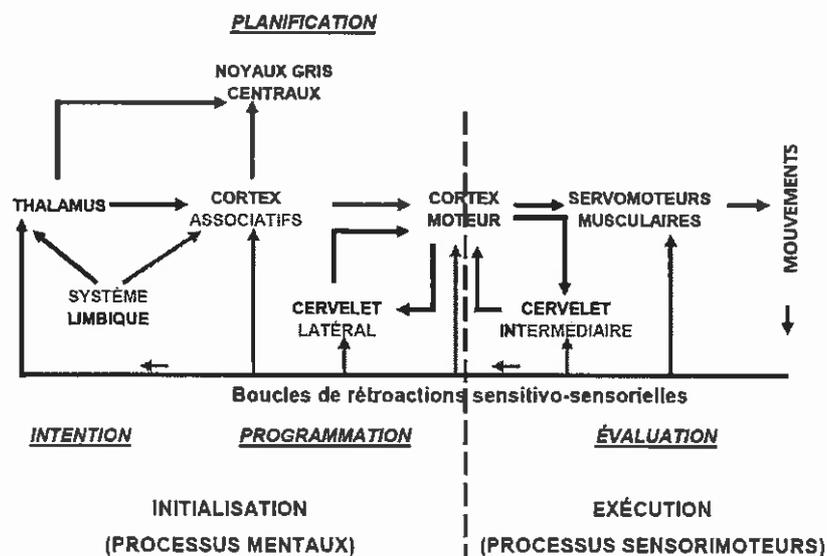


Figure 3 : les étapes du contrôle de la motricité (adaptation des schémas de Paillard J.) [7]

[13] [18]

En résumé, plusieurs étapes sont nécessaires à la réalisation d'un mouvement : l'intention, la planification, la programmation et l'exécution. Le cortex moteur est donc un carrefour anatomique et fonctionnel se situant entre l'initialisation de l'action (comportant l'intention, la planification, la programmation) et son exécution. Plus précisément, il est l'intermédiaire entre les commandes d'arrivée préparant l'action et celles de départ correspondant à l'exécution [7] [18] (fig. 3).

2.3.2.2. Les similarités neurophysiologiques entre imagerie motrice et exécution du mouvement

Des découvertes récentes ont détecté, lors de l'imagerie motrice, une augmentation de flux sanguin dans chaque hémisphère cérébral au niveau des régions préfrontales (10%), prémotrices et des aires motrices supplémentaires (15%) ainsi que dans le cervelet (15%). Cette augmentation de flux sanguin est également constatée dans ces différentes régions durant la réalisation d'un acte moteur (région préfrontale : 10%, aire motrice supplémentaire : 15%, cervelet 20%) [18].

L'ensemble des études [18] [19] [20] [21] de neuro-imagerie montrent une activation de ces différentes régions cérébrales participant à la programmation (régions prémotrices), à la planification (aire motrice supplémentaire) et à l'exécution du programme moteur (cervelet) lors de l'imagerie motrice. De plus Ehrsson *et al.* [22] rapportent que l'imagerie d'un mouvement particulier active les aires somatotopiques musculaires correspondantes au segment corporel imagé, au niveau du cortex primaire. Cependant Jackson *et al.* [21] précisent que l'I.M. améliore les performances en agissant sur la préparation et l'anticipation des mouvements plus que sur l'exécution même du mouvement. L'imagerie motrice optimiserait ainsi la programmation des actions à l'avance et cela profiterait lors de la réalisation du mouvement.

En plus d'engager des circuits neuronaux semblables à la tâche motrice, l'I.M. est soumise aux mêmes contraintes de temps que l'action réelle ; la durée du mouvement imaginé étant corrélée à celle du mouvement réel [6] [23].

Ces similarités neurophysiologiques semblent offrir un argument de poids en faveur de la théorie cognitive [8] [13].

2.4. Les facteurs influençant l'imagerie motrice [6]

Pour notre étude il est important de connaître les facteurs pouvant agir sur l'imagerie motrice. À notre connaissance il en existe trois principaux : les capacités individuelles en imagerie mentale, le niveau d'apprentissage et le type de tâche à effectuer.

Les capacités d'imagerie visuelle et d'imagerie kinesthésique sont propres à chaque être humain, comme toutes aptitudes cognitives ; il existe donc d'importantes différences inter-individuelles. Certaines personnes disposent de grandes capacités à imaginer alors que d'autres rencontrent de réelles difficultés. Les effets bénéfiques de l'imagerie sont principalement observés chez les sujets ayant des capacités importantes à imaginer. En revanche, chez les individus présentant des difficultés cet effet est moindre. Un test existe permettant de classer les capacités individuelles à imaginer en deux catégories (Annexe IV).

Le niveau d'apprentissage intervient aussi car il faut un minimum de pratique physique afin que la pratique mentale ait un effet. Le processus d'imagerie s'élabore à partir d'informations sensorielles acquises antérieurement pour construire une représentation. Ainsi les patients possédant une bonne représentation de leur schéma corporel par une pratique sportive régulière ont plus de facilités à imaginer que des personnes plus sédentaires. Chez les néophytes, la pratique mentale contribue à un meilleur schéma moteur.

Enfin, le type de tâche motrice à apprendre ou à réaliser influe sur l'imagerie. Dans notre étude, les opérations cognitives déterminent les séquences motrices. Nous obtenons donc une interdépendance entre ces deux composantes (motrice et cognitive). C'est uniquement dans ce cas que la pratique mentale peut agir, à la différence du jeu d'échec par exemple où l'on ne retrouve pas d'interdépendance (ce sont des opérations purement cognitives).

La motivation, facteur intrinsèque au sujet, n'est pas à négliger. C'est un «générateur interne d'énergie mentale» qui permet entre autre l'initialisation de la programmation motrice.

2.5. Les effets physiologiques de l'imagerie motrice

Lors de la simulation mentale, il est observé une modification des réponses physiologiques du système nerveux autonome (S.N.A.) sans qu'une activité E.M.G. ne soit enregistrée. Ces modulations du S.N.A. ne sont donc pas attribuables à une quelconque activité musculaire. Une augmentation significative de la pression artérielle, de la fréquence respiratoire et de la fréquence cardiaque est mesurée pendant l'I.M. Elle est également retrouvée lors d'un exercice physique. La bradycardie marquerait une augmentation de l'attention et la tachycardie, le traitement d'une information. De plus, cette hausse est corrélée à l'intensité de l'effort physique imaginé [6] [13]. La mesure de ces paramètres neurovégétatifs constituerait un moyen de contrôler en temps réel la qualité du travail mental d'une part et permettrait la distinction entre bons et mauvais imageurs d'autre part [8] [16].

