

Neuro - Rééducation

Préhension et thérapie du miroir

Objet constitué d'une surface polie qui sert à réfléchir la lumière, à refléter l'image des personnes et des choses

Dictionnaire le Robert

Si le miroir est fréquemment représenté dans les œuvres des peintres pour son pouvoir spéculaire, son reflet permettant de capter le hors-champ et de créer une illusion optique, ses pouvoirs s'étendent bien au delà de cette simple propriété de réflexion, comme peuvent en témoigner la magie, la littérature, la psychologie et plus récemment la médecine.

JM. Beis, C. Chauvière et G. Pelé

Centre de Médecine Physique et de Réadaptation, Lay St Christophe
Institut Régional de Médecine Physique et de Réadaptation, Nancy

Images spéculaires et leurres sensoriels

Plasticité adaptative chez le cerveau adulte

Plasticité post lésionnelle et plasticité comportementale (intensité et complexité de la tâche)

Evolution des concepts de plasticité

Rôle primordial de la modulation des afférences sensorielles dans la mise en jeu des adaptations des procédures de reconstruction et de réorganisation des représentations internes des référentiels sensori-moteur et neurocognitifs

Approche « bottom-up » en réhabilitation cognitive

Manipulations sensorielles

Manipulations sensorielles et images spéculaires

Thérapie du miroir
et préhension



Images spéculaires et manipulations
sensorielles

Images spéculaires et manipulations sensorielles



L' image spéculaire et l'expérience du miroir jouent un rôle déterminant dans la construction du schéma corporel (**Delay, Schilder 1935**)

La reconnaissance du corps propre dans le miroir est définitivement établie lorsque l'enfant est capable d'associer l'espace visuel et l'espace kinesthésique, lorsqu'il perçoit l'unité dynamique existant entre son propre mouvement et l'image de celui-ci (**Schilder 1935**)

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Ces constructions spéculaires suggèrent :

- l'existence de traitements spécifiques des informations spéculaires
- et la génération de représentations spéculaires portant sur l'espace et le corps



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Le recours à un miroir peut, par l'image inversée renvoyée, être mise à profit pour créer des leurres sensoriels :

=> l'utilisation d'images spéculaires peut déclencher plusieurs types de comportement pathologiques chez le cérébrolésé

=> l'analyse de ces comportements permet une meilleure connaissance des traitements pouvant être mise en œuvre en MPR

**Taxonomie des troubles du
comportement générés par l'utilisation
de miroir chez les cérébrolésés**

Espaces personnels/péri et extra personnels

Thérapie du miroir et préhension

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Les patients tentent de saisir l'objet dans le miroir
La main heurte le miroir
Confusion entre l'image réfléchie de l'objet avec l'objet réel

*13 patients avec des lésions du lobe pariétal
(6 left, 6 right and 1 bilateral).
1 patient présentant une NSU*

Ramachandran et al Proc Biol Sci 1997
Binkofsky et al Ann Neurol 1999

**Espace péri/extra
Personnel**

Agnosie du miroir

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Les patients tentent d'abord de saisir l'objet dans le miroir et deviennent rapidement capables sur incitation de guider leur bras vers l'objet réel

*13 patients avec des lésions du lobe pariétal
(6 left, 6 right and 1 bilateral).
1 patient présentant une NSU*

Binkofsky et al
Ann Neurol 1999

***Espace péri/extra
Personnel***

Ataxie du miroir

Images spéculaires et manipulations sensorielles

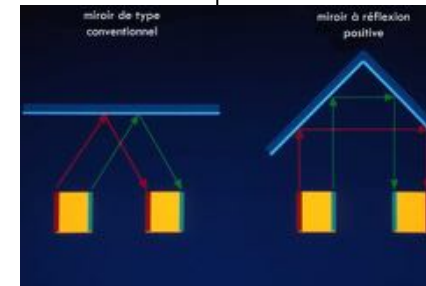
Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Etude des capacités d'identification de la qualité spéculaire des informations visuelles à l'aide de **2 catégories de miroirs**

Beis et al
Neuropsychologia 2001



**Espace péri/extra
Personnel**



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Témoins (n=4)

Droitiers

Appariement

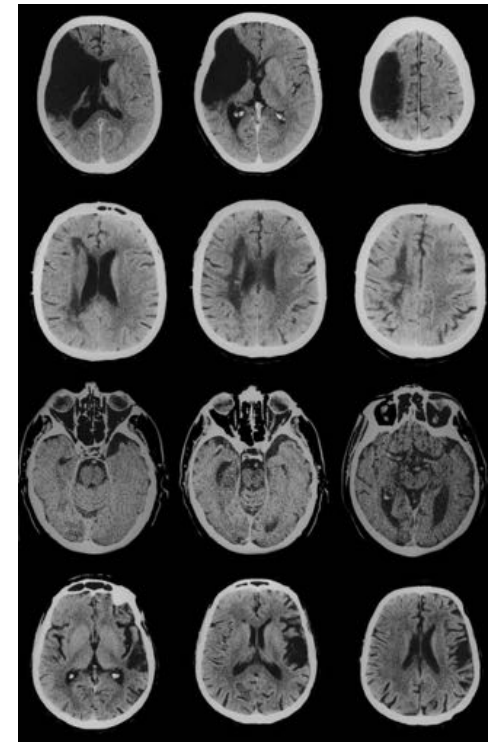
Âge/sexe

Patients CLD (n=3)

