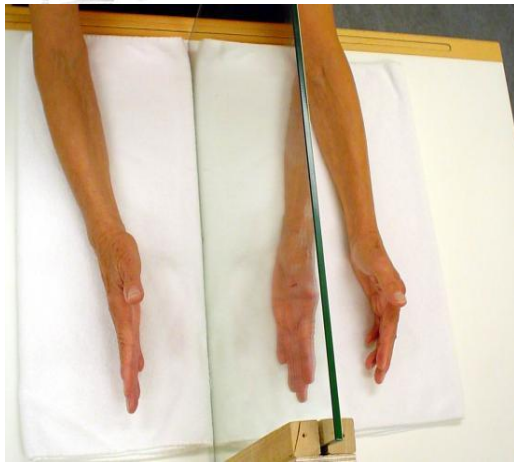


La Thérapie Miroir

Origines

La thérapie miroir a été développée en 1995 par le Dr Vilayanur Ramachandran, neuroscientifique connu pour ses travaux en neurologie comportementale et en psychophysique visuelle. Cette méthode a été expérimentée auprès de patients amputés souffrant de douleurs fantômes (douleurs persistantes alors même que le membre n'existe plus). L'objectif est de donner au cerveau l'illusion que le membre est toujours présent en renvoyant une image du membre controlatéral par l'intermédiaire d'un miroir. De nombreuses études, ainsi que la pratique, ont démontré l'efficacité de ce type de procédé pour le traitement des douleurs neuropathiques.



En 1999, les Dr Vilayanur Ramachandran et Eric Lewin Altschuler ont étendu ce système à la prise en charge de patients souffrant de déficits moteurs du membre supérieur. Plus précisément, ils ont employé cette méthode pour la rééducation motrice de patients post-AVC. Ici, l'objectif visé n'est plus le traitement des sensations douloureuses mais l'amélioration de la commande motrice du membre parétique par l'image du membre sain. Il

est alors demandé au patient d'effectuer des tâches simples avec les deux membres en même temps, tandis qu'il peut observer le reflet de son membre sain dans le miroir. La concentration et la synchronisation entre la production du mouvement et l'imagerie mentale sont des éléments importants. La thérapie rétablit une cohérence entre les intentions motrices et les afférences visuelles. En effet, l'intention motrice doit correspondre avec le feedback visuel renvoyé par le membre sain dans le miroir. Le conflit qui naît entre les afférences visuelles et proprioceptives, ainsi que la visualisation d'un mouvement "sain", permettent d'encourager la commande motrice sur le membre pathologique. Ce principe rééducatif se programme en complément d'une prise en charge rééducative traditionnelle.



La pratique des exercices peut varier de 10 à 30 minutes et il est intéressant de répéter les séances quotidiennement voire plusieurs fois par jour si cela est possible. Cependant, tous les patients ne peuvent adhérer à ce genre de thérapie. Ainsi, ceux qui souffrent de troubles de l'attention, de concentration auront du mal à investir cette méthode de rééducation.

Principes d'action

▪ *Description*

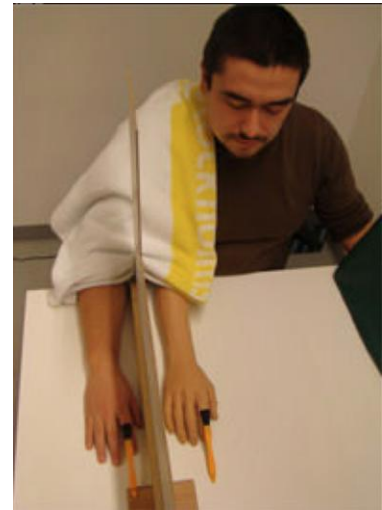
La mise en place d'une séance de thérapie miroir se fait généralement en plaçant un miroir entre les membres du patient de façon à refléter l'image d'un membre en lieu et place du membre controlatéral. Le miroir doit être placé de sorte que le reflet du membre supplante le membre opposé. La vision de ce reflet induit des afférences visuelles nouvelles et parfois contradictoires aux afférences que le patient reçoit quotidiennement. C'est ainsi que le patient visualise de nouveau un membre sain, aux capacités fonctionnelles normales, en lieu et place du membre manquant, douloureux ou pathologique. La thérapie miroir peut-être employée aussi bien pour le membre supérieur que pour le membre inférieur.