3. PROBLÉMATIQUE

L'idée que l'I.M. puisse améliorer la performance n'est pas nouvelle. Depuis une vingtaine d'années, la contribution non négligeable de la simulation mentale est reconnue lors de lésions courantes chez le sportif immobilisé afin de conserver sa détermination, assurer le maintien de ses acquisitions antérieures et préparer dès les premiers instants son retour à la pratique physique dans les meilleures conditions. Elle est appliquée, au cours de la phase précédant la performance, comme moyen de focaliser l'attention ou de mémorisation du modèle à reproduire, ou encore, comme procédé d'inhibition des facteurs anxiogènes [7]. L'I.M. présente également un intérêt, en tant que technique complémentaire, dans l'amélioration de la motricité après un accident vasculaire cérébral,

dans les lésions cérébrales et médullaires, dans la maladie de Parkinson et pour diminuer la douleur du membre fantôme [15] [24].

Jusqu'à présent, les recherches se sont peu attardées sur l'intérêt de la représentation mentale dans un protocole de rééducation postopératoire concernant une population de sujets âgés et plutôt sédentaires.

Le fonctionnement sous-jacent de l'I.M. n'est pas encore totalement défini mais les résultats, attestant d'une activation similaire des régions cérébrales entre I.M. et exécution réelle, indiquent la participation évidente des structures corticales. Pour notre recherche, nous nous sommes appuyés sur des études démontrant un gain de force chez des sujets sains suite à des séances d'I.M. Yue et Cole [9] sont les premiers à avoir observé une amélioration de la force maximale volontaire au niveau de l'abducteur du pouce après un entraînement mental (22% pour le groupe imageur contre 29,7% pour le groupe pratique physique). Selon Raganathan *et al.* [8], qui ont fait le même constat, la répétition mentale entraînerait et habiliterait le cerveau à générer un signal plus fort. Elle permettrait de recruter plus d'unités motrices, par ailleurs inactives, conduisant à une force musculaire plus grande. Ainsi, lors de la réalisation des contractions maximales volontaires un plus grand nombre d'unités motrices sont recrutées augmentant ainsi la performance. L'I.M. améliorerait donc la force par une adaptation neuronale en limitant la diminution de surface du cortex moteur. Aucune activité E.M.G. n'a été enregistrée lors de ces études ce qui invaliderait la théorie psycho-neuromusculaire indiquant que la performance serait d'origine corticale [8] [9].

Nous savons que la physiologie de la contraction musculaire est fortement perturbée à la suite d'une lésion ou opération. Or c'est l'exécution fréquente du mouvement qui demeure le meilleur moyen d'acquérir une habileté motrice et d'améliorer sa performance ; la répétition d'une action a une influence sur la réorganisation du cortex moteur contrôlant les muscles entraînés [5]. Lorsque la mobilisation de l'articulation opérée est difficile, voire impossible, le recours à l'I.M. pourrait être alors une solution thérapeutique permettant de minimiser la perte de force tout en préservant l'intégrité physique (fatigue musculaire précoce, sidération, douleur...) et psychique du patient (appréhension des personnes âgées). Elle peut être utilisée dans certains cas rares d'immobilisation ou peut être

complémentaire de la rééducation classique de kinésithérapie. Soulignons qu'en aucun cas elle n'est comparable au bénéfice gagné lors du mouvement réel.

À partir de ces diverses théories, nous avons tenté d'appliquer l'I.M. à la rééducation post-arthroplastie afin de limiter la déperdition de force du quadriceps. Nous présenterons ici les résultats de cette étude.

4. MATÉRIEL ET MÉTHODE

4.1. Recherches bibliographiques

Nous avons débuté notre recherche par l'interrogation de Google scholar, Réédoc, Kinédoc, H.A.S., PEDro. Nous avons également interrogé les moteurs de recherches suivant : Kinésithérapie la Revue, Kinésithérapie Scientifique.

Nous avons sélectionné ensuite les articles dont le titre, le résumé et les mots clés étaient en lien avec notre sujet. Le choix fut difficile étant donné le nombre important de publications sur l'application de l'I.M. dans d'autres domaines tels que la réhabilitation post accident vasculaire cérébrale. C'est la littérature anglo-saxonne qui nous a fourni la plupart des articles. Nos recherches se sont étendues sur une période de 1988 à 2010. Lorsque nous trouvions un article qui semblait correspondre à notre sujet, nous examinions les références bibliographiques de l'auteur. Ces références se sont par la suite révélées très utiles.

Les recherches effectuées à la faculté de médecine et de sciences se sont avérées particulièrement fructueuses grâce à l'aide des documentalistes. Nous avons recherché des documents par l'intermédiaire des différents mots clés et nous avons pu obtenir des articles qui n'étaient pas à la disposition du grand public en interrogeant différentes banques de données (notamment PubMed). Par la suite les articles indispensables et restants introuvables nous ont été procurés par Monsieur Lebon (auteur d'une thèse).

Sur les moteurs de recherche francophone, les mots clés utilisés sont : imagerie motrice, stimulation mentale, représentation mentale du mouvement, entraînement mental, prothèse totale de genou, neurophysiologie du mouvement, gain de force, rééducation.

Sur les moteurs de recherche anglophone, les mots clés utilisés sont : motor imagery, mental practice, mental training.

4.2. Population

L'étude comprend neuf patients (sept hommes et deux femmes). Tous sont volontaires, issus du centre de rééducation DIVIO à Dijon et ont subi une arthroplastie totale de genou. Les sujets âgés de 59 à 83 ans (moyenne d'âge : 62,2 ans) réalisent deux mesures quotidiennes de la contraction maximale isométrique volontaire (C.M.I.V.) du quadriceps. Cinq des neuf participants sont recrutés afin de suivre une séance quotidienne d'imagerie motrice d'extension du genou en plus de la mesure de la C.M.I.V., ils constituent le groupe entraîné. Le reste des sujets (n=4) représente le groupe témoin. La répartition des neuf individus a été réalisée de façon aléatoire.

Les critères d'exclusion à cette étude sont les suivants :

- trouble(s) cognitif(s) empêchant la compréhension des consignes ou la concentration (Alzheimer, Huntington) [25] (Annexe V),
- une amputation des membres inférieurs,
- une complication opératoire,
- plus de dix jours postopératoires pour la première prise de mesure,
- ayant une contre indication au travail isométrique concentrique du quadriceps (suture de tendon quadricipital),
- pathologies neuromusculaires influençant directement ou indirectement des déficits de force musculaire (myopathie dystrophie, syndrome de Guillain Barré, maladie de Parkinson, syndrome de la queue de cheval).