CLG (n=1)

Négligence spatiale
unilatérale

Epreuves de la BEN



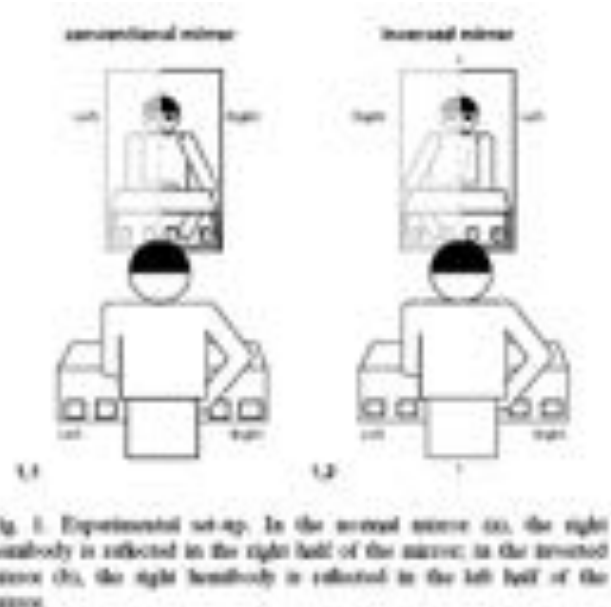
Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Epreuve de saisie de cube

Miroir conventionnel

Miroir inversé



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

L'observation des capacités de saisie de cubes à l'aide des miroirs, conventionnel ou inversé, montre que certains patients

négligent l'espace contralésionnel et saisissent correctement l'objet dans l'espace ipsilésionnel

et/ou

négligent l'espace ipsilésionnel et effectuent correctement la saisie d'objet dans l'espace contralésionnel

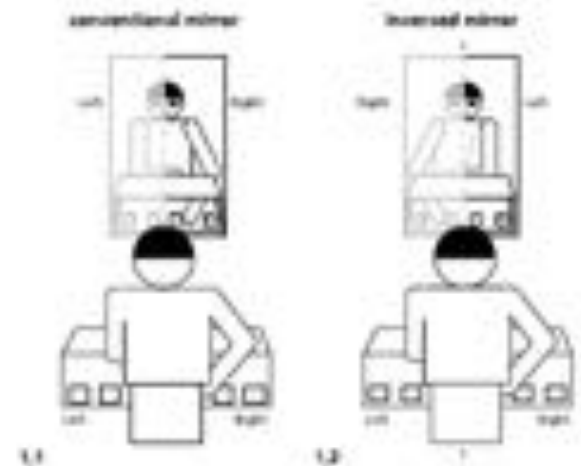


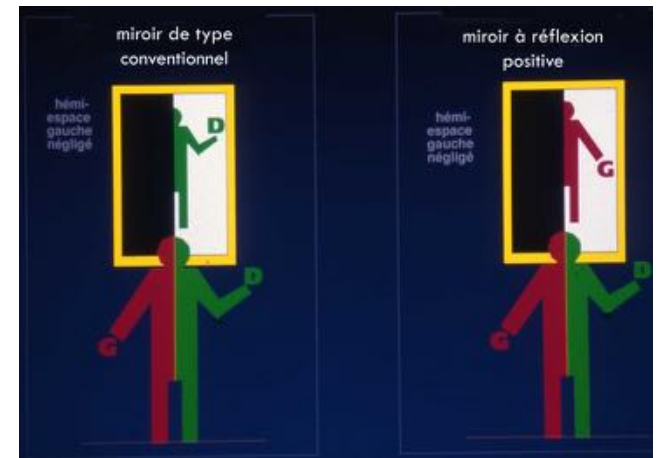
Fig. 1. Experimental set-up. In the normal mirror (a), the right hand/body is reflected in the right half of the mirror; in the inverted mirror (b), the right hand/body is reflected in the left half of the mirror.

