



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/authorsrights>

# L'imagerie motrice en rééducation



## Motor imagery in rehabilitation

<sup>a</sup>Centre hospitalier Loire-Vendée-Océan, boulevard Guérin, 85300 Challans, France

<sup>b</sup>Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage (CeRCA, CNRS UMR 7295), Maison des Sciences de l'Homme et de la Société, 5, rue Théodore-Lefebvre, 86000 Poitiers, France

Thomas Rulleau <sup>a,b</sup>  
Lucette Toussaint <sup>b</sup>

Reçu le 26 juillet 2013 ; reçu sous la forme révisée le 20 décembre 2013 ; accepté le 20 décembre 2013

### RÉSUMÉ

Dans le cadre actuel des avancées des neurosciences et de la médecine factuelle, l'imagerie motrice semble une technique prometteuse pour les rééducateurs. Dans cette revue de la littérature, nous présentons les bases nécessaires à la compréhension et à la mise en place d'un programme d'imagerie. Notre objectif est d'apporter des réponses aux questions suivantes : quelles sont les bases neuroscientifiques de la pratique en imagerie motrice ? Quelles sont les critères de bonnes pratiques et les moyens de les évaluer ? Quelles sont les indications et les contre-indications ? Enfin, nous présenterons des exemples d'applications cliniques. Nous concluons sur le fait que l'imagerie motrice présente peu de risques ainsi qu'un faible coût. Dans le domaine de la rééducation, recourir à l'imagerie motrice entre donc dans le cadre de la transition actuelle vers des pratiques basées sur les preuves.

Niveau de preuve. – Non adapté.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

### SUMMARY

*In the current context of advances in neuroscience and evidence-based medicine, motor imagery is a promising technique for therapists. In this literature review, we detailed the basis for understanding and implementing a motor imagery program. Our goal is to provide answers to the following questions: what are the neuroscientific bases for motor imagery? What are the criteria of best practice and the means to assess it? What are the indications and contra-indications? Finally, we will present some clinical applications, before concluding on the low risks and low cost of motor imagery practice. In the field of rehabilitation, motor imagery practice is therefore within the scope of the current transition to evidence-based practices.*

Level of evidence. – Not applicable.

© 2014 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

### INTRODUCTION

Avec le développement des connaissances sur le fonctionnement cérébral, de nouvelles techniques œuvrant sur la plasticité du système nerveux central se mettent en place. L'imagerie motrice (IM), « qui consiste à s'imaginer une action sans l'exécuter physiquement » [1], appartient à ces techniques en devenir, s'imaginer réaliser une action présentant de fortes similitudes fonctionnelles et structurales avec sa pratique réelle [2]. La littérature s'étoffe actuellement avec l'apparition de méta-analyses [3,4] et de recommandations de pratiques

cliniques [5] incluant l'IM. Dans la perspective de la mise en place d'un programme, il semble utile de proposer une revue reprenant les points importants.

### QUELLES SONT LES BASES NEUROSCIENTIFIQUES QUI SOUS-TENDENT L'IMAGERIE MOTRICE ?

#### La théorie de la simulation

D'après la théorie de la simulation [2], l'action est composée d'une phase invisible appelée anticipation, puis d'une phase visible appelée

### Mots clés

Imagerie motrice  
Pratique mentale  
Rééducation  
Simulation mentale

### Keywords

Motor imagery  
Mental practice  
Rehabilitation  
Mental simulation

### Auteur correspondant :

**T. Rulleau,**  
Service rééducation, centre hospitalier Loire-Vendée-Océan, boulevard Guérin, 85300 Challans, France.  
Adresses e-mail :  
thomas.rulleau@univ-poitiers.fr (T. Rulleau),  
lucette.toussaint@univ-poitiers.fr (L. Toussaint)

exécution. Dans la phase d'anticipation 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. La théorie de la simulation postule que la phase d'anticipation comporte tous les mécanismes d'une action faite, mais non exécutée. Le principe de similarité structurale et fonctionnelle entre la simulation et l'exécution d'action serait à l'origine de l'amélioration de la performance exécutée à la suite d'une pratique mentale. Cette dernière activerait les aires spécifiques du mouvement et permettrait de construire des associations parmi les processus impliqués dans la motricité [6]. Les répercussions fonctionnelles seraient liées à l'amélioration de l'efficacité du recrutement de l'engramme<sup>1</sup> du mouvement et aux modulations induites de l'excitabilité corticospinale, en fonction du muscle, de sa contribution spatiale et temporelle dans le mouvement [7,8].

