



Università degli Studi di Torino
DIPARTIMENTO DI PSICOLOGIA

Corso di Laurea Magistrale in Scienze della Mente

Tesi di Laurea Magistrale

Rubber Hand Illusion ed esperienza soggettiva: quale rapporto tra Body Ownership ed Agency?

Candidata

Dott.ssa Chiara Brandimarte

Relatore

Prof.re Lorenzo Pia

Matricola 704817

A. A. 2012/2013

INDICE

INTRODUZIONE.....pag.1

CAPITOLO 1..... pag.4

LA RAPPRESENTAZIONE CORPOREA: LO SCHEMA CORPOREO

1.1 Origini del concetto di schema corporeo..... pag.6

1.2 Caratteristiche dello schema corporeo pag.8

CAPITOLO 2.....pag.12

BODY OWNERSHIP ED AGENCY

2.1 La consapevolezza motoria e il senso di Agency.....pag.13

2.2 Possibili basi neurali del senso di Agency.....pag.23

CAPITOLO 3.....pag.26

RUBBER HAND ILLUSION ED EMBODIMENT DI UNA MANO ALIENA

3.1 Embodiment di una mano aliena e movimento.....pag.30

CAPITOLO 4.....pag.34

LA RICERCA

4.1 Introduzione.....pag.34

4.2 Partecipanti.....pag.35

4.3 Metodi..... pag.36

4.4 Bilanciamento.....pag.42

4.5 Procedure..... pag.44

4.6 Risultati..... pag.46

4.6.1 Questionario del Body Ownership..... pag.46

4.6.2 Questionario sull'Agency..... pag.48

4.6.3 Analisi statistica questionario
del Body Ownership..... pag.50

4.6.4 Analisi statistica questionario
dell'Agency..... pag.54

CAPITOLO 5.....pag.56

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

BIBLIOGRAFIA..... PAG. 60

INTRODUZIONE

Questa tesi nasce dalla mia esperienza di tirocinio presso il Dipartimento di Psicologia dell'Università degli Studi di Torino.

Ho preso parte al gruppo di ricerca della Proff.ssa Berti, Prof.re Pia e Proff.ssa Garbarini che da anni si occupano dello studio della rappresentazione corporea.

In particolare, ho partecipato a diverse ricerche volte ad indagare il senso di Ownership ed Agency sia in soggetti sani che in pazienti con deficit neuropsicologici.

Senso di Ownership ed Agency sono strettamente collegati tra loro; il primo riguarda la nostra capacità di sentire come proprio il corpo che ci appartiene e ciascuna parte di esso, mentre il senso di Agency riguarda la nostra capacità nel attribuire a noi o a qualcun altro il compimento di un'azione.

Da questi due concetti nascono tutta una serie di studi volti ad indagare il loro sviluppo, il loro funzionamento ed i loro deficit, come è stato già detto in precedenza, sia in soggetti sani che in pazienti con deficit neuropsicologici.

La prima parte della tesi sarà dedicata ai riferimenti bibliografici ed alle teorie più importanti su cui si è basata la nostra ricerca.

Nel primo capitolo verrà discussa la differenza tra il concetto di immagine corporea e di schema corporea, che spesso erroneamente vengono usati come sinonimi.

Il più grande contributo a questo tema è stato dato da Paul Schilder, che nel 1935 scrisse “The Image and the Appearance of the Human Body” in cui troviamo sia la definizione di schema corporeo che di immagine corporea ed i disturbi neurologici correlati ad essi.

Successivamente saranno discussi, sempre all'interno dello stesso capitolo, le caratteristiche ed i correlati neuropsicologici dello schema corporeo.

Nel secondo capitolo verranno approfonditi il Senso di Ownership ed il senso di Agency. Nel discuterne mi sono concentrata sul rapporto che li lega, come uno può modulare l'altro in particolare facendo riferimento al movimento.

L'ultimo capitolo sarà dedicato al paradigma sperimentale della Rubber Hand Illusion (RHI) ed all'embodiment di una “mano di qualcun altro”, utilizzato anche nella ricerca.

Il paradigma della RHI consente di indagare l'auto-consapevolezza corporea tramite un'illusione attraverso la quale il soggetto fa rientrare all'interno dello proprio schema corporeo una mano di gomma.

Nella nostra ricerca abbiamo utilizzato questo paradigma modificandolo leggermente, cioè al posto della mano di gomma abbiamo utilizzato la mano di uno sperimentatore che chiamerò mano di qualcun altro o mano altrui.

Questa modifica si è resa necessaria perché durante l'esperimento la mano di qualcun altro deve compiere dei movimenti e ciò chiaramente non era possibile con una mano di gomma.