▪ *Bases Neurophysiologiques*

La thérapie miroir permet l'établissement d'une nouvelle conscience physique, motrice et sensorielle au niveau du membre disparu (amputation) ou du membre pathologique (déficiences sensori-motrices, syndrome douloureux). Se pose alors la question de la gestion de la double "existence" du membre : le membre dans son état réel et le membre perçu par le système visuel. Il a été montré que le système visuel domine les systèmes tactiles et proprioceptifs. Ce paradigme est à la base des travaux sur la rééducation prismatique et autres modifications de l'environnement visuel. On a observé chez des sujets sains, en situation de leurre visuel, que l'atteinte d'un objet était perturbée lorsque la position de la main cachée par

le miroir n'était pas en phase avec le reflet de la main controlatérale (Holmes and Spence, 2005; Kunz et al., 2010): les sujets développent un décalage par rapport à l'atteinte d'une cible d'autant plus important que le temps d'exposition à ce retour visuel biaisé est long et que le sujet est actif. Cela conforte donc le principe de capture visuelle qui indique la prédominance du système visuel sur le système proprioceptif.

A l'image de la modification des entrées proprioceptives en regard des informations visuelles, il a aussi été démontré que la vision pouvait induire des sensations tactiles fausses. Les travaux de Botvinick et Cohen (1998) consistent, chez des sujets sains, en l'application de stimuli (caresse, pique...) au niveau d'une main cachée derrière un miroir et d'une troisième main en caoutchouc parallèle à la main cachée du patient. Les sujets réalisent alors un transfert des sensations tactiles de leur propre main à destination de la main en caoutchouc. Ces résultats soutiennent l'impact du système visuel par rapport aux autres entrées sensorielles. Mais surtout, ils démontrent l'incorporation de l'image du miroir dans le propre schéma corporel du sujet, à condition de la bonne mise en place du système (Jenkinson and Preston, 2015).



- *Neurones miroirs*

La découverte des neurones miroirs a été faite par l'équipe de Rizzolatti et Gallese (1996) et expérimentée sur le singe. Elle a mis en évidence des similitudes entre l'activation de certains neurones moteurs lors de l'observation d'une tâche motrice réalisée par un expérimentateur, avec l'activation de neurones moteurs lors d'une tâche motrice réalisée par le singe lui-même. Il est alors possible de superposer en partie les neurones qui s'activent lors de la vision d'une tâche et la réalisation de cette même tâche. Il existe donc une congruence entre le codage de l'acte moteur par le neurone et l'activation de ce neurone par la visualisation de cet acte moteur. Il semble néanmoins que la finalité de l'acte moteur conditionne en partie l'activation des neurones moteurs chez le singe.

La mise en évidence du système des neurones miroirs chez l'homme a permis de montrer qu'ils étaient capables de coder aussi bien la finalité de l'action que les aspects temporels des mouvements exécutés (Gangitano et al., 2001). Le système miroir chez l'homme serait donc en mesure de construire dans le même temps une compréhension des actions et des intentions motrices. La visualisation d'un acte moteur entraîne la constitution d'une représentation mentale de cet acte de la part de l'observant dans le but de comprendre l'action et sa finalité. De plus, et contrairement au singe, l'homme est capable de reconnaître et de coder des actions mimées (faire semblant de boire une tasse de thé, taper dans un ballon...).

Les neurones miroirs sont donc une base importante pour l'apprentissage moteur et plus particulièrement dans le cas de l'apprentissage par imitation. Il est intéressant de se poser la question de l'utilisation d'un tel système dans le cadre de la rééducation, et notamment de la thérapie miroir: en quoi la visualisation d'un mouvement peut-elle avoir un effet rééducatif?

Les neurones miroirs peuvent aider à la mise en place d'une imagerie motrice et d'une perception de son corps différente, dans le sens où la vision de l'acte moteur est intégrée par le patient. La thérapie miroir offre donc un support concret à la visualisation de l'acte moteur effectué par le côté sain en lieu et place du côté pathologique. Du fait de la prédominance des afférences du système visuel vis-à-vis des systèmes tactile ou proprioceptif, il est envisageable de penser que la thérapie miroir et la vision d'un acte moteur (d'autant plus s'il est vu et produit par le patient lui-même?) permettent un recalibrage/rééquilibrage des connections sensorimotrices, ainsi qu'un remaniement des phénomènes de plasticité cérébrale en cours sur le moyen terme (Bhasin et al., 2012; Faralli et al., 2013; Garrison et al., 2013; Iacoboni and Dapretto, 2006; Matthys et al., 2009; Nojima et al., 2012).