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Mécanismes explicatifs possibles

- i. Condition « **saisie d'objet dans l'espace contralésionnel** » : les informations spéculaires sont traitées comme des informations conventionnelles, non spéculaires. Les patients sont leurrés par l'objet miroir. Ce trouble correspondrait à une « **négligence du miroir** »

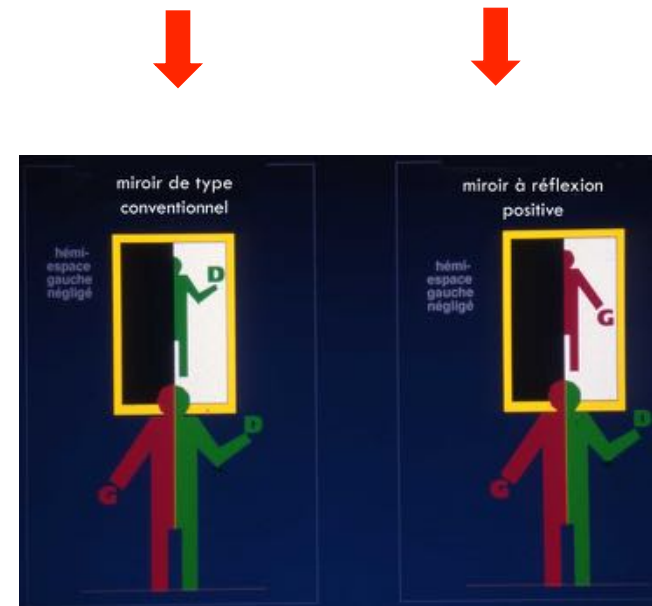


Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Mécanismes explicatifs possibles

- ii. Autres conditions : les informations spéculaires issues du miroir ne sont pas correctement traitées et les perturbations du comportement de saisie suggèrent une « **négligence spéculaire unilatérale** »



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Mirror self-misidentification,
Specular Asomatognosia,
Personal confabulation

Feinberg 1997
Paysant, Beis et al 2004

Espace personnel



Images spéculaires et manipulations
sensorielles

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Mirror self-misidentification,
Specular Asomatognosia,
Personal confabulation

Les inversions et les désorientations D/
G existent chez le sujet normal et sont
rapidement identifiées et corrigées



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Table 2: Right-left distinction test: comparison of the number of errors in the conditions 1, 2, 3 with the number of errors L vs. the number of errors R in the conditions 1,2,3 (own or examiner's body). Values are means (SD).

Test variables Distinction R/L	Condition 1			Condition 2			Condition 3			Comparison	
	L	R	P-value	L	R	P-value	L	R	P-value	P-value	
Patient											
Errors (naming)	0(0)	0(0)		0(0)	0.1(0.3)	NS	0.7(0.4)	0.7(0.9)	NS	1 vs 2	NS
Errors (localization)	0(0)	0(0)		1(0.3)	1(0.3)	NS	0.5(0.5)	0.5(0.5)	NS	2 vs 3	0.008
										1 vs 3	0.0002
Examiner											
Errors (naming)	0(0)	0(0)		0.4(0.5)	0.4(0.5)	NS	0.5(0.5)	0.5(0.5)	NS	1 vs 2	NS
Errors (localization)	0.1(0.3)	0.1(0.3)	NS	0.2(0.4)	0.3(0.4)	NS	0.6(0.5)	0.6(0.5)	NS	2 vs 3	0.05
										1 vs 3	0.007
										1 vs 2	0,02
										2 vs 3	NS
										1 vs 3	0.007
										1 vs 2	NS
										2 vs 3	NS
										1 vs 3	0.01



CLD

Condition 1: without mirror; condition 2: conventional mirror; condition 3: inverted mirror

L: left, R: right

Beis et al Cogn Behav Neurol 2007

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Les inversions et les désorientations D/G peuvent être majeures chez le CLD devant un miroir et aboutir à des inversions multidirectionnelles droite/gauche, suggérant l'existence d'un **syndrome de Gerstmann spéculaire** incomplet

Beis et al Cogn Behav Neurol 2007

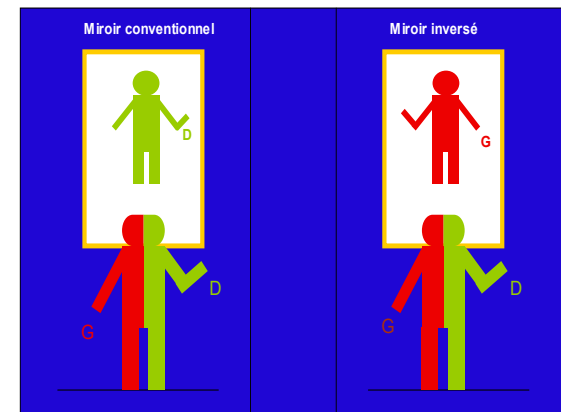


Figure 1

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l' utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Mirror self-misidentification,
Asomatognosia,
Personal confabulation

**Asomatognosie
spéculaire**

Asomatognosie spéculaire

Apparition d' une hémiasomatognosie chez des CLD lorsqu'ils s'observent devant un miroir alors que l' hémiasomatognosie initiale lorsqu'elle existait, a disparue