Tableau I : présentation des différentes variables des sujets de l'étude (légende : Annexe VI)

sujet témoin	sexe	âge	Poids	Taille	BMI	Jr post op
6	1	59	79	170	27,34	10
7	1	62	100	170	34,60	8
9	1	62	117	182	35,32	9
10	1	79	81	174	26,75	9
<i>Moyenne</i>		65,5	94,25	174	31,00	
<i>Ecart-type</i>		9,11	17,88	5,66	4,59	
<i>Médiane</i>		62	90,5	172	30,9688581	
sujet entraîné	sexe	âge	Poids	Taille	BMI	Jr post op
1	2	75	75	165	27,55	10
2	1	83	71	175	23,18	9
3	1	78	85	178	26,83	8
5	1	70	100	170	34,60	10
8	2	67	64	160	25,00	7
<i>Moyenne</i>		74,60	79,00	169,60	27,43	
<i>Ecart-type</i>		6,35	13,98	7,30	4,35	
<i>Médiane</i>		75,00	75,00	170,00	26,83	

4.3. Matériel

Pour cette étude nous utilisons :

- un goniomètre à branche modèle Houdre,
- une chaise à quadriceps,
- une montre avec trotteuse,
- une poulie,
- une élingue,

- un dynamomètre pour mesurer la force du quadriceps,
 - une sangle pour attacher la cheville,
 - un tabouret réglable en hauteur afin de réaliser une extension de 20°;
- nous avons anticipé qu'un grand nombre de sujets se révèlent incapables d'avoir une flexion/extension complète dans un délai de sept à dix jours postopératoires.

Le matériel est resté au même emplacement pendant toute la durée de l'étude (un mois) dans un souci de reproductibilité. Seuls l'élingue et le tabouret ont été modifiés ou déplacés afin de s'adapter à la morphologie de chaque patient.



Figure 4 : présentation du dispositif utilisé pour les mesures

4.4. Méthode

Les séances d'imagerie motrice ainsi que les prises de mesures sont effectuées dans une pièce calme et suffisamment chauffée. En effet, l'attention est «un facteur de variabilité des effets positifs de l'imagerie», influencée par le milieu ambiant. Il est donc important qu'elle soit maximum, lors des exercices [6].

4.4.1. Mesures

Les mesures de la force du quadriceps concernent tous les participants, elles sont toujours réalisées à la même heure chez chaque sujet. Pour le groupe entraîné, elles sont faites avant la séance d'imagerie motrice. Les mesures sont effectuées deux fois. En effet, la première fois, le patient appréhende fortement la douleur que peut causer le mouvement et ne l'effectue pas correctement.

Nous commençons toujours par le membre inférieur sain afin de finir par le membre inférieur pathologique. Cela permet au groupe entraîné de faciliter la représentation du mouvement avant la séance d'imagerie motrice. En effet, il est plus aisé d'avoir effectué l'action avant de se l'imaginer. Le patient est assis sur la chaise à quadriceps, les fesses au bord de l'assise et les avant bras sur les accoudoirs. Nous attachons à la cheville la sangle reliée au dynamomètre afin de mesurer la force développée par le quadriceps. Le genou est placé chez tous les sujets à 20° d'extension (selon les repères osseux : grand trochanter - épicondyle latéral - malléole fibulaire) à l'aide du tabouret réglable.

L'étape suivante consiste à régler l'élingue dans le but d'obtenir une tension maximale. Puis, nous réglons la tare du dynamomètre à zéro. Une fois les étapes préalables exécutées, nous demandons au patient une contraction maximale du quadriceps. Elle est accompagnée d'encouragements verbaux en vue de motiver les sujets à réaliser une C.M.I.V., durant approximativement quatre secondes. Le dynamomètre étant gradué de 500 en 500 grammes, nous avons pris l'initiative d'arrondir, lorsque l'aiguille est entre deux mesures, à la supérieure.

4.4.2. Protocole

Ces séances concernent uniquement le groupe entraîné. Au préalable, nous expliquons le principe de l'imagerie motrice. Nous leur demandons de ressentir l'ensemble des informations somesthésiques et d'imaginer une contraction maximale de leur quadriceps. Nous rappelons en chaque début de séance les consignes.

Les sujets réalisent alors trois séries de dix essais imaginaires, chaque essai dure six secondes tout comme les pauses entre chacun des essais. Entre chaque série, le temps de latence est de deux minutes. Nous utilisons le même protocole que lors d'un renforcement musculaire puisque la durée du mouvement réel est strictement corrélée à celle du mouvement imaginaire [23].

Au signal vocal («allez-y») le patient commence à simuler mentalement la tâche motrice et il arrête à notre signal («stop»). Aucun mouvement n'est autorisé. Les yeux peuvent être ouverts ou fermés selon la convenance du sujet.

4.5. Analyses statistiques

Notre étude cherche à déterminer si l'imagerie motrice améliore de manière significative la force du quadriceps. Dans ce but, nous mesurons la force maximale isométrique (en kg) développée chez chaque individu afin de comparer les mesures du groupe entraîné et du groupe témoin. Nous calculons la médiane, l'effectif étant trop faible pour l'utilisation de la moyenne.

Nous utilisons cette variable quantitative dans le test non paramétrique de Mann et Whitney, comparant ainsi les médianes de deux échantillons non appariés c'est-à-dire de deux groupes différents.

Quant au test non paramétrique de Wilcoxon, il permet de comparer le gain de force entre la première mesure et la dernière tous groupes confondus.

Nous considérons les valeurs de p (p représente la puissance du test) inférieures ou égales à 0,05 comme différences significatives.

5. RÉSULTATS

5.1. Le gain de force tous groupes confondus

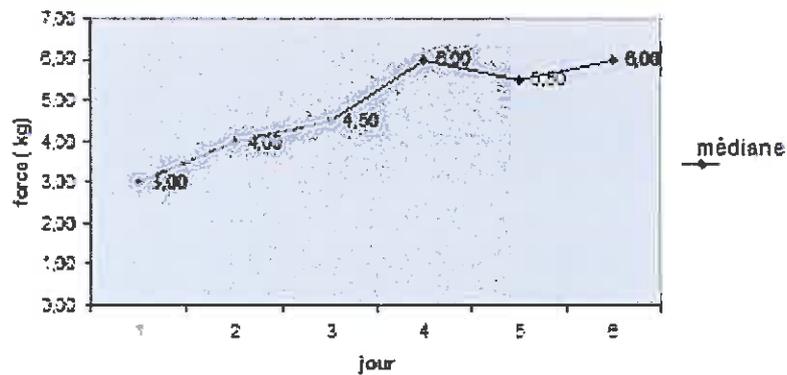


Figure 5 : évolution de la force tous groupes confondus

À l'aide du test non paramétrique de Wilcoxon, nous comparons la médiane de l'ensemble du groupe lors de la première mesure (3 kg) et la médiane de la dernière mesure (6 kg). La force de l'ensemble du groupe a ainsi été multipliée par deux. Nous pouvons alors conclure qu'il y a une amélioration significative de la force ($p = 0,027$) entre le premier jour (J1) et le dernier jour (J6), de l'ensemble des sujets (fig. 5). Néanmoins, nous remarquons certaine disparité entre les sujets. Le sujet 1 n'indique pas une réelle progression et le sujet 8 montre une chute de sa force au sixième jour (Annexe VII, Annexe VIII).