Questi sono gli argomenti che verranno affrontati nei primi capitoli, ciò consentirà di avere un chiaro inquadramento teorico delle metodiche utilizzate e delle teorie di riferimento per poi passare successivamente alla lettura della parte dedicata alla descrizione della ricerca svolta.

CAPITOLO 1

LA RAPPRESENTAZIONE CORPOREA: LO SCHEMA CORPOREO

La rappresentazione corporea è un argomento che è stato trattato per molti secoli da diverse discipline come la medicina, la psicologia, la neurologia e la fisica nel tentativo di darne una definizione chiara per pianificare interventi terapeutici.

Il cervello contiene diverse rappresentazioni del corpo, una di esse si trova nella corteccia somatosensoriale primaria, detta anche S1.

Essa è localizzata nel lobo parietale e comprende quattro regioni ben distinte: aree 3a, 3b, 1 e 2 di Broadman.

La particolarità di queste aree è la loro incapacità di rappresentare il corpo umano nelle sue dimensioni reali perché rappresentano la distribuzione dei recettori all'interno del corpo; per questo motivo il cosiddetto "Homunculus" ha mani e labbra di dimensioni esagerate rispetto a quelle del tronco e delle parti prossimali degli arti (Purves & all, 2009).

L'Homunculus è composto da una rappresentazione bilaterale incrociata dove a sinistra è rappresentato l'emicampo destro e viceversa ed è illustrata con i piedi in alto e la testa in basso (Penfield & Rasmussen, 1950).

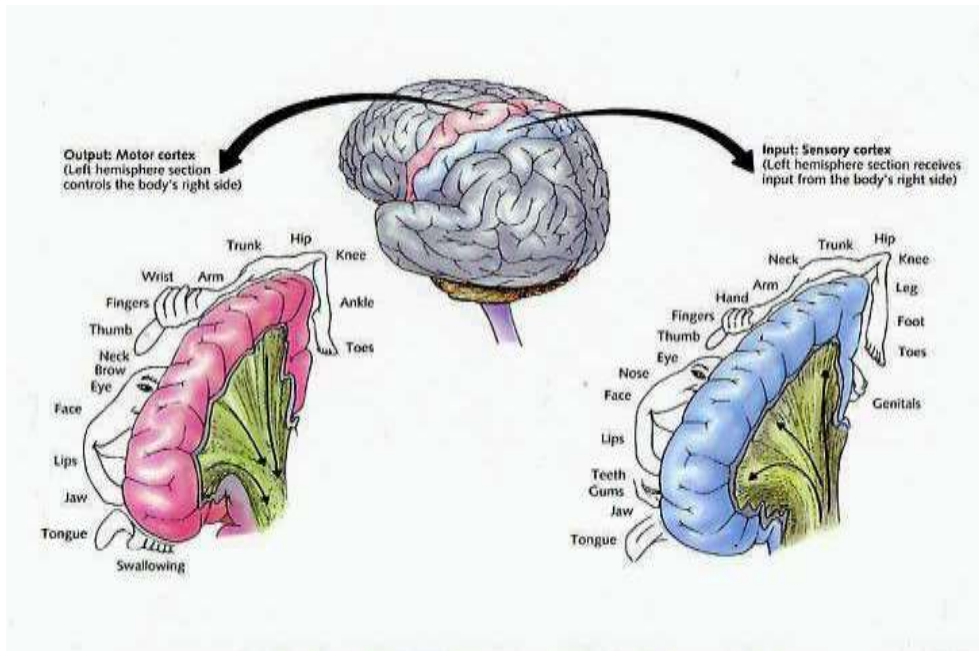


Figura 1: Homunculus Sensitivo

Fonte: www.giovanichetta.it

A livello cognitivo le rappresentazioni più importanti sono lo schema corporeo e l'immagine corporea.

Questi due concetti si riferiscono ad accezioni diverse, soprattutto in riferimento alla coscienza (Paillard, 1999).

L'autore definisce lo schema corporeo come una rappresentazione inconsapevole delle posizioni delle parti del corpo nello spazio, che viene aggiornato durante il movimento perché ha un ruolo centrale nell'organizzazione spaziale delle azioni.

L'immagine corporea, invece, è la rappresentazione cosciente del nostro corpo nello spazio in riferimento ad un osservatore esterno.

Il lavoro svolto fa riferimento al concetto di schema corporeo e alle modificazioni che esso può subire, per questo motivo non mi dilungherò ulteriormente sull'argomento dell'immagine di sé.

1.1 ORIGINI DEL CONCETTO DI SCHEMA CORPOREO

Il termine schema corporeo è stato introdotto da Bonnier nel 1983.