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés

Mirror self-misidentification,
Asomatognosia,
Personal confabulation

Syndrome d'Anton-Babinski

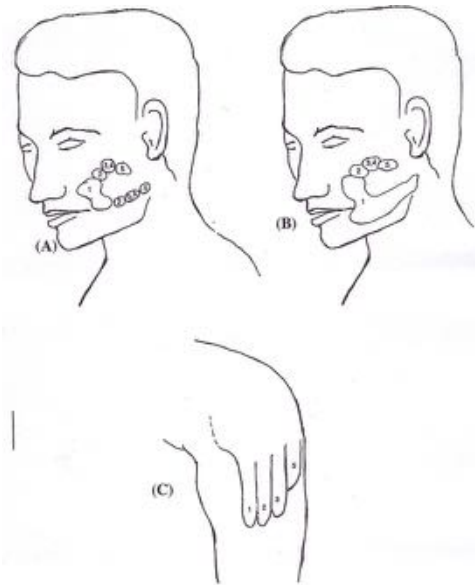
MSG reconnu au toucher (à l'aide de sa main droite)
MSG nié dès qu'elle le voit directement

Identification du MSG devant un miroir

Hypothèse de la résurgence à l'âge adulte de la dualité de l'image du corps, directe ou réfléchie telle qu'elle est normalement vécue chez l'enfant avant 18 mois

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Taxonomie des troubles du comportement générés par l'utilisation de miroir chez les cérébrolésés



Ces troubles doivent être rapprochés des illusions corporelles ou des modifications de perceptions sensorielles ou sensorimotrices générées par les manipulations visuelles induites par un miroir :

➤ **Amputés : membres fantômes, douleur d'un membre amputé**

Ramachandran, 1996, 1998, 2005

➤ **Syndrome douloureux régional complexe type 1 et 2 : atteinte nerveuse périphérique**

Mac Cabe 2003, Selles 2008, Rosen 2005

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Miroir thérapie, et Médecine Physique et de Réadaptation

Le recours à un miroir peut, par l'image inversée renvoyée, être mis à profit pour créer des leurres sensoriels et forcer l'activation du membre déficitaire chez l'hémiplégique présentant un déficit sensitivo-moteur et/ou une NSU et être utilisé en rééducation



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Rééducation de l' hémiplégie post AVC par le feedback visuel du miroir

Membre supérieur du patient hémiplégique après 4 semaines de miroir thérapie

n = 40 patients

Etude randomisée (miroir vs plexiglas), contrôlée
MAS, Brunnstrom, FIM, Fugl-Meyer

↗ significative force musculaire, dextérité et scores FM à 3 – 4 semaines



Yavuzer et al 2008
Arch Phys Med Rehabil

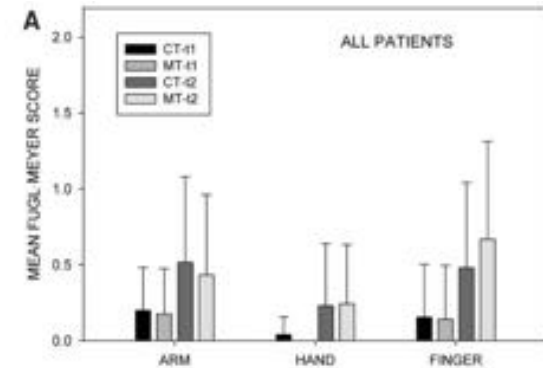
Images spéculaires et manipulations sensorielles

Rééducation de l'hémiplégie post AVC par le feedback visuel du miroir

Etude contrôlée et randomisée
(miroir versus vision directe du MS)

Evolution positive (NS) des subscores de l'échelle de Fugl-Meyer pour le membre supérieur chez 36 patients hémiplégiques vasculaires.

Dohle 2009



CT : control therapy

MT : mirror therapy

T1 : avant traitement

T2 : après traitement

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Miroir thérapie, images spéculaires et Médecine Physique et de Réadaptation

Dans le sous groupe de 25 patients présentant une paralysie complète de l'extrémité distale du membre supérieur contralésionnel, la TM a un effet significatif sur les **mouvements des doigts**.

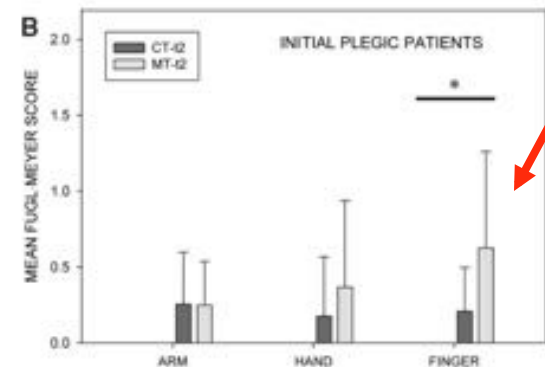
Dohle 2009

CT : control therapy

MT : mirror therapy

T1 : avant traitement

T2 : après traitement



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Miroir thérapie, images spéculaires et Médecine Physique et de Réadaptation

L'amélioration de la motricité de la main par la TM est une alternative intéressante de la thérapie du mouvement induit par la contrainte (Constraint-Induced Movement Therapy : CIMT) car elle s'adresse à des patients présentant une atteinte complète du segment distal du membre supérieur par opposition à la CIMT qui suppose la préservation d'une motricité minimale.