### La matérialité de l'IM

En dépit de l'absence effective de mouvements, certaines données attestent de la matérialité des images mentales. Tel est le cas lorsque les techniques d'exploration cérébrale mettent en évidence l'activation de structures neuronales communes entre IM et pratique physique (PP) [2,7]. Dietrich insiste néanmoins sur les résultats de l'analyse factuelle des données de l'exploration cérébrale, la similarité structurale entre IM et PP n'ayant été montrée que sur des articulations distales et sur des mouvements simples [9]. L'enregistrement de paramètres du système nerveux autonome (SNA) valide l'hypothèse de similarité fonctionnelle entre IM et PP [7]. Certains auteurs rapportent une corrélation de l'enregistrement d'activités électrodermale, thermo-vasculaire et cardio-respiratoire entre PP ou IM [10]. Ces résultats suggèrent que le SNA serait activé par la simulation motrice pour préparer l'organisme aux besoins énergétiques auxquels il aurait à subvenir. Le principe de similarité fonctionnelle ressort également des études en chronométrie mentale. Ces études reposent sur l'évaluation d'une adéquation entre la durée des pratiques mentales et physiques d'une action (ou isochronie). En proposant une tâche de marche réalisée mentalement et physiquement sur différentes distances et largeurs, Decety et Jeannerod ont montré que les performances sont conformes à la loi de Fitts<sup>2</sup> [11]. Les actions simulées répondent donc aux règles motrices centrales signifiant l'implication de représentation sensorimotrices commune à l'IM et à la PP.

### QUELLES SONT LES MOYENS D'ÉVALUATION ET LES CRITÈRES DE BONNES PRATIQUES ?

La recherche d'un cadre méthodologique pour des séances d'IM atteste d'une littérature relativement pauvre en descriptions précises. Braun et al. [12] proposent une approche en cinq étapes :

- évaluer les capacités du patient à suivre un programme d'IM ;
- expliquer la nature du traitement proposé ;
- enseigner la technique d'imagerie ;

<sup>1</sup>Trace biologique du mouvement dans le cerveau.

<sup>2</sup>La loi de Fitts prédit le temps requis pour aller d'une position de départ à une zone finale, en fonction de la distance et de la taille de la cible.

- incorporer le traitement dans la prise en charge ;
- développer une flexibilité dans la capacité du patient à auto-générer son traitement.

Certains points étant habituels en rééducation, nous allons développer ceux spécifiques à l'IM.

### Évaluation des capacités IM

En conservant à l'esprit qu'il est difficile d'évaluer les capacités d'imagerie motrice [13], les mesures de chronométrie mentale peuvent toutefois donner des informations intéressantes. L'isochronie entre IM et PP lors d'une tâche de steppage a conduit Malouin et al. [14] à recommander le recours au *Timed Dependent Motor Imagery* (TDMI) pour déterminer les capacités d'imagerie des patients. Le TDMI est un test clinique rapide qui 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. Une deuxième méthode d'évaluation des capacités d'IM est le test de latéralité (manuelle ou podale). Ce test consiste à présenter des photographies de segments corporels (e.g. : un pied), dont le patient doit déterminer la latéralité (pied droit vs. pied gauche). Les images peuvent être présentées selon divers angles de rotations (0°, 40°, 80°, etc.) en sens horaire ou anti-horaire. Les mesures portent alors sur l'exactitude et le temps mis pour répondre [15]. De façon générale, le temps de réponse augmente avec l'angle de rotation des images, l'augmentation étant plus marquée pour les positions biomécaniquement inconfortables. Des temps de réponses élevés apparaissent également dans certains cas où la représentation corticale est altérée par des perturbations d'origine périphérique (Syndrome douloureux régional complexe de type 1 [SDRC1] [16], immobilisation d'un membre [17]). Ces temps de réponse plus longs attestent de l'engagement des participants dans une stratégie d'imagerie motrice pour réaliser la tâche, et par conséquent l'implication des processus sensorimoteurs et des contraintes qui s'y rattachent. Ils reposent sur le fait que pour identifier la latéralité de l'image d'un pied, les participants s'imaginent eux-mêmes bouger leur pied dans la position correspondante, bien qu'aucune consigne allant dans ce sens ne leur ait été donnée. Pour le praticien, l'avantage principal de ce test est une évaluation reproductible inter-opérateurs.