5.2. Comparaison du gain entre les deux groupes

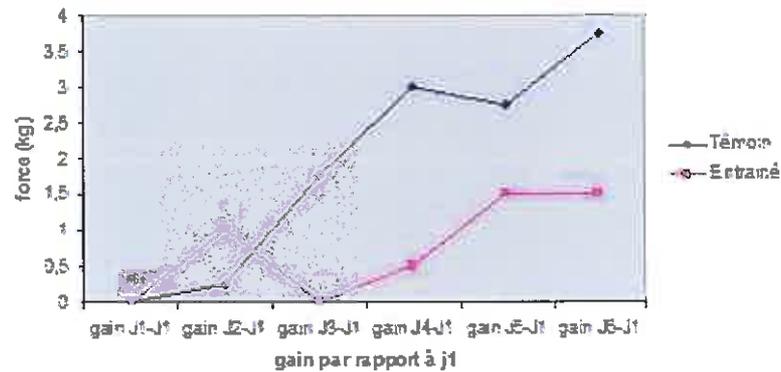


Figure 6 : évolution du gain de force pour chaque groupe au jour J par rapport à J1

Puis, nous comparons à l'aide du test de Mann et Whitney, la différence de gain entre le groupe entraîné et le groupe témoin pour chaque jour par rapport au premier jour (J1). Nous pouvons alors conclure à un résultat non significatif pour chaque jour (Annexe IX). Sur le graphique (fig. 6) en ordonné se trouve la différence entre la mesure au jour x et la mesure au premier jour, en abscisse la force (kg). À partir du troisième jour, nous pouvons lire que le gain de force dans le groupe témoin est supérieur à celui dans le groupe entraîné.

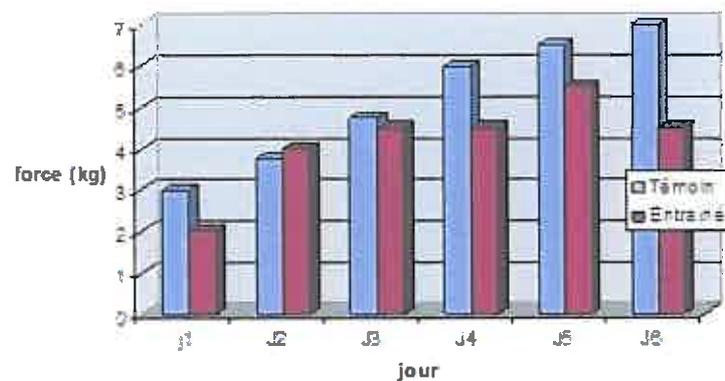


Figure 7 : différence de la force entre les deux groupes au jour J

Pour finir, nous comparons pour chaque jour la différence de force entre le groupe témoin et le groupe entraîné. D'après le graphique (fig. 7), nous pouvons observer qu'à partir du troisième jour la force est supérieure chez le groupe témoin. Au quatrième et sixième jour, la force du groupe entraîné est significativement inférieure à celle du groupe témoin (Annexe X).

6. DISCUSSION

6.1. Interprétation des résultats

Nous comparons les mesures de la force maximale isométrique du quadriceps (du côté de la prothèse) entre le groupe entraîné et le groupe témoin. Les résultats des tests de comparaison étant non significatifs, notre étude ne nous permet pas de démontrer les bénéfices de l'imagerie motrice. Ces résultats indiquent que la force moyenne dans le groupe témoin est significativement supérieure à celle du groupe entraîné au quatrième et sixième jour. Une différence significative du gain de force est observée pour l'ensemble du groupe entre les premières mesures et les dernières.

6.2. Comparaison avec d'autres études

Herber *et al.* [26] observent une différence de gain pour les fléchisseurs de coude entre le groupe témoin et le groupe entraîné et concluent à une différence non significative. Ils émettent la possibilité que cela serait dû à la petite représentation corticale de ces muscles. Ainsi, au niveau de l'homuncule moteur, la représentation cérébrale de l'appareil extenseur du genou n'est pas plus importante. Cela irait dans le sens de nos résultats.

Cependant, Ranganathan *et al.* [8] rapportent l'effet bénéfique de l'I.M. sur la force de ces mêmes muscles et l'abducteur du cinquième doigt. Mais un écart subsiste entre le gain de force des fléchisseurs de coude estimé à 13,5% et le gain de l'abducteur du cinquième à 35%. Ils expliquent

cela par la différence d'utilisation entre les deux groupes musculaires. En effet, l'abducteur du cinquième doigt étant beaucoup moins sollicité que les fléchisseurs de coude dans la vie quotidienne, cela lui laisse une plus grande marge de manœuvre dans la progression. Ils posent une autre hypothèse qui tend à rejoindre l'explication d'Herbert *et al.* : il serait plus difficile pour l'I.M. de jouer sur la plasticité de neurones initialement restreints.

En définitive, les muscles fréquemment utilisés bénéficieraient moins des effets positifs de l'imagerie motrice due à un faible potentiel de progrès. Il en est de même pour les muscles distaux car ils possèdent une faible représentation corticale par rapport aux muscles proximaux.

Cupal et Bower (2001) cités par Lebon [13] soulignent l'intérêt de l'I.M. dans un programme de réhabilitation sur la rééducation du ligament croisé antérieur. L'association de l'I.M. et de la relaxation dans cette rééducation a notamment permis de réduire la perception de douleur et le gain de force.

Des études récentes [24] [27] se sont intéressées à l'influence de l'âge sur la capacité à imaginer. Elles ont suggéré que le vieillissement normal était associé à une diminution de l'habileté à manipuler des images mentales visuelles et de la qualité de l'I.M. Cela pourrait être lié à l'altération de la mémoire de travail avec l'âge. L'imagerie visuelle serait plus sensible au vieillissement que l'imagerie kinesthésique. Les recherches étudiées [8] [9] concernant l'influence de l'I.M. sur le gain de force portent sur une population jeune. Or, la moyenne d'âge de notre échantillon est de 75 ans ; nous pourrions donc penser que leur capacité à imaginer est amoindrie.

6.3. Les biais et limites de l'étude

6.3.1. Les biais liés à l'étude

Il a été difficile de rassembler une population suffisante pour l'étude. En effet, la population concernée par une pose de prothèse de genou était peu nombreuse dans le centre (seize personnes). Le nombre d'individus, déjà limité, a encore été réduit par le refus de cinq personnes jugeant l'étude

trop astreignante après évocation des 20 minutes requises par jour. Enfin, nous avons été confrontés à l'abandon de deux personnes. Les échantillons sont ainsi réduits ce qui rend les données difficiles à interpréter et limite les moyens statistiques pouvant être déployés pour conclure à un quelconque résultat.