La TM pourrait alors constituer le traitement de référence en phase initiale de l'hémiplégie et ensuite être relayée par la CIMT (Sathian 2009)

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Miroir thérapie, images spéculaires et Médecine Physique et de Réadaptation

Dans une revue systématique, Thieme et al (Thieme 2013) analysent l'efficacité de la TM sur l'amélioration de la fonction motrice et de l'indépendance dans la vie quotidienne et sur la négligence spatiale unilatérale (NSU).

14 études sont incluses (étude randomisée contrôlée, étude croisée randomisée comparant la TM avec un traitement contrôle chez des patients post AVC) avec un total de 567 patients.



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Miroir thérapie, images spéculaires et Médecine Physique et de Réadaptation

La TM a un **effet significatif sur la fonction motrice**, mais cet effet est influencé par le type de traitement contrôle. La TM a aussi un **effet significatif sur la douleur**. En revanche, les preuves sont limitées dans le rôle de la TM dans l'amélioration de la NSU. Les effets sur la motricité restent stables à 6 mois.



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Miroir thérapie, images spéculaires et Médecine Physique et de Réadaptation

Les conclusions de cette revue systématique vont dans le sens de **l'indication de la TM comme un traitement « adjuvant »**, qui ne peut pas remplacer d'autres techniques habituellement utilisées dans la rééducation de la fonction du membre supérieur.

L'amélioration de l'indépendance dans les activités de la vie quotidienne est soulignée, mais ces résultats doivent être interprétés avec prudence compte tenu du petit nombre d'études (n=4).



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Miroir thérapie, images spéculaires et Médecine Physique et de Réadaptation

Cette analyse est remis en cause par les résultats du travail de Thieme et Bayn en 2013 dans une étude randomisée contrôlée chez 60 patients cérébrolésés vasculaires en phase sub-aigue (trois premier mois post stroke) avec une **atteinte notée sévère** du membre supérieur, qui ne retrouvent pas d'effet significatifs de la TM sur les fonctions sensorimotrices du membre supérieur, sur les activités de la vie quotidienne et sur la qualité de vie.



Images spéculaires et manipulations sensorielles

Thérapie du miroir et hypothèses explicatives

L'hypothèse d'un lien entre thérapie du miroir (TM) et **image mentale motrice** est suggérée, le miroir créant un feedback visuel positif de l'action imaginée avec le segment « paralysé », une inversion droite gauche (et vice et versa) de la main via un miroir, entraînant ainsi une activation corticale ipsilatérale.

L'utilisation réelle de la main droite, perçue comme une main gauche virtuelle, aboutirait à une activité additionnelle de l'hémisphère droit (et vice et versa)

(Dohle C, Kleiser R, Seitz RJ, et al. Body scheme gates visual processing. J Neurophysiol 2004)

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Thérapie du miroir et hypothèses explicatives

Chez le sujet sain, l'activité du cortex moteur primaire (M1) ipsilatéral lors d'un mouvement de la main du même côté est augmentée par le recours à un feedback visuel du mouvement, à l'aide d'un miroir, de cette même main

TMS chez 8 sujets sains

Excitabilité de M1 ipsilatéral, en réponse à un mouvement phasique unilatéral de la main, est mesurée lorsque les sujets réalisent des mouvements d'opposition I/II (fc 1Hz)
MEP obtenu au niveau du 1^{er} interosseux dorsal

Conditions expérimentales (n=4)

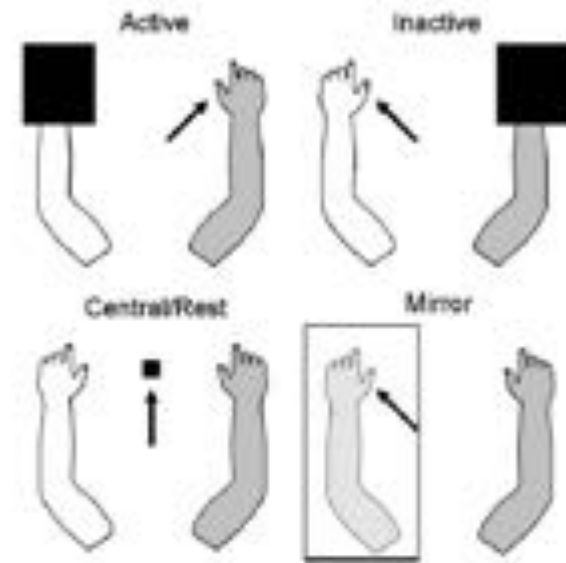


Fig. 1 Schematic illustration of the different viewing conditions when the right hand is the active hand (grey). MEPs were measured from the inactive (white) left hand. The arrow in each condition indicates where subjects were instructed to look.