L'évaluation des capacités d'imagerie motrice par le *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire* (KVIQ [18]) peut s'avérer intéressante dans le cadre de la rééducation. Le patient doit répondre à une série de questions en respectant quatre étapes :

- adopter une position de départ spécifique ;
- effectuer physiquement un mouvement ;
- s'imaginer exécuter ce même mouvement ;
- coter sur une échelle croissante de 1 à 5 la clarté visuelle de l'image formée ou l'intensité de la sensation kinesthésique associée à cette même image.

Pour le praticien, l'intérêt du KVIQ réside dans la possibilité de déterminer la modalité d'imagerie préférée du patient (modalité visuelle versus kinesthésique) et d'orienter la pratique en IM en tenant compte des préférences individuelles dans le but d'en maximiser les effets.

## Les bonnes pratiques dans la mise en place d'un programme

Nous allons maintenant présenter les paramètres qui doivent être pris en compte pour pratiquer des séances d'imagerie efficaces. Schuster et al. ont analysé 17 points dans une méta-analyse [19]. Nous allons ci-dessous développer les points importants à retenir.

La pratique doit être la plus écologique possible (position et environnement du sujet [19]). Ce choix permet de transmettre les informations proprioceptives et extéroceptives influençant l'IM [13,20]. Cependant la fatigue doit être prise en compte car elle influence la simulation de l'action [21].

L'ordre de la pratique a aussi son importance. Pour certains auteurs, les bénéfices de l'IM seraient accrus par une séance de PP préalable [19]. Pour d'autres, il serait plus intéressant d'alterner les deux avec un ratio de 10 à 100 essais de PP pour un essai d'IM [8,13]. L'objectif est de fournir avec la PP des informations proprioceptives facilitant la stimulation corticospinale.

Un autre point intéressant est la possibilité de modifier volontairement la durée de l'action imaginée pour insister sur certains passages difficiles de l'action [22].

Derniers points importants, la perspective<sup>3</sup> interne et la modalité<sup>4</sup> kinesthésique contribuent plus efficacement à l'amélioration de la performance physique [19].

## QUELLES SONT LES INDICATIONS ET LES CONTRE-INDICATIONS ?

Dans la partie suivante, nous allons faire le point sur les champs d'application, ainsi que les précautions à prendre.

### Indications

L'intérêt de l'IM est de pouvoir simuler un mouvement lorsqu'un sujet est incapable de le produire physiquement en qualité ou en quantité. Certains travaux récents soutiennent que l'IM est indiquée en neurologie centrale [1,4,5,23,24], dans les cas de douleurs au niveau des membres [3] ou d'immobilisation due au port d'un plâtre ou d'une attelle [1,17]. La technique est issue du domaine sportif où son utilisation est courante [1]. L'IM semble donc applicable à beaucoup de champs de la rééducation. De plus, elle présente l'avantage d'être peu coûteuse, ne nécessitant pas de matériel de rééducation spécifique.

### Contre-indications

À notre connaissance, il n'existe pas de contre-indication absolue, mais des contre-indications relatives existent. L'IM peut provoquer une hyper-confiance en soi amenant à prendre des risques vis-à-vis de ses capacités réelles, d'où l'utilité de finir par une PP si cela est possible. Certains auteurs rapportent également une persistance de la douleur lors d'une mauvaise utilisation de l'IM chez un patient avec un SDRC1 [25]. De même, chez une patiente amputée traitée pour des

douleurs du membre fantôme, une gêne est décrite lors du travail avec la boîte miroir [26].