Applications

▪ *Douleurs fantômes*

La thérapie miroir a vu le jour dans le cadre de la prise en charge des douleurs fantômes du patient amputé. De nombreux patients se plaignent de douleurs au niveau du membre qui a disparu. Elles peuvent être d'intensité variable et prendre des formes diverses telles que des sensations de piqûres, de crampes, de compressions.... Les soins traditionnels ou les solutions médicamenteuses n'offrent que peu de solutions vis-à-vis de ce mal.

Plusieurs hypothèses existent et se complètent pour expliquer ce phénomène. La première est qu'il est probable que cette douleur spécifique du membre perdu soit consécutive au remapping cérébral au niveau des aires corticales dédiées au contrôle du membre. De plus, le degré de réorganisation corticale semble être lié à l'intensité des sensations douloureuses (Flor et al., 1995). La seconde hypothèse soutient le fait que le décalage perçu par le sujet entre la commande motrice, les afférences visuelles et les afférences proprioceptives pourrait déclencher la douleur (Harris, 1999; McCabe et al., 2005). Enfin, la troisième explication s'appuie sur la mémorisation et l'enracinement de la douleur perçue avant l'amputation et de ses réminiscences.

La thérapie miroir montre des effets positifs sur le traitement des douleurs fantômes. Les premières études de Ramachandran et al. (1995;1998) rapportent une diminution de la douleur chez un patient amputé et un recouvrement de la capacité à mobiliser son bras fantôme mentalement. Ces améliorations étaient observées lorsque le patient était en présence d'une rétroaction visuelle modifiée (miroir), et disparaissaient lorsque celle-ci était supprimée. D'autres travaux ont reporté des diminutions notables de l'intensité des douleurs fantômes par l'emploi de la thérapie miroir à court et moyen terme (Foell et al., 2014; Mercier and Sirigu, 2009; Tung et al., 2014)

Cependant, les résultats ne sont pas systématiques et certains patients ne semblent pas y répondre. Il apparaît que les différences interindividuelles pour l'efficacité du traitement relèvent davantage de la capacité des patients à investir ce style de thérapie, plutôt qu'à des facteurs liés aux caractéristiques de la lésion comme l'ancienneté de la déafférentation (Mercier and Sirigu, 2009).

▪ *Syndrome douloureux régional complexe*

Le syndrome douloureux régional complexe (SDRC) correspond à une douleur chronique consécutive à un traumatisme, un épisode nociceptif ou une immobilisation, le tout en présence ou non d'une lésion nerveuse. Les origines de cette maladie sont encore mal connues. Il semblerait que les douleurs proviennent d'un dérèglement des canaux et des récepteurs nociceptifs. Cette pathologie provoque des douleurs qui peuvent être très intenses. Des raideurs articulaires et des limitations de l'utilisation de la zone douloureuse induisent des pertes fonctionnelles notables. Une impression de membre étranger est parfois décrite.

La thérapie miroir semble avoir davantage d'effet sur la réduction des sensations algiques dans le cas de patients souffrant de douleurs aiguës par rapport aux douleurs chroniques (>2ans). L'ancienneté des douleurs des patients douloureux chroniques semble freiner l'impact des retours visuels modifiés (McCabe et al., 2003). Ils ressentent une diminution des sensations algiques après quelques minutes passées devant le miroir, qui réapparaissent rapidement lorsque le retour visuel est supprimé. La répétition des séances permet d'augmenter les périodes sans douleurs à plusieurs heures.

Par ailleurs, dans le cas de patients post-AVC ayant développé un SDRC, l'emploi de la thérapie miroir a montré des effets significatifs quant à l'amélioration des capacités motrices du membre supérieur et à la réduction des douleurs (Cacchio et al., 2009).

Les résultats restent partagés et les auteurs ne semblent pas convenir d'un consensus quant aux effets de la thérapie miroir sur le traitement des SDRC. L'absence régulière de groupe contrôle dans les observations réduisent le degré d'*Evidence Based Medicine* (Rothgangel et al., 2011). Cependant, nombres d'études rapportent des résultats encourageants et incitent à la tenue d'une méthodologie plus robuste (Grünert-Plüss et al., 2008; Moseley, 2006, 2004; Selles et al., 2008). Des observations complémentaires sont donc à envisager afin d'affiner les modalités d'emploi de cette thérapie en fonction du type de patient SDRC.