Afin d'éviter un éventuel biais, les sujets ont été répartis dans les deux groupes par tirage au sort. Or, ces deux groupes se sont constitués au fur et mesure de l'arrivée des patients au centre. Nous obtenons alors des échantillons qui diffèrent par le sex-ratio et l'âge. La médiane d'âge du groupe témoin est de 62 ans et celle du groupe entraîné de 75 ans ; le groupe entraîné est constitué de deux femmes alors que le groupe témoin n'en présente aucune. Il aurait fallu initialement disposer d'une population homogène en définissant avec plus de précision certains critères d'inclusion et d'exclusion (hommes, tranche d'âge). Cependant nous ne possédions pas une population suffisante, étant donné le temps qui nous était imparti, pour tenir compte de ces paramètres. Cette randomisation a pu induire un biais de sélection.

Les patients, en dehors des séances d'imagerie motrice, étaient pris en charge par différents kinésithérapeutes ayant chacun diverses techniques de rééducation. Parmi les sujets de l'étude certains pourraient ainsi avoir suivi des programmes axés sur un travail global ou au contraire plutôt analytique. Cette dernière approche, favorisant le renforcement du quadriceps, aurait pu influencer le gain de force de certains patients. Néanmoins, une étude [8] révèle que la force n'augmente pas de façon significative tant que le niveau maximal d'entraînement ne dépasse pas 60%. Il semble donc peu probable qu'une rééducation favorisant le travail analytique ou qu'une intensification des activités de la vie quotidienne influe sur le gain de force.

Afin d'être le plus reproductible possible, nous nous devons d'effectuer le protocole et les mesures à des horaires identiques pour chaque sujet. Etant donné que les patients suivaient un programme complet de rééducation nous avons dû, afin de ne pas entraver la rééducation, nous adapter aux contraintes temps et aux rendez-vous imprévus (rendez vous médical, radiologique...).

Les mesures ont été effectuées dans des conditions et avec les moyens disponibles à ce moment qui ne peuvent être ceux d'un laboratoire. D'une part, les données pourraient être trop

approximatives par un manque de précision du dynamomètre (500 en 500 grammes). D'autre part, l'intégration du travail mental dans l'entraînement de force requiert de la concentration. Ce paramètre, intrinsèque au sujet, ne peut être objectivé et se trouve très dépendant des contraintes inhérentes à l'environnement [13]. En tenant compte de ce facteur nous avons demandé une pièce isolée, mais le calme tout au long de la séance était difficile à obtenir (travaux, séance interrompu par un intervenant...).

Une plus longue prise en charge aurait été très certainement bénéfique. En effet dans l'étude de Ranganathan [8] le plus grand gain (40%) n'est atteint qu'à partir de la quatrième semaine suivant le début de l'entraînement mental. Cependant, nous avons été confrontés pour bon nombre de nos patients à des séjours de moins de deux semaines.

6.3.2. Les difficultés inhérentes au patient

Chaque individu est différent et dispose d'une capacité à imager plus ou moins grande. Ainsi des tests ont été élaborés pour différencier plus aisément les bons imageurs des mauvais. Il pourrait nous être reproché de ne pas avoir présélectionné les bons imageurs parmi les individus composant notre population. Mais il s'avère que ces tests permettant d'évaluer la qualité du travail mental et la capacité d'imagerie demandent beaucoup de temps ; temps qui nous manque dans cette étude.

Le délai postopératoire requis étant précoce (sept à dix jours), les douleurs sont souvent présentes empêchant ainsi, selon les dires de certains patients, la capacité à imager. Effectivement lorsque les sujets du groupe entraînés nous signalaient cette sensation douloureuse nous avons pu objectiver une diminution de la performance musculaire. La douleur limite la contraction maximale concentrique entravant ainsi la performance mesurée.

La motivation est le « générateur interne » de l'I.M., c'est ce qui lui permet d'avoir un effet aussi bénéfique chez les sportifs [7]. Mais la coopération des sujets, sur ce point, n'est pas vérifiable. La

fatigue du patient est aussi une donnée non quantifiable qui a pu tout autant influencer l'entraînement mental.

Selon Decety et Mick [7], pour que l'I.M. ait un effet il faut un minimum de pratique physique car le processus d'imagerie s'élabore à partir d'informations sensorielles acquises antérieurement. Nous avons pu rapporter, après avoir interrogé les sujets sur ce qu'ils ressentaient lors de l'I.M., que les patients possédant une bonne représentation de leur schéma corporel par une pratique sportive régulière, avaient plus de facilités à imaginer que des personnes plus sédentaires.

7. CONCLUSION

L'I.M. est couramment utilisée chez des sportifs afin de potentialiser leur performance. Au cours des dix dernières années, l'I.M. a montré son intérêt, en tant que technique complémentaire, dans l'amélioration de la motricité après un accident vasculaire cérébral, des lésions cérébrales et médullaires, dans la maladie de Parkinson et pour diminuer la douleur du membre fantôme. L'hypothèse la plus vraisemblable de l'origine du mécanisme de l'I.M. serait un processus cognitif.

Nous avons exploité ces recherches afin d'apprécier son effet sur un quadriceps affaibli après arthroplastie de genou. Les résultats obtenus suite à notre étude sont non significatifs et ne nous permettent pas de conclure à une quelconque influence de l'I.M. sur une faiblesse musculaire post opératoire. Néanmoins, ils auraient tendance à indiquer que la force développée par le groupe témoin est supérieure à celle du groupe entraîné. Ces résultats sont plutôt inattendus si l'on compare à ceux obtenus sur des individus sportifs.

Plusieurs hypothèses pourraient expliquer les résultats de notre étude. D'une part, le faible effectif de notre population ainsi que la présence de groupes hétérogènes (sex ratio et âge) limite notre analyse statistique.

D'autre part, plusieurs études [7] [8] [22] [24] [26] [27] ont révélé l'influence de certaines variables sur l'efficacité de l'I.M., telles que la taille de la représentation corticale du muscle sollicité, la localisation du muscle, la sédentarité et l'âge. L'ensemble de ces paramètres a pu avoir un impact sur notre travail. Les facteurs intrinsèques au sujet (stress, fatigue, concentration) pourraient tout autant agir sur la qualité de l'I.M. mais ils restent difficilement quantifiables.