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Vision, mouvement et image spéculaire

Chez le sujet sain, l'activité du cortex moteur primaire (M1) ipsilatéral lors d'un mouvement de la main du même côté, est augmentée par le recours à un feedback visuel du mouvement, à l'aide d'un miroir, de cette même main

Garry et al 2005

Amplitude MEP

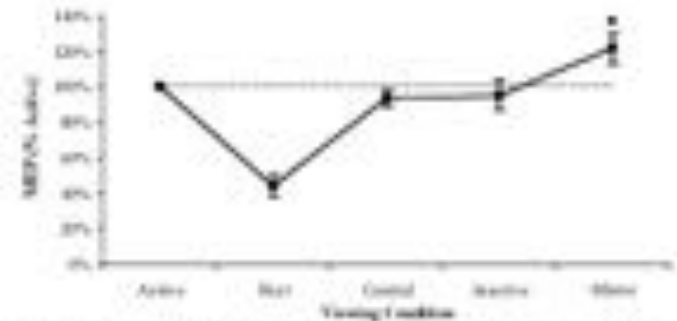


Fig.2 Normalized MEP amplitude in each condition collapsed across the dominant and non-dominant hand. MEPs were significantly facilitated in all conditions relative to Rest ($P < 0.01$). MEPs in the Mirror condition were significantly facilitated compared with both the Inactive and Central conditions (pairwise density $P < 0.05$).

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Vision, mouvement et image spéculaire

Une activation de M1 et du cervelet

Retrouvée chez 2 patients ayant récupérés de leur hémiplégie après plusieurs séances de TM

Shinoura 2008

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Thérapie du miroir et hypothèses explicatives

Les effets de la TM seraient attribués aux neurones miroirs, neurones bimodaux visuo moteurs situés dans l'aire prémotrice, activés durant l'image mentale du mouvement, l'observation et la réalisation de l'action et pouvant intervenir dans l'apprentissage moteur par imitation

Pomeroy VM, Clark CA, Miller JS, et al. The potential for utilizing the "mirror neurone system" to enhance recovery of the severely affected upper limb early after stroke: a review and hypothesis. Neurorehabil Neural Repair 2005; 19: 4-13,

Johnson-Frey SH. Stimulation through simulation? Motor imagery and functional reorganization in hemiplegic stroke patients. Brain Cogn 2004; 55: 328-31)

Buccino G, Binkofski F, Fink GR, et al. Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. Eur J Neurosci 2001; 13: 400-4

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Vision, mouvement et image spéculaire

Effets de la TM attribués aux neurones miroirs

Activés durant l' image mentale du mouvement, l'observation et la réalisation de l'action, et pouvant intervenir dans l' apprentissage moteur par imitation

(Pomeroy, 2005, Johnson-Frey 2004)

Mirror Neurons and Mirror Systems in Monkeys and Humans
Maddalena Fabbri-Destro^{1,2} and Giacomo Rizzolatti¹

PHYSIOLOGY 23: 171–179, 2008;
doi:10.1152/physiol.00004.2008

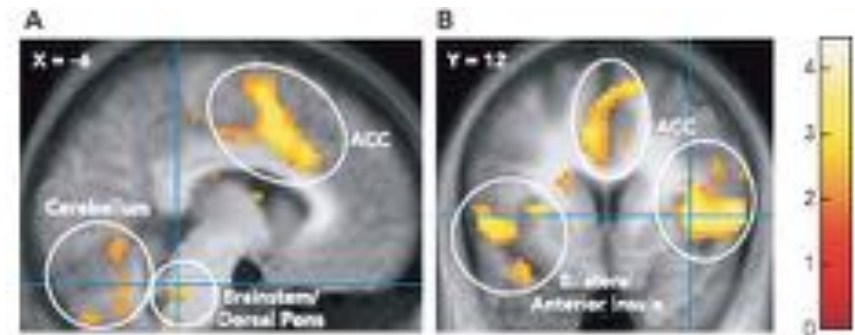


FIGURE 4. Activations found when pain was applied to self or to the partner.

A and B: the results of a conjunction analysis between the contrasts of pain and no pain in the context of self and other. Results are shown on sagittal (A) and coronal (B) sections of the mean structural scan. Coordinates refer to peak activations. Increased pain-related activation was observed in the anterior cingulate (ACC), anterior insula, cerebellum, and brain stem (from Ref. 58).

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Images spéculaires et manipulations sensorielles

Image spéculaire et « désapprentissage » d'une dysplasticité

Le nombre de patients AVC améliorés par le feedback visuel du miroir du MS parétique est plus important que le nombre de patients contrôles qui utilisent du plexiglas

L' image spéculaire pouvant jouer un rôle dans le « désapprentissage » d' une dysplasticité à l'origine d'une activité anormale du membre atteint



Altschuler Lancet 1999

J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2010 Sep 22.

The neuronal correlates of mirror therapy: an fMRI study on mirror induced visual illusions in patients with stroke.

[Michielsen ME](#), [Smits M](#), [Ribbers GM](#), [Stam HJ](#), [van der Geest JN](#), [Bussmann JB](#), [Selles RW](#).

Department of Rehabilitation Medicine, Erasmus MC University Medical Center, Rotterdam, The Netherlands.