A l'instar du patient amputé, une première théorie suggère que la réduction des dissonances entre le système moteur et somato-sensoriel devrait être en capacité de diminuer les sensations douloureuses. Une seconde hypothèse évoque la naissance d'une kinésiophobie, due à la maladie, qui renforcerait les sensations douloureuses. L'emploi de la thérapie miroir et du feedback visuel permettrait de couper le lien entre mouvement et douleur, renforcerait la perception du membre et sa réintégration dans le schéma corporel du patient (McCabe, 2011).

▪ *Déficiences motrices post-AVC*

L'emploi de la thérapie miroir dans le cadre de la récupération motrice des patients hémiparétiques est plus large du fait de la grande variabilité des capacités motrices, sensorielles et/ou cognitives.

L'équipe du Dr Altschuler (1999) a été la première à travailler sur l'utilisation du miroir pour la rééducation motrice post-AVC. Bien qu'il y ait une variabilité des résultats d'un individu à l'autre, pouvant provenir des différences de localisation des lésions, il a été montré des effets positifs sur les capacités du membre supérieur.

De façon générale, il semble que l'utilisation de la thérapie miroir offre des résultats convaincants dans la récupération motrice du membre supérieur (Dohle et al., 2008; Kim and Shim, 2015; Samuelkamaleshkumar et al., 2014; Yavuzer et al., 2008) tout comme celle du membre inférieur (Sütbeyaz et al., 2007). La thérapie miroir est ici essentiellement employée en complément d'une prise en charge en rééducation classique.

Les travaux de Selles et al. (2014) posent la question des capacités motrices des patients et de l'emploi de la thérapie miroir. Aussi, pour les patients dont la récupération est forte, il n'y a pas, ou peu, d'intérêts de travailler avec une approche en miroir par rapport à un travail du bras déficient en direct. Il semble donc que l'application de la thérapie miroir soit davantage destinée aux patients les plus faibles, ne bénéficiant pas d'une récupération motrice forte.

L'activation des réseaux de neurones miroirs pourraient être une des causes des améliorations motrices observées. En effet, la vision et la reconnaissance d'un mouvement participent à la récupération motrice (Celnik et al., 2008; Ertelt et al., 2007). Certaines voies neuronales pourraient être affaiblies ou dormantes, et la thérapie miroir pourrait participer à la réactivation de ces réseaux. Par ailleurs, la perception de la main dans le miroir semble favoriser les récupérations sensorielles (Dohle et al., 2008). Cette récupération somato-sensorielle progressive au niveau du membre déficient pourrait concourir à la réintégration du membre dans le schéma corporel du patient, participer à la plasticité cérébrale et améliorer sa représentation corticale. Enfin, la vision de mouvements "oubliés" pourrait réactiver une mémoire visuo-motrice du membre déficient et participer à la réduction des dissonances entre système visuel, proprioceptif et tactile.

Avantages et Limites

- ✓ Le premier avantage que nous pouvons retenir de la thérapie miroir est qu'elle offre une alternative intéressante, prometteuse et "naturelle" à la prise de médicaments prescrits lors de sensations douloureuses chroniques.
- ✓ La capture visuelle offerte par l'emploi du miroir reflétant le membre sain est un point fondamental. Aussi, la mise en place du système miroir et de l'illusion visuelle doit-elle être le plus juste possible. Il est possible d'envisager que des différences inter-thérapeutes et des imprécisions dans la mise en place de ce système puissent impacter la qualité de l'illusion visuelle, et par conséquent l'efficacité de la thérapie elle-même. Cependant, on peut imaginer que l'adjonction de la vision par rapport aux exercices d'imagerie mentale offre un support de travail plus abordable pour des patients en situation fragile et dont les capacités de concentration et d'attention peuvent être grandement réduites.
- ✓ Les résultats d'imagerie fonctionnelle et d'exploration des fonctions corticales par stimulation magnétique transcranienne abondent dans le sens d'un effet positif de la thérapie miroir sur les paramètres de plasticité cérébrale. Le travail de réduction des discordances entre systèmes visuel, proprioceptif et tactile facilite la récupération motrice et induit une réduction des douleurs. La meilleure perception sensorielle du membre par l'intermédiaire d'un leurre visuel entraîne ainsi une diminution des écarts entre les intentions motrices et les feedbacks sensoriels favorisant la motricité et une relation sensorielle sans douleur. L'ensemble de ces processus tend à modifier les caractéristiques de réorganisations corticales et oriente les phénomènes de plasticité vers une organisation plus saine et efficace pour le patient.
- ✓ Bien que très utilisé pour les problématiques du membre supérieur, plusieurs études ont démontré l'efficacité et la pertinence de ce traitement sur la rééducation motrice et la résolution des sensations douloureuses.