Les résultats des études expérimentales chez des sujets sains et sur certaines pathologies nous encouragent à penser que, malgré l'obtention de résultats non significatifs, l'utilisation de l'I.M. a toute sa place dans la réhabilitation post arthroplastie combinée à une rééducation conventionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. **GELIS A., COUDEYRE E.** et al. – Orthèse plantaire et gonarthrose. - HERISSON C., CODINE P., BRUN V., CODINE P. - Arthrose du genou. – Paris : Masson, 2004. – p. 77 – 83. Collection de pathologie locomotrice et de médecine orthopédique ; 51
- [2]. **PERROT S.** – Rhumatologie – 4^{ème} éd. – Paris : Estem, Medline, 2002. – 301 p.
- [3]. **MIZNER R. L., STEVENS J. E., SNYDER-MACKLER L.** – Voluntary activation and decreased force production of the quadriceps femoris muscle after total knee arthroplasty. – Physical Therapy, 2003, 83, 4, p. 359 - 365
- [4]. **H.A.S.** – Critères de suivi en rééducation et d'orientation après arthroplastie totale du genou. - 2008. – Téléchargeable sur :
http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/reeducation_genou_ptg_-_recommandations.pdf
- [5]. **MALOUIN F., RICHARDS C.L., MCFADYEN B., DOYON J.** – Nouvelles perspectives en réadaptation motrice après un accident vasculaire cérébral. – Médecine / Sciences, 2003, 19, 10, p. 994 – 998.
- [6]. **GUEUGNEAU N., POZZO T., PAPAXANTHIS C.** - La stimulation mentale du mouvement : données expérimentales et implications clinique. - Kiné Scientifique, 2007, 475, p. 29 – 37.
- [7]. **DECETY J., MICK G.** – Représentation mentale du mouvement et performance motrice. – Médecine du sport, 1988, 62, 5, p. 232 – 239.
- [8]. **RANGANATHAN V. K., SIEMIONOW V., LIU J. Z., SAHGAL V., YUE G. H.** – From mental power to muscle power : gaining strength by using the mind. –Neuropsychologia, 2004, 42, p. 944 – 956.
- [9]. **YUE G., COLE K. J.** – Strength increases from the motor program : comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. - Journal of neurophysiology, 1992, 67, 5, p. 1114 – 1123.

- [10]. **CARME G., BRUNET J. F., DELORD K., DENIS J., DUFOIS M. P., HOMBERT H., LEVOIVENEL K., LOUISMET F., PESCHEUX J., RIZET T., SEBAA K.** - Evaluation algo-fonctionnelle et kinésithérapie après prothèse totale de genou. – Kiné Scientifique, 2007, 480, p. 29 – 35.
- [11]. **WITVOET J.** – Surgical approaches for total knee arthroplasty. – DUPARC J. – Prothèse totale du genou. – Paris : Expansion Scientifique Française, 2002. – p. 71 – 83. - Cahiers d'enseignement de la SOFCOT ; 81.
- [12]. **MANDRINO A.** – Chirurgie de la gonarthrose. – Kiné Scientifique, 2001, 411, p. 33 – 41.
- [13]. **LEBON F.** – Efficience du travail mental sur le développement et le recouvrement des capacités motrices : force musculaire et imagerie motrice. Thèse STAPS : Lyon, Université Claude Bernard : 2009. – 253 p.
- [14]. **DUFOUR M.** - Anatomie de l'appareil locomoteur : membre inferieur. – 2^{ème} éd. – Paris : Masson, 2007. – 479 p.
- [15]. **WHITE A., HARDY L.** – An in-depth analysis of uses of imagery by high level slalom canoeist and artistic gymnast. – The Sport Psychologist, 1998, 12, p. 387 – 403.
- [16]. **LOTZE M., HALSBAND U.** – Motor imagery. – Journal of Physiology, 2006, 99, p. 386 – 395.
- [17]. **RICHARD H.** - Psychologie du sport. – 1^{ère} éd. – Bruxelles : De Boeck, 2005. – 409 p.
- [18]. **COLLET C., PAILLARD J.** – Mouvements et cerveau : neurophysiologie des activités physiques et sportives. – 1^{ère} éd. – Paris : De Boeck, 2002. – 233 p.
- [19]. **DECETY J., PHILIPON B., INGVAR D. H.** - rCBF Landscapes during motor performance ad motor ideation of a graphic gesture. – European Archives of Psychiatry and neurological Sciences, 1988, 238, p. 33 – 38.
- [20]. **DECETY J., PERANI D., JEANNEROD M., BETTINARDI V., TADARY B., WOODS R., MAZZIOTTA J. C., FAZIO F.** – Mapping motor representations with positron emission tomography. – Nature, 1994, 371, p. 600 – 602.

- [21]. JACKSON P. L., LAFLEUR M. F., MALOUIN F., RICHARDS C. L., DOYON J. – Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. – Neuroimage, 2003, 20, p. 1171 – 1180.
- [22]. EHRSSON H. H., GEYER S., NAITO E. – Imagery of voluntary movement of fingers, toes, and tongues activates corresponding body-part-specific motor representations.- Journal of Neurophysiology, 2003, 90, p. 3304 – 3316.
- [23]. DECETY J., GRÈZES J., COSTES N., PERANI D., JEANNEROD M., PROCYK E., GRASSI F., FAZIO F. - Brain activity during observation of action : influence of action content and subject's strategy. – Brain, 1997, 120, p. 1763 – 1777.
- [24]. MALOUIN F., RICHARDS C. L., DURAND N. – Normal aging and motor imagery vividness: implications for mental practice training in rehabilitation. – Arch Phys Med Rehabil, 2010, 91, p. 1122 - 112.
- [25]. YAGÜEZ L., CANAVAN A. G., LANGE H. W., HOMBERG V. – Motor learning by imagery is differentially affected in Parkinson's and Huntington's diseases. – Behav Brain Res, 1999, 27, p. 102 – 115.
- [26]. HERBERT R. D., DEAN C., GANDEVIA S. C. – Effects of real and imagined training on voluntary muscle activation during maximal isometric contractions. – Acta Physiologica Scandinavica, 1998, 163, p. 361 – 368.
- [27]. SAIMPONT A., POZZO T., PAPAXANTHIS C. – Aging affects the mental rotation of left and right hand. – PloS ONE, 2009, 4, (8) e6714

Pour en savoir plus :

<http://experimentarium.u-bourgogne.fr/spip.php?article438>

<http://www.curiosphere.tv/video-documentaire/0-toutes-les-videos/106370-reportage-simulation-mentale-et-precision-du-geste-sportif>

ANNEXES

ANNEXE I : fiche de recueil des données

N° :

Sexe :

Poids :

Taille :

Age :

Genou opéré : Droit / Gauche

Origine de l'arthroplastie :

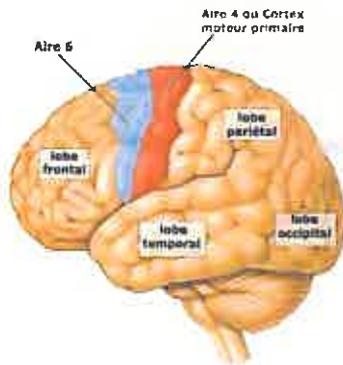
Date de l'Opération :

Sport : (si oui, lequel et combien de temps)

Latéralité :

	Date	Date	Date	Date	Date	Date	Date....
force genou droit							
force genou gauche							
EVA							