Abstract

Aim : To investigate **the neuronal basis for the effects of mirror therapy in patients with stroke.**

Methods : 22 patients with stroke participated in this study. The authors used functional MRI to investigate neuronal activation patterns in two experiments. In the unimanual experiment, patients moved their unaffected hand, either while observing it directly (no-mirror condition) or while observing its mirror reflection (mirror condition). In the bimanual experiment, patients moved both hands, either while observing the affected hand directly (no-mirror condition) or while observing the mirror reflection of the unaffected hand in place of the affected hand (mirror condition). A two-factorial analysis with movement (activity vs rest) and mirror (mirror vs no mirror) as main factors was performed to assess neuronal activity resultant of the mirror illusion.

Results : Data on 18 participants were suitable for analysis. **Results showed a significant interaction effect of movement×mirror during the bimanual experiment.** Activated regions were the precuneus and the posterior cingulate cortex ($p < 0.05$ false discovery rate).

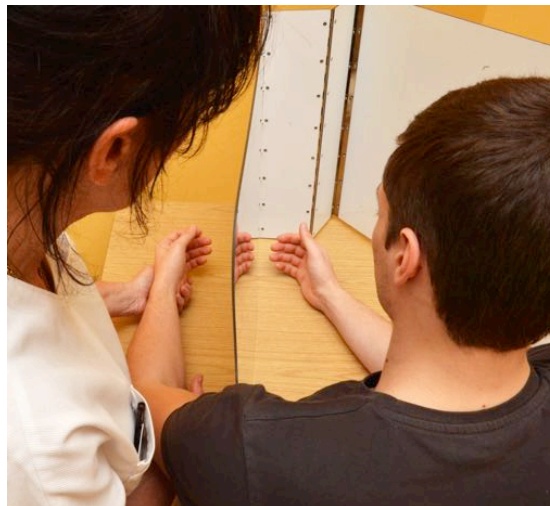
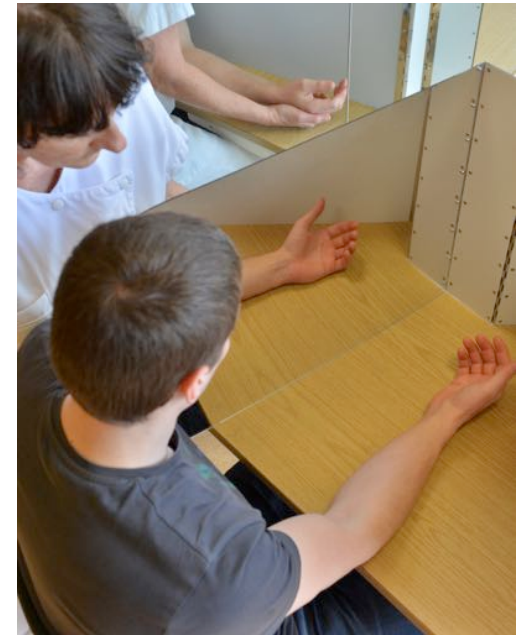
Conclusion : **In this first study on the neuronal correlates of the mirror illusion in patients with stroke, the authors showed that during bimanual movement, the mirror illusion increases activity in the precuneus and the posterior cingulate cortex, areas associated with awareness of the self and spatial attention. By increasing awareness of the affected limb, the mirror illusion might reduce learnt non-use.** The fact that the authors did not observe mirror-related activity in areas of the motor or mirror neuron system questions popular theories that attribute the clinical effects of mirror therapy to these systems

Outil miroir : 1 panneau réfléchissant l'image du membre sain, 1 panneau blanc opaque de même taille et une pièce charnière



**Images spéculaires et manipulations
sensorielles**

Outil miroir : 1 panneau réfléchissant l'image du membre sain, 1 panneau blanc opaque de même taille et une pièce charnière



**Images spéculaires et manipulations
sensorielles**

Protocole

La thérapie miroir se déroule sur 6 semaines, organisées en 3 phases de 2 semaines chacune (T1, T2, T3). Chaque séance dure de 20 minutes, 5 jours par semaine.

La période T1 est une phase sans activité motrice du côté lésé mais où seul le travail sur l'image mentale motrice est sollicité. Elle dure 20 minutes avec 1 minute de repos entre chaque série. Lors de la réalisation des mouvements actifs, le patient se concentre sur le reflet du membre sain dans le miroir en imaginant que l'image réfléchie n'est autre que son membre pathologique animé. Le membre hémiplégique est immobile derrière le miroir.