- www.therapiemiroir.com
- ✓ Néanmoins, la thérapie miroir n'est pas sans risques. Quelques effets indésirables mineurs (Thieme et al., 2013) ont été reportés et des précautions sont à prendre dans le cas de patients fragiles. En effet, la vision d'un bras "sain" qui apparaît comme étant le sien au travers d'un miroir peut entraîner des réactions négatives chez le patient. Il peut alors développer une forme de dépendance à cette illusion de membre ou développer des confusions. Par conséquent, il convient de prendre quelques précautions dans le cas de patients post-AVC combinant des troubles cognitifs et/ou de l'humeur par exemple.
 - ✓ Dans la pratique, nous remarquons que la thérapie miroir n'est pas fréquemment employée malgré la connaissance du principe de rééducation. Le manque de formation à l'utilisation de cette thérapie, ainsi que le temps limité dédié à chaque patient ne permettent pas l'essor de ce mode de prise en charge. Sur le plan de la douleur, il semble que le personnel soit davantage formé et utilise de façon plus régulière ce type de travail.
 - ✓ Enfin, le travail d'imagerie motrice et de coordination bimanuelle qui est demandé dans le cadre de la rééducation par la thérapie miroir réduit grandement le pool de patients susceptibles d'investir cette méthodologie de rééducation. La demande attentionnelle et de concentration, l'aptitude à développer une image motrice et à l'intégrer à son schéma corporel, ainsi que les capacités de coordination motrice globale sont autant de freins à l'utilisation de la thérapie miroir pour le patient.

Ouvertures

Comme nous l'avons vu, la thérapie miroir s'est essentiellement développée autour de la prise en charge de patients amputés souffrant de douleurs fantômes, de syndrome douloureux régional complexe et de déficiences motrices dues à un AVC. Elle a aussi montré de très bons résultats dans le traitement de la négligence spatiale.

D'autres études se sont penchées sur l'emploi de cette thérapie pour le traitement d'autres pathologies. De façon générale, on trouve nombres d'études qui se focalisent sur le traitement de la douleur avec des origines diverses telles que la lombalgie (Wand et al., 2012), la paraplégie (Moseley, 2007) et la fibromyalgie (Ramachandran and Seckel, 2010). Bien que ces premiers résultats soient encourageants, le peu d'études ne permet pas d'ouvrir de façon certaine la thérapie miroir à ces pathologies.

Des essais ont été conduits auprès de patients atteints d'infirmité motrice cérébral. Les auteurs montrent des effets positifs sur le développement de la force et des capacités fonctionnelles du membre supérieur (Feltham et al., 2010; Gygax et al., 2011; Smorenburg et al., 2013, 2012).

Sur le plan du vieillissement, nous pourrions imaginer l'utilisation de la thérapie miroir en complément des soins d'entretien pour préserver au mieux les capacités motrices, les facultés d'imagerie et sauvegarder le schéma corporel du patient âgé. La thérapie miroir pourrait-elle avoir un impact sur le contrôle moteur du patient Parkinsonien ou sur la réduction des sensations douloureuses d'origine arthrosique?

Enfin, toujours sur le versant de la prévention et de l'optimisation des soins, il semblerait que l'utilisation de l'imagerie mentale et de la thérapie miroir pourrait participer au maintien des connexions sensorimotrices et à la moindre diminution des facultés motrices le temps de l'immobilisation (Clark et al., 2006; Frenkel et al., 2014; Newsom et al., 2003; Stenekes et al., 2009). Comme nous l'avons vu, l'action motrice, la visualisation et la représentation mentale de celle-ci partage des structures communes qui renforceraient l'efficacité de ces voies neuronales et la conduction des messages nerveux. Cette méthode d'imagerie motrice est d'ailleurs déjà largement employée dans le cadre de la préparation physique des sportifs et du maintien des habiletés motrices spécifiques (amplitude de mouvement, qualité de force-vitesse). Ceci semble d'autant plus vraisemblable que la thérapie

miroir a déjà démontré des effets positifs sur la rééducation des capacités fonctionnelles post-traumatiques (Rosén and Lundborg, 2005; Rostami et al., 2013).

Ainsi, la thérapie miroir est une méthode somme toute récente et peu utilisée, mais dont les fondements et les applications sont très prometteurs dans la prise en charge de multiples pathologies. Elle reste peu connue et demande à être encore expérimentée et développée afin de trouver entièrement la place qu'elle mérite dans les soins de rééducation.