ANNEXE II : lobes et cortex cérébraux

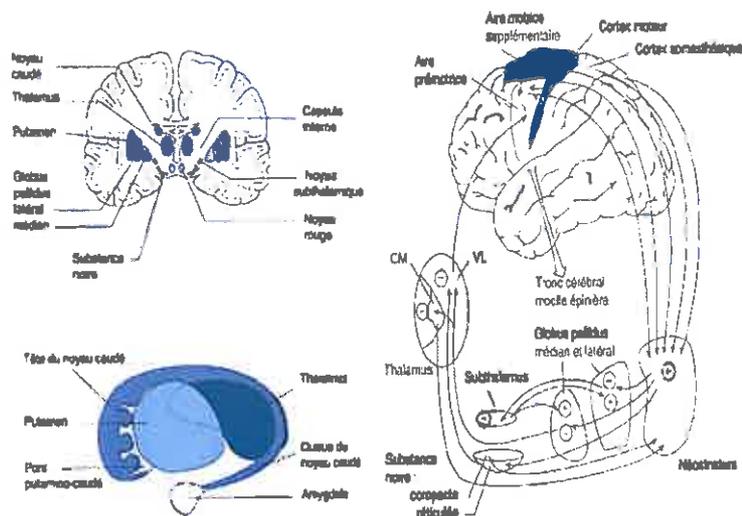


Les quatre lobes du cortex



Les différents cortex cérébraux.

ANNEXE III : les noyaux gris centraux



L'influx en provenance des aires frontales, préfrontales et pariétales passe par différentes zones cérébrales de régulation dont les **ganglions de la base** (le noyau caudé, le putamen, le globus pallidus et le noyau sous thalamique) et l'hémisphère cérébral homolatéral. Après les ganglions de la base l'information est transférée, via le **thalamus**, où elle subit encore une régulation avant de rejoindre l'aire motrice supplémentaire.

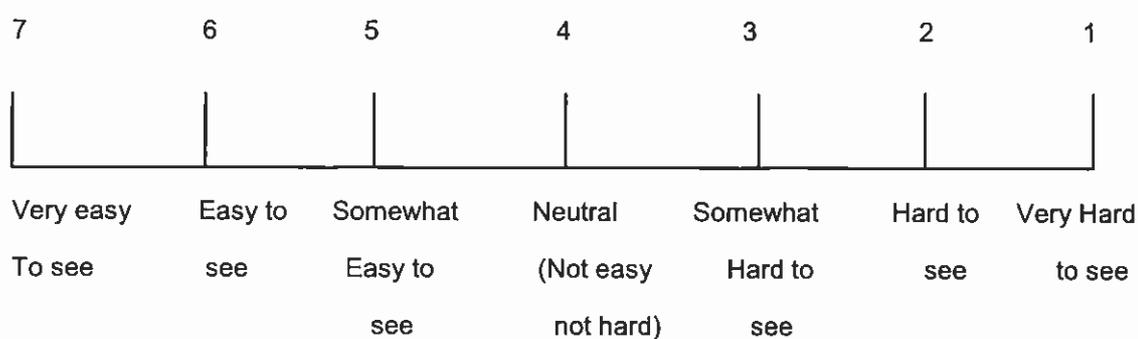
ANNEXE IV : Test permettant d'évaluer la faculté à imaginer

MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE – REVISED (MIQ-R)

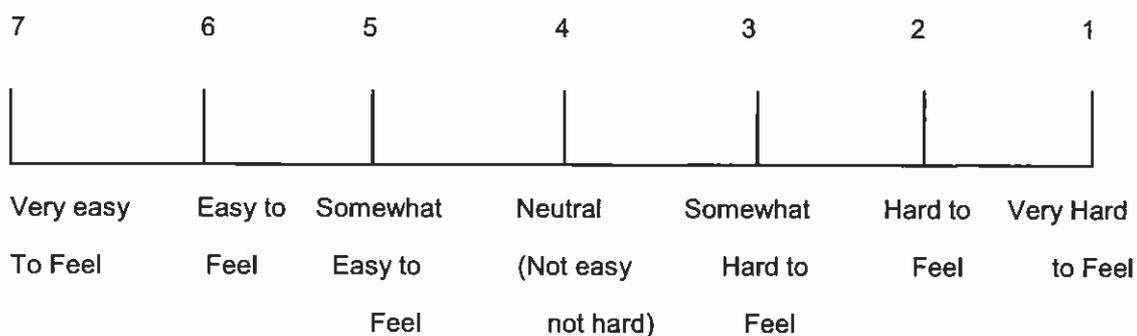
Craig R. Hall and Kathleen A. Martin, 1997

RATING SCALES

Visual Imagery Scale



Kinesthetic Imagery Scale



MOVEMENT IMAGERY QUESTIONNAIRE REVISED TEST ITEMS

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

ACTION: Raise your right knee as high as possible so that you are standing on your left leg with your right leg flexed (bent) at the knee. Now lower your right leg so that you are again standing on two feet. Perform these actions slowly.

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

Rating

2. STARTING POSITION: Stand with your feet slightly apart and your hands at your sides.

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

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to see yourself making the movement just performed with as clear and vivid a visual image as possible. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating

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

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

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

Rating

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

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

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to see yourself making the movement just performed with as clear and vivid a visual image as possible. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating

5. STARTING POSITION: Stand with your feet slightly apart and your hands at your sides.

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

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

Rating

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

ACTION: Raise your right knee as high as possible so that you are standing on two feet. Perform these actions slowly.

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to see yourself making the movement just performed with as clear and vivid a visual image as possible. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

Rating

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

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

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

Rating

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

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

MENTAL TASK: Assume the starting position. Attempt to see yourself making the movement just performed with as clear and vivid a visual image as possible. Now rate the ease/difficulty with which you were able to do this mental task.

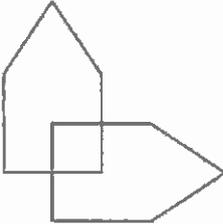
Rating

Movement Imagery Questionnaire (MIQ-R)

The Revised Movement Imagery Questionnaire (MIQ-R) (Hall & Martin, 1997) was used to assess each subject's ability to imagine movement. The purpose of the MIQ-R was to evaluate the subject's ability to see (visual imagery) and feel (kinesthetic imagery) movements. This instrument consists of 8 items, 4 visual and 4 kinesthetic, each item being a separate movement. The MIQ-R is a revised version of the MIQ (Hall & Pongrac, 1983). The test-retest coefficient for the MIQ is .83 for a 1-week interval (Hall, Pongrac, & Buckolz, 1985). Similarly, Atienza et al. (1994) reported internal consistencies of .89 for the visual subscale and .88 for the kinesthetic subscale of the MIQ. Hall and Martin (1997) found a significant correlation between the MIQ and the MIQ-R in both scales, visual and kinesthetic. They conclude that the MIQ-R is an acceptable revision of the MIQ.