## APPLICATIONS PRATIQUES

### Prise en charge de la douleur

Une méta-analyse de la librairie Cochrane place l'IM dans les pratiques utilisées pour soigner le SDRC1 [3]. L'IM est intégrée dans un programme appelé Imagerie Motrice Graduée (ou *Graded Mental Imagery*, GMI). La GMI est composée de trois phases. La première phase consiste à réaliser une tâche d'IM implicite de reconnaissance de latéralité de segments corporels (cf. test de latéralité). La deuxième phase correspond à une tâche d'IM explicite. Le patient observe des images présentant différentes positions corporelles et doit s'imaginer les reproduire sur lui-même. La troisième phase est celle de la boîte miroir où le patient observe, par l'intermédiaire d'un miroir, son membre controlatéral (le membre sain) effectuer des mouvements. Ceci permet l'activation des zones cérébrales correspondant au côté douloureux. Le protocole utilisé est de 2 semaines pour chaque phase, dans un contexte spécifique de standardisation nécessaire à la recherche [27,28]. Dans le contexte clinique et avec en mémoire les conséquences d'une erreur de phase [25], il nous semble utile de conseiller le passage d'une phase à l'autre quand aucune douleur n'est ressentie sur la phase supérieure. En attendant d'autres études, les auteurs recommandent toutefois la pratique de la GMI dans le cadre du SDRC1 [3].

### Prise en charge de l'hémiplégique

Une recommandation de pratique clinique de la Haute Autorité de santé pour la récupération motrice après accident vasculaire cérébral donne un Grade B en phase chronique [5]. En attendant de nouvelles études, une méta-analyse évaluant la récupération motrice des extrémités du membre supérieur chez l'hémiplégique conclut à un niveau de preuve limité. Il existe un manque de données sur les protocoles à recommander et sur les effets à long terme [4]. En pratique, après les différentes étapes d'évaluation, la séance consiste à proposer des exercices sous forme de cassettes audio préenregistrées. Ces enregistrements reprennent certains exercices effectués dans la journée. Une autre méthode consiste, pendant la séance, à inciter le patient à produire une tâche physiquement, puis à lui demander de simuler mentalement la tâche 10 à 100 fois.

Cette méthode de prise en charge est reproductible dans les autres champs d'application. À notre connaissance, seule la prise en charge de la douleur bénéficie actuellement d'une évaluation d'un programme gradué.

Cependant certaines données semblent justifier une prise en charge progressive et une réévaluation régulière des capacités des patients, comme la récupération de l'IM implicite précédant celle de l'IM explicite après un accident vasculaire cérébral [29].

## CONCLUSION

Depuis une dizaine d'années, l'imagerie motrice appartient aux techniques scientifiquement validées dans le cadre de

<sup>3</sup> Les perspectives interne (1<sup>re</sup> personne) et externe (3<sup>e</sup> personne) correspondent au point de vue utilisé par le sujet.

<sup>4</sup> Le sens utilisé pour simuler l'action correspond à la modalité. Il est possible d'utiliser la modalité d'imagerie visuelle (voir l'action) ou kinesthésique (ressentir l'action).

la rééducation, même si d'autres études semblent nécessaires pour affiner les méthodes d'évaluation et les critères de bonnes pratiques. Actuellement, son intérêt réside dans le fait qu'elle présente peu de risques et qu'elle est facilement accessible de par son faible coût et l'absence de matériel spécifique. Enfin, ces répercussions sur le fonctionnement du système nerveux central et les améliorations motrices qui en découlent font de l'imagerie motrice une technique de rééducation tout à fait intéressante à mettre en œuvre en complément d'une technique de kinésithérapie classique.

#### Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

#### Points à retenir

- L'imagerie motrice s'évalue avec le TDMI, le test de latéralité et les questionnaires.
- Des critères de bonnes pratiques cliniques ont été mis en évidence.
- L'IM est une technique prometteuse avec une place dans la transition vers la médecine factuelle.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Malouin F, Richards CL. Mental practice for relearning locomotor skills. *Phys Ther* 2010;90:240–51.
- [2] Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage* 2001;14:S103–9.
- [3] O'Connell NE, Wand BM, McAuley J, Marston L, Moseley GL. Interventions for treating pain and disability in adults with complex regional pain syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* 2013 [published by John Wiley & Sons Ltd].
- [4] Barclay-Goddard RE, Stevenson TJ, Poluha W, Thalman L. Mental practice for treating upper extremity deficits in individuals with hemiparesis after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2011 [CD005950].
- [5] Haute autorité de santé. Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte; 2012.
- [6] Kosslyn SM, Giorgio G, Barsan W. In: Guillot, Collet, editors. *Multimodal images in the brain. The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford: Oxford University Press; 2010.
- [7] Guillot A, Louis M, Collet C. In: Guillot, Collet, editors. *Neurophysiological substrates of motor imagery ability. The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford: Oxford University Press; 2010.
- [8] Stinear C. Corticospinal facilitation during motor imagery. In: Guillot, Collet, editors. *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford: Oxford University Press; 2010.
- [9] Dietrich A. Imagining the imagination: The trouble with motor imagery. *Methods* 2008;45:319–24.
- [10] Collet C, Guillot A. Autonomic nervous system activities during imagined movements. *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford: Oxford University Press, USA; 2010.
- [11] Decety J, Jeannerod M. Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitts's law hold in motor imagery? *Behav Brain Res* 1995;72:127–34.
- [12] Braun S, Kleynen M, Schols J, Schack T, Beurskens A, Wade D. Using mental practice in stroke rehabilitation: a framework. *Clin Rehabil* 2008;22:579–91.
- [13] Malouin F, Richards CL, Jackson PL, Doyon J. In: Guillot, Collet, editors. *Motor imagery for optimizing the reacquisition of locomotor skills after cerebral damage. The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford University Press; 2010.
- [14] Malouin F, Richards CL, Durand A, Doyon J. Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:311–9.
- [15] Hoyek N, Collet C, Guillot A. Représentation mentale et processus moteur : le cas de la rotation mentale. *Mov Sport Sci* 2010; (71):29–39.
- [16] Moseley GL. Why do people with complex regional pain syndrome take longer to recognize their affected hand? *Neurology* 2004;62:2182–6.
- [17] Toussaint L, Meugnot A. Short-term limb immobilization affects cognitive motor processes. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2013;39:623–32.
- [18] Malouin F, Richards CL, Jackson PL, Lafleur MF, Durand A, Doyon J. The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: a reliability and construct validity study. *J Neurol Phys Ther* 2007;31:20–9.
- [19] Schuster C, Hilfiker R, Amft O, Scheidhauer A, Andrews B, Butler J, et al. Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Med* 2011;9:75.
- [20] Saimpont A, Malouin F, Tousignant B, Jackson PL. Motor imagery and aging. *J Mot Behav* 2013;45:21–8.
- [21] Demougeot L, Papaxanthis C. Muscle fatigue affects mental simulation of action. *J Neurosci* 2011;31:10712–20.
- [22] Guillot A, Hoyek N, Louis M, Collet C. Understanding the timing of motor imagery: recent findings and future directions. *Int Rev Sport Exer Psychol* 2012;5:3–22.
- [23] Dickstein R, Tamir R. In: Guillot, Collet, editors. *Motor imagery practice in individuals with Parkinson's disease. The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford: Oxford University Press; 2010;177–87.
- [24] Grangeon M, Guillot A, Collet C. Effets de l'imagerie motrice dans la rééducation de lésions du système nerveux central et des atteintes musculo-articulaires. *Science et Motricité*; 2009;9–38 [[http://www.cairn.info/article.php?ID\\_ARTICLE=SM\\_067\\_0009&DocId=159452&Index=%2Fcairn2Idx%2Fcairn&TypeId=226&BAL=antyjDXtmmmaXM&HitCount=6&hits=29f9+29f8+29f2+29dd+29dc+29d9+0&fileext=html](http://www.cairn.info/article.php?ID_ARTICLE=SM_067_0009&DocId=159452&Index=%2Fcairn2Idx%2Fcairn&TypeId=226&BAL=antyjDXtmmmaXM&HitCount=6&hits=29f9+29f8+29f2+29dd+29dc+29d9+0&fileext=html)].
- [25] Moseley GL. Imagined movements cause pain and swelling in a patient with complex regional pain syndrome. *Neurology* 2004;62:1644.
- [26] Berquin A. Progrès récents dans le diagnostic et le traitement du syndrome douloureux régional F complexe. *Douleur* 2008;162:1514–9.
- [27] Moseley GL. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial. *Pain* 2004;108:192–8.
- [28] Moseley GL. Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled trial. *Neurology* 2006;67:2129–34.
- [29] De Vries S, Tepper M, Otten B, Mulder T. Recovery of motor imagery ability in stroke patients. *Rehabil Res Pract* 2011;2011:283840.