Conclusion

La thérapie miroir est une thérapie prometteuse dans ses applications et doit être plus largement étudiée afin de définir ses modalités d'application et des patients cibles. C'est une forme de rééducation proche de l'imagerie motrice à laquelle on surajoute une part visuelle. L'imagerie motrice a déjà montré des résultats encourageants dans le cadre du traitement de la douleur et dans l'amélioration des fonctions motrices. Dans le même temps, l'observation d'un mouvement et la mise en jeu du système des neurones miroirs semblent aussi avoir un effet positif sur ces aspects. La thérapie miroir, en combinant les deux formes de représentation, offre donc un support intéressant dans le traitement de la douleur et la rééducation motrice.

Cependant, nous avons vu que le ciblage des patients est important afin de garantir des progrès optimaux. L'emploi de cette technique semble en effet d'autant plus pertinente qu'elle est utilisée tôt dans la prise en charge, et plus avantageuse dans le cas de patients souffrant de déficits importants à sévères.

Les pathologies et les problématiques qui sont actuellement prises en charge sont nombreuses et les perspectives d'élargissement de cette thérapie sont importantes. La question de l'amélioration des connaissances autour de la thérapie miroir et de ses applications prennent tout leur sens. Pour cela, il convient de réfléchir à la mise en place de lignes directrices ou *guidelines* à moyen terme, de renforcer la formation des thérapeutes et de mieux présenter le concept en institut de formation.

Enfin, certains points de la thérapie miroir apparaissent contraignants. La mise en place du système parfois complexe en vue d'obtenir une illusion visuelle optimale, le ratio temps de mise en place/temps de travail pour le patient, l'adhésion ou la réticence de certains patients, la complexité des consignes, etc... ne peuvent permettre le bon essor de l'utilisation de la thérapie miroir et la garantie d'un résultat maximal. Les nouvelles avancées technologiques, telle que la réalité virtuelle ou les Google Glass®, peuvent-elles proposer une simplification et une nouvelle lecture de cette thérapie?

Davy

www.therapiemiroir.com

Bibliographie

- Altschuler, E.L., Wisdom, S.B., Stone, L., Foster, C., Galasko, D., Llewellyn, D.M., Ramachandran, V.S., 1999. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet* 353, 2035–2036.
- Bhasin, A., Padma Srivastava, M.V., Kumaran, S.S., Bhatia, R., Mohanty, S., 2012. Neural interface of mirror therapy in chronic stroke patients: a functional magnetic resonance imaging study. *Neurol. India* 60, 570–576.
- Botvinick, M., Cohen, J., 1998. Rubber hands “feel” touch that eyes see. *Nature* 391, 756.
- Cacchio, A., De Blasis, E., De Blasis, V., Santilli, V., Spacca, G., 2009. Mirror therapy in complex regional pain syndrome type 1 of the upper limb in stroke patients. *Neurorehabil. Neural Repair* 23, 792–799.
- Celnik, P., Webster, B., Glasser, D.M., Cohen, L.G., 2008. Effects of Action Observation on Physical Training After Stroke. *Stroke* 39, 1814–1820.
- Clark, B.C., Manini, T.M., Bolanowski, S.J., Ploutz-Snyder, L.L., 2006. Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: II. Neurological properties and motor imagery efficacy. *J. Appl. Physiol. Bethesda Md* 101, 264–272.
- Dohle, C., Pullen, J., Nakaten, A., Kust, J., Rietz, C., Karbe, H., 2008. Mirror Therapy Promotes Recovery From Severe Hemiparesis: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil. Neural Repair* 23, 209–217.
- Ertelt, D., Small, S., Solodkin, A., Dettmers, C., McNamara, A., Binkofski, F., Buccino, G., 2007. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *NeuroImage* 36 Suppl 2, T164–173.
- Faralli, A., Bigoni, M., Mauro, A., Rossi, F., Carulli, D., 2013. Noninvasive strategies to promote functional recovery after stroke. *Neural Plast.* 2013, 854597.
- Feltham, M.G., Ledebt, A., Deconinck, F.J.A., Savelsbergh, G.J.P., 2010. Mirror visual feedback induces lower neuromuscular activity in children with spastic hemiparetic cerebral palsy. *Res. Dev. Disabil.* 31, 1525–1535.
- Flor, H., Elbert, T., Knecht, S., Wienbruch, C., Pantev, C., Birbaumer, N., Larbig, W., Taub, E., 1995. Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature* 375, 482–484.