Completing an item on the MIQ-R questionnaire requires several steps. First, the movement is produced by the subject exactly as described. Second, the movement is imaged either visually or kinesthetically (no movement is actually performed). Third, a value is assigned from a seven-point rating scale regarding the ease/difficulty with which the movement was imaged. A low rating indicates that a movement is difficult to image and a high rating indicates that a movement is easy to image. A visual score and a kinesthetic score for each subject is obtained by summing the items. Therefore, each of these two scores (visual and kinesthetic) can range from 4-26.

ANNEXE V : Mini Mental States permettant de classer les capacités individuelles à imager en deux catégories

Score maximal	Score	
5	ORIENTATION (1 point par réponse juste) -En quelle année sommes-nous ? -Quelle saison ? - Quel mois ? -Quelle est la date ? -Quel est le jour ?
5	-Dans quel pays sommes-nous ? -Quelle ville ? -Quel département ? -Quel est le nom de l'hôpital ? (ou adresse du médecin) -Quelle salle ? (ou endroit, cabinet, etc,...)
3	APPRENTISSAGE Donner 3 noms d'objets au rythme de un par seconde (ex : cigare, fleur, porte) ; à la répétition immédiate compter 1 par réponses correctes. Répéter jusqu'à ce que les 3 mots soient appris. Compter le nombre d'essais (ne pas coter).
5	ATTENTION ET CALCUL Compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois. Arrêter après 5 soustractions. Noter le nombre de réponses correctes.
3	RAPPEL Demander les 3 noms d'objets présentés auparavant (1 point par mot correct)
9	LANGAGE -Dénommer un stylo, une montre (2 points) -Répéter : "Il n'y a pas de mais, ni de si, ni de et" (1 point) -Exécuter un ordre triple : "Prenez un papier dans la main droite, pliez le en deux et jetez le sur le plancher" (1 point par item correct) -Copier le dessin suivant (1 point) : Tous les angles doivent être présents  -Ecrire une phrase spontanée (au moins 1 sujet et 1 verbe, sémantiquement correcte, mais la grammaire et l'orthographe son indifférentes (1 point)
TOTAL (30)	
Apprécier le niveau de vigilance sur un continuum : Vigile Obnubilé Stupeur Coma		

Détérioration intellectuelle légère entre 21 et 15 points ; modérée entre 5 et 15 ; sévère au-dessous de 5.

ANNEXE VI : légende du tableau I

- Sexe : Homme = 1, Femme = 2.

- Âge : en années.

- Poids : en kilogramme.

- Taille : en centimètre.

- BMI (Body Masse Indice = Indice de Masse corporelle) : $\text{Poids} / (\text{Taille} \times \text{Taille})$.

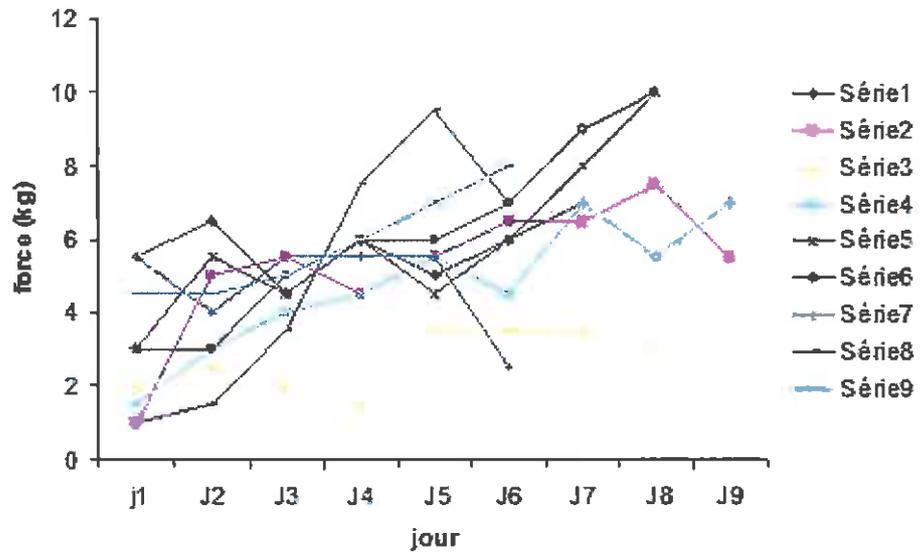
- Force : en kilogramme.

ANNEXE VII : mesures de la force du quadriceps chez les neuf sujets du coté de l'arthroplastie

Sujet	J1	J2	J3	J4	J5	J6
1	5,5	6,5	4,5	6	5	6
2	1	5	5,5	4,5	5,5	6,5
3	2	2,5	2	1,5	3,5	3,5
5	1,5	3	4	4,5	5,5	4,5
6	3	5,5	4,5	6	4,5	6
7	3	3	5	6	6	7
8	5,5	4	5,5	5,5	5,5	2,5
9	1	1,5	3,5	7,5	9,5	7
10	4,5	4,5	5	6	7	8
<i>Moyenne</i>	<i>3,07</i>	<i>4,21</i>	<i>4,43</i>	<i>4,86</i>	<i>5,07</i>	<i>5,14</i>
<i>écart type</i>	<i>1,81</i>	<i>1,50</i>	<i>1,21</i>	<i>1,63</i>	<i>0,84</i>	<i>1,68</i>
<i>Médiane</i>	<i>3,00</i>	<i>4,00</i>	<i>4,50</i>	<i>5,50</i>	<i>5,50</i>	<i>6,00</i>
<i>quartile 1</i>	<i>1,75</i>	<i>3,00</i>	<i>4,25</i>	<i>4,5</i>	<i>4,75</i>	<i>4,00</i>
<i>quartile 3</i>	<i>4,25</i>	<i>5,25</i>	<i>5,25</i>	<i>6,00</i>	<i>5,50</i>	<i>6,25</i>

Tableau des mesures de la force du quadriceps chez les neuf sujets du coté de l'arthroplastie.

ANNEXE VIII : évolution de la force (kg) pour les neuf sujets (série).



ANNEXE IX : comparaison des médianes de chaque groupe pour chaque jour par rapport à J1 par le test de Mann et Whitney.

	groupe témoin	groupe entraîné	t	p
J2-J1	0,25	1,00	0,11	>0,05
J3-J1	1,75	0,00	0,53	>0,05
J4-J1	3	0,50	0,53	>0,05
J5-J1	2,75	1,50	0,21	>0,05
J6-J1	3,75	1,50	0,39	>0,05

ANNEXE X : comparaison des médianes de chaque groupe au jour J par le test de Mann et Whitney.

	groupe témoin	groupe entraîné	t	p
J1	3	2,00	0,9	>0,05
J2	3,75	4,00	0,7	>0,05
J3	4,75	4,50	0,9	>0,05
J4	6	4,50	0,03	<0,05
J5	6,5	5,50	0,13	>0,05
J6	7	4,50	0,04	<0,05