Questa nozione era già nota perché introdotta dai medici dell'ottocento con il termine *cenestesia*, con esso intendevano il senso generale che noi abbiamo del nostro corpo derivante dalle informazioni dei vari domini e che contribuiscono a formare il “senso di sé”.

L'innovazione di Bonnier rispetto a quest'ultimi è stata l'introduzione del criterio topologico: esso si riferisce al fatto che noi sappiamo di occupare un “nostro luogo”, ciò ci serve per orientarci oggettivamente e soggettivamente nello spazio (Bonnier, 1905).

In seguito Pick affermava che l'essere umano possedesse una sorta di consapevolezza topografica del proprio corpo che lo informa continuamente della situazione in cui si trovava. Per la costruzione e la conservazione di questo schema sono implicate la sfera tattile, motoria, ma soprattutto quella visiva, infatti egli parlava di immagine del proprio corpo. Nel 1911 Head incomincia a porre le basi per differenziare lo schema corporeo dall'immagine corporea. Egli introduce un nuovo criterio, quello estesiologico: grazie ad esso gli stimoli periferici che convergono al SNC diventano consapevoli solo dopo essere stati valutati da un meccanismo che li relaziona e li integra con le informazione precedenti. In particolare l'autore ipotizzava che esistesse una postura standard in rapporto alla quale venivano misurate tutte le successive.

Nel 1912, infatti, Head e Holmes distinsero chiaramente tra:

1. Postural Schema: una serie di criteri con cui veniva misurato ogni cambio di postura, prima che questo fosse cosciente
2. Superficial Schema: una mappa centrale delle informazioni somatotopiche derivanti da informazioni tattili.
3. Body Image: la rappresentazione interna e cosciente dell'esperienza visiva, tattile e motoria del corpo. (Paillard, 1999)

Le riflessioni più recenti sullo schema corporeo sono state sicuramente quelle di Paul Schilder che nel 1937 lo definiva così: *“Con l'espressione immagine del corpo umano intendiamo il quadro mentale che ci facciamo del nostro corpo, vale a dire il modo in cui il corpo appare a noi stessi. Noi riceviamo delle sensazioni, vediamo parti della superficie del nostro corpo, abbiamo impressioni tattili, termiche, dolorose, sensazioni indicanti la deformazione del muscolo provenienti dalla muscolatura e dalle guaine muscolari, sensazioni provenienti dalle innervazioni muscolari e sensazioni di origine viscerale. Ma al di là di tutto questo vi è l'esperienza immediata dell'esistenza di un'unità corporea, che, se è vero che viene percepita, è d'altra parte qualcosa di più di una percezione: noi la definiamo schema del nostro corpo o schema corporeo, oppure, modello posturale del corpo. Lo schema corporeo è l'immagine tridimensionale che ciascuno ha di se stesso [...]”* (Schilder, 1973, p. 35)

1.2 CARATTERISTICHE DELLO SCHEMA CORPOREO

Dalla definizione di Schilder possiamo dedurre alcune caratteristiche dello schema corporeo, prima fra tutte l'adattabilità ai cambiamenti del corpo. Come abbiamo già detto più volte lo schema corporeo subisce continue modificazioni, un elemento a sostegno di ciò è la dinamicità dei campi recettivi dei neuroni bimodali.

Un esperimento a sostegno di ciò è stato condotto da Iriki, Tanaka e Iwamura nel 1996, gli autori hanno condotto uno studio su i neuroni bimodali nelle scimmie, cioè dei neuroni che campi recettivi tattili localizzati sulla mano, sul braccio e sul collo e campi recettivi visivi localizzati intorno al campo recettivo tattile: quando il braccio si muove anche il campo visivo si sposta, rimanendo ancorato a quello tattile.

Tramite l'esperimento condotto gli autori hanno dimostrato che se si chiede alla scimmia di raccogliere il cibo con un rastrello il campo recettivo del neurone bimodale viene ampliato fino a coprire lo spazio raggiungibile con lo strumento (Berti, Bottini, & Neppi-Mòdona, Elementi di neuroscienze cognitive, 2007, p. 150-151).

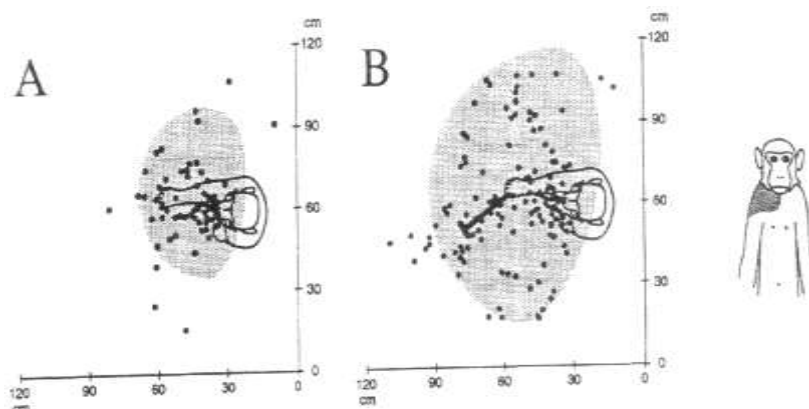


Figura 2: Campi recettivi tattili e visivi dei neuroni bimodali.