- Foell, J., Bekrater-Bodmann, R., Diers, M., Flor, H., 2014. Mirror therapy for phantom limb pain: brain changes and the role of body representation. *Eur. J. Pain Lond. Engl.* 18, 729–739.
- Frenkel, M.O., Herzig, D.S., Gebhard, F., Mayer, J., Becker, C., Einsiedel, T., 2014. Mental practice maintains range of motion despite forearm immobilization: a pilot study in healthy persons. *J. Rehabil. Med.* 46, 225–232.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., Rizzolatti, G., 1996. Action recognition in the premotor cortex. *Brain J. Neurol.* 119 (Pt 2), 593–609.
- Gangitano, M., Mottaghy, F.M., Pascual-Leone, A., 2001. Phase-specific modulation of cortical motor output during movement observation. *Neuroreport* 12, 1489–1492.
- Garrison, K.A., Aziz-Zadeh, L., Wong, S.W., Liew, S.-L., Winstein, C.J., 2013. Modulating the motor system by action observation after stroke. *Stroke J. Cereb. Circ.* 44, 2247–2253.
- Grünert-Plüss, N., Hufschmid, U., Santschi, L., Grünert, J., 2008. Mirror Therapy in Hand Rehabilitation: A Review of the Literature, the St Gallen Protocol for Mirror Therapy and Evaluation of a Case Series of 52 Patients. *Br. J. Hand Ther.* 13, 4–11.
- Gygax, M.J., Schneider, P., Newman, C.J., 2011. Mirror therapy in children with hemiplegia: a pilot study. *Dev. Med. Child Neurol.* 53, 473–476.
- Harris, A.J., 1999. Cortical origin of pathological pain. *Lancet* 354, 1464–1466.
- Holmes, N.P., Spence, C., 2005. Visual bias of unseen hand position with a mirror: spatial and temporal factors. *Exp. Brain Res.* 166, 489–497.
- Iacoboni, M., Dapretto, M., 2006. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat. Rev. Neurosci.* 7, 942–951.
- Jenkinson, P.M., Preston, C., 2015. New reflections on agency and body ownership: The moving rubber hand illusion in the mirror. *Conscious. Cogn.* 33, 432–442.
- Kim, H., Shim, J., 2015. Investigation of the effects of mirror therapy on the upper extremity functions of stroke patients using the manual function test. *J. Phys. Ther. Sci.* 27, 227–229.
- Kunz, B.R., Creem-Regehr, S.H., Thompson, W.B., 2010. Visual capture influences body-based indications of visual extent. *Exp. Brain Res.* 207, 259–268.
- Matthys, K., Smits, M., Van der Geest, J.N., Van der Lugt, A., Seurinck, R., Stam, H.J., Selles, R.W., 2009. Mirror-induced visual illusion of hand movements: a functional magnetic resonance imaging study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 90, 675–681.

- McCabe, C., 2011. Mirror visual feedback therapy. A practical approach. *J. Hand Ther. Off. J. Am. Soc. Hand Ther.* 24, 170–178; quiz 179.
- McCabe, C.S., Haigh, R.C., Halligan, P.W., Blake, D.R., 2005. Simulating sensory-motor incongruence in healthy volunteers: implications for a cortical model of pain. *Rheumatol. Oxf. Engl.* 44, 509–516.
- McCabe, C.S., Haigh, R.C., Ring, E.F.J., Halligan, P.W., Wall, P.D., Blake, D.R., 2003. A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of complex regional pain syndrome (type 1). *Rheumatol. Oxf. Engl.* 42, 97–101.
- Mercier, C., Sirigu, A., 2009. Training with virtual visual feedback to alleviate phantom limb pain. *Neurorehabil. Neural Repair* 23, 587–594.
- Moseley, G.L., 2004. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial. *Pain* 108, 192–198.
- Moseley, G.L., 2006. Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled trial. *Neurology* 67, 2129–2134.
- Moseley, G.L., 2007. Using visual illusion to reduce at-level neuropathic pain in paraplegia. *Pain* 130, 294–298.
- Newsom, J., Knight, P., Balnave, R., 2003. Use of mental imagery to limit strength loss after immobilization. *J. Sport Rehabil.* 12, 249–258.
- Nojima, I., Mima, T., Koganemaru, S., Thabit, M.N., Fukuyama, H., Kawamata, T., 2012. Human motor plasticity induced by mirror visual feedback. *J. Neurosci. Off. J. Soc. Neurosci.* 32, 1293–1300.
- Ramachandran, V.S., Hirstein, W., 1998. The perception of phantom limbs. The D. O. Hebb lecture. *Brain J. Neurol.* 121 (Pt 9), 1603–1630.
- Ramachandran, V.S., Rogers-Ramachandran, D., Cobb, S., 1995. Touching the phantom limb. *Nature* 377, 489–490.
- Ramachandran, V.S., Seckel, E.L., 2010. Using mirror visual feedback and virtual reality to treat fibromyalgia. *Med. Hypotheses* 75, 495–496.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., Fogassi, L., 1996. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 3, 131–141.
- Rosén, B., Lundborg, G., 2005. Training with a mirror in rehabilitation of the hand. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand Surg. Nord. Plast. Foren. Nord. Klubb Handkirurgi* 39, 104–108.