Protocole T1



Images spéculaires et manipulations
sensorielles

Protocole T1



**Images spéculaires et manipulations
sensorielles**

Protocole T1



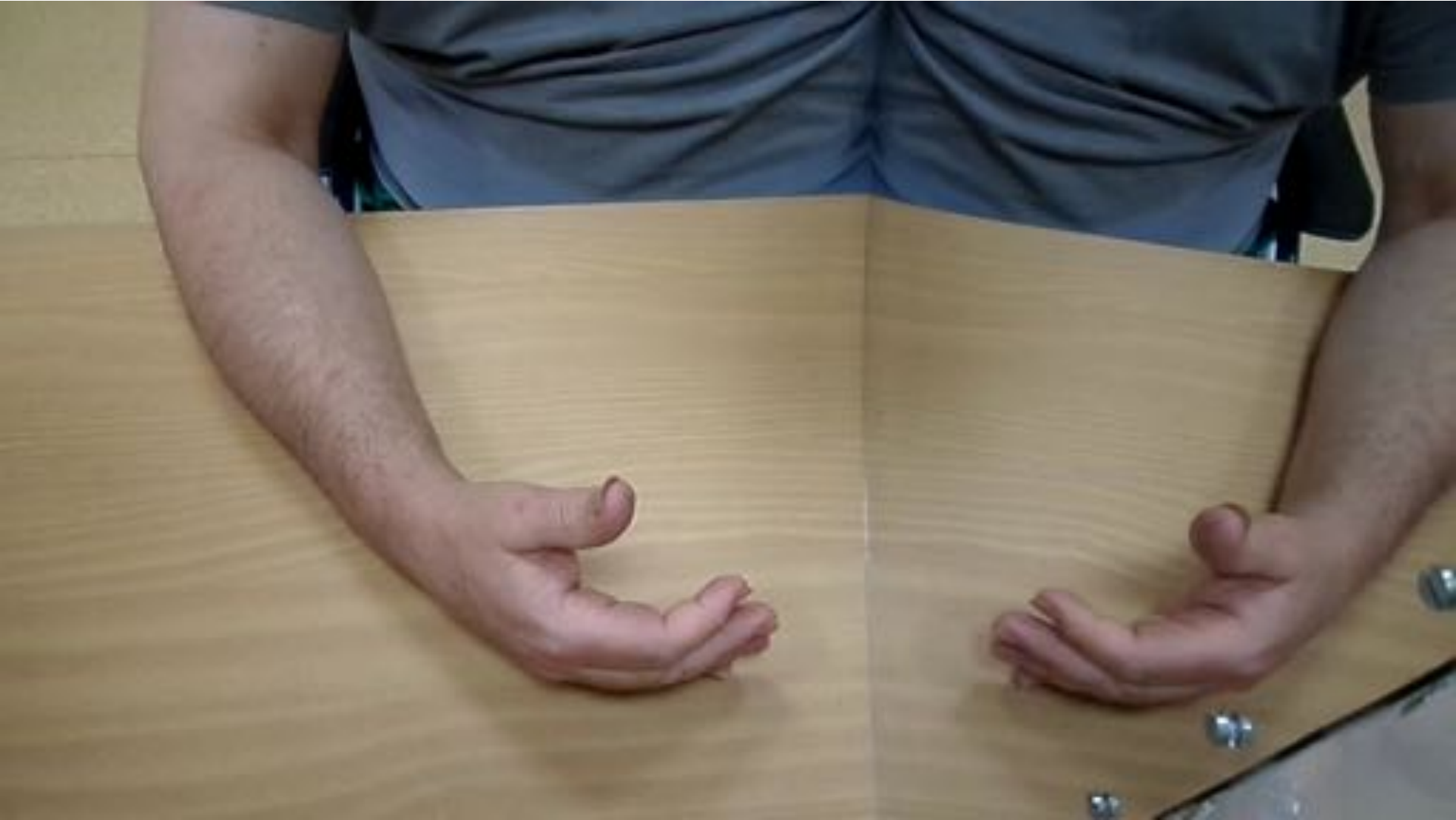
**Images spéculaires et manipulations
sensorielles**

Protocole

La période T2 débute par une phase d'imagerie mentale motrice identique à T1 puis elle est poursuivie par une phase de mobilisation passive du membre lésé réalisée par le thérapeute. Le patient effectue avec son membre sain, les mêmes mouvements de base qu'en T1. Lors des mouvements effectués, il regarde et se concentre toujours sur le reflet de son membre sain dans le miroir et de manière synchrone, le thérapeute mobilise le membre pathologique.

Lors de la période T3, la phase T2 est reprise dans un premier temps mais les séries sont limitées à 5 mouvements.

Protocole T2



**Images spéculaires et manipulations
sensorielles**

Protocole

En fonction des possibilités motrices du patient, la main saine peut saisir ou manipuler des objets usuels : soulever une balle, déplacer un verre, ouvrir et fermer une pince. Ces préhensions préparent les gestes fonctionnels globaux futurs.

L'intentionnalité du geste est importante même si la séquence motrice ne peut être réalisée dans son ensemble côté hémiplégique.

Ces 3 phases (T1, T2, T3) peuvent être complétées par la réalisation de séances d'auto-entraînement afin d'optimiser les bénéfices de cette thérapie et de solliciter l'autonomie du patient dans l'organisation de certaines situations d'exercice.

Protocole



Images spéculaires et manipulations
sensorielles

Manipulations sensorielles



Décalage entre
objet et représentation
et.. l'explication du peintre

« La fameuse pipe, me l'a-t-on assez reprochée!
Et pourtant, pouvez vous la bourrer ma pipe?
Non, n'est-ce-pas, elle n'est qu'une représentation.
Donc, si j'avais écrit sous mon tableau « ceci est une pipe »
j'aurai menti! »

René Magritte