- Rostami, H.R., Arefi, A., Tabatabaei, S., 2013. Effect of mirror therapy on hand function in patients with hand orthopaedic injuries: a randomized controlled trial. *Disabil. Rehabil.* 35, 1647–1651.
- Rothgangel, A.S., Braun, S.M., Beurskens, A.J., Seitz, R.J., Wade, D.T., 2011. The clinical aspects of mirror therapy in rehabilitation: a systematic review of the literature. *Int. J. Rehabil. Res.* 34, 1–13.
- Samuelkamaleshkumar, S., Reethajanetsureka, S., Pauljebaraj, P., Benshamir, B., Padankatti, S.M., David, J.A., 2014. Mirror therapy enhances motor performance in the paretic upper limb after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 95, 2000–2005.
- Selles, R.W., Michielsen, M.E., Bussmann, J.B.J., Stam, H.J., Hurkmans, H.L., Heijnen, I., de Groot, D., Ribbers, G.M., 2014. Effects of a mirror-induced visual illusion on a reaching task in stroke patients: implications for mirror therapy training. *Neurorehabil. Neural Repair* 28, 652–659.
- Selles, R.W., Schreuders, T.A.R., Stam, H.J., 2008. Mirror therapy in patients with causalgia (complex regional pain syndrome type II) following peripheral nerve injury: two cases. *J. Rehabil. Med.* 40, 312–314.
- Smorenburg, A.R.P., Ledebt, A., Deconinck, F.J.A., Savelsbergh, G.J.P., 2012. Matching accuracy in hemiparetic cerebral palsy during unimanual and bimanual movements with (mirror) visual feedback. *Res. Dev. Disabil.* 33, 2088–2098.
- Smorenburg, A.R.P., Ledebt, A., Deconinck, F.J.A., Savelsbergh, G.J.P., 2013. Practicing a matching movement with a mirror in individuals with spastic hemiplegia. *Res. Dev. Disabil.* 34, 2507–2513.
- Stenekes, M.W., Geertzen, J.H., Nicolai, J.-P.A., De Jong, B.M., Mulder, T., 2009. Effects of motor imagery on hand function during immobilization after flexor tendon repair. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 90, 553–559.
- Sütbeyaz, S., Yavuzer, G., Sezer, N., Koseoglu, B.F., 2007. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 88, 555–559.
- Thieme, H., Mehrholz, J., Pohl, M., Behrens, J., Dohle, C., 2013. Mirror Therapy for Improving Motor Function After Stroke. *Stroke* 44, e1–e2.
- Tung, M.L., Murphy, I.C., Griffin, S.C., Alphonso, A.L., Hussey-Anderson, L., Hughes, K.E., Weeks, S.R., Merritt, V., Yetto, J.M., Pasquina, P.F., Tsao, J.W., 2014. Observation of

limb movements reduces phantom limb pain in bilateral amputees. *Ann. Clin. Transl. Neurol.* 1, 633–638.

Wand, B.M., Tulloch, V.M., George, P.J., Smith, A.J., Goucke, R., O’Connell, N.E., Moseley, G.L., 2012. Seeing it helps: movement-related back pain is reduced by visualization of the back during movement. *Clin. J. Pain* 28, 602–608.

Yavuzer, G., Selles, R., Sezer, N., Sütbeyaz, S., Bussmann, J.B., Köseoğlu, F., Atay, M.B., Stam, H.J., 2008. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 89, 393–398.

Crédit photos

Par ordre d'apparition:

- ✓ <http://therapiemiroir.e-monsite.com/>
- ✓ <http://therapiemiroir.e-monsite.com/>
- ✓ <http://orthopedie-pour-tous-vos-douleurs.com/ressentir-la-conscience-la-douleur-toi-et-moi/>