Fonte: www.neurobiography.info

Risultati simili sono stati trovati anche negli umani, in particolare in pazienti con Neglect.

Il Neglect, o Eminegligenza Spaziale Unilaterale, è un disturbo dell'attenzione selettiva spaziale in cui i pazienti trascurano le informazioni provenienti dalla metà sinistra dello spazio (Làdavas & Berti, 2009, p. 96)

È stato dimostrato che è possibile dissociare neglect per lo spazio vicino e per lo spazio lontano e recenti ricerche hanno provato che è possibile modularle tramite l'uso di uno strumento.

I primi studi (Berti & Frassinetti, 2000) hanno analizzato le prestazioni di un paziente con neglect più grave nello spazio vicino. L'esperimento prevedeva due compiti: la bisezione di una linea nello spazio vicino con una bacchetta oppure nello spazio lontano tramite un puntatore laser; se la paziente doveva eseguire la bisezione nello spazio lontano usando la bacchetta il neglect compariva e peggiorava la performance.

Neppi-Mòdona et al (Neppi-Mòdona & al, 2007) hanno dimostrato che è possibile ricodificare lo spazio vicino in spazio lontano quando lo strumento per la bisezione non prevede il raggiungimento dello stimolo.

Lo studio è stato condotto su pazienti cerebrolesi destri che mostravano evidente neglect per lo spazio lontano, quando la bisezione nello spazio vicino veniva effettuata con il puntatore laser (che attivava la rappresentazione dello spazio lontano) il neglect

peggiorava (Berti, Bottini, & Neppi-Mòdona, Elementi di neuroscienze cognitive, 2007, p. 154).

Questi dati ci dimostrano non solo che lo schema corporeo si adatta ai cambiamenti del corpo, ma anche rappresenta la codifica spaziale di esso.

Altra caratteristica del body schema è la sovramodalità, cioè l'integrazione di informazioni sensoriali e propriocettive volte alla costruzione di esso.

Strettamente collegata a quest'ultima credo che sia importante citare altri due tratti distintivi: la coerenza e l'interpersonalità.

La coerenza dello schema corporeo, invece, fa riferimento alla capacità di questa struttura di mantenere una continuità spaziale nel tempo.

Per fare ciò è molto importante la risoluzione dei conflitti multi-sensoriali, ad esempio tra sistema visivo e propriocettivo.

Ci sono procedure sperimentali in cui questo procedimento viene manipolato e che necessariamente comportano una modifica dello schema corporeo, una di queste ad esempio è il paradigma sperimentale della Rubber Hand Illusion, che verrà spiegato successivamente.

L'interpersonalità dello schema corporeo si riferisce al fatto che esso viene usato oltre che per rappresentare il proprio corpo anche quello degli altri.

Per rendere più chiaro questo concetto possiamo fare riferimento al filosofo francese Merleau-Ponty che si è occupato molto della questione del corpo e dello schema corporeo.

Egli affermava: *“Il corpo è l'unico mezzo che io ho per andare al cuore delle cose”* (Merleau-Ponty M., 1970); secondo il filosofo il corpo è l'attore principale delle nostre relazioni con il mondo perché grazie all'esistenza dello schema corporeo noi sappiamo di occupare un “certo spazio” ed è proprio tramite questa presa di coscienza che possiamo interagire nel mondo:

“Il fatto è che il soggetto normale ha il suo corpo non solo come sistema di posizioni attuali, ma anche con ciò stesso come sistema aperto di un'infinità di posizioni equivalenti in altri orientamenti. Ciò che abbiamo chiamato schema corporeo è appunto questo sistema di equivalenze, questa invariante immediatamente data in virtù della quale i diversi compiti motori sono istantaneamente trasponibili. Vale a dire che esso non è solo un'esperienza del mio corpo, ma anche un'esperienza del mio corpo nel mondo”(A. Bonomi, *Fenomenologia della percezione*, Bompiani, Milano 2003.pp 165, 195).

Per distinguere tra il proprio corpo e quello altrui oltre allo schema corporeo il nostro sistema cognitivo utilizza altri due conoscenze: il senso di body-Ownership e di Agency.

CAPITOLO 2

BODY OWNERSHIP ED AGENCY

La consapevolezza motoria è modulata da due aspetti principali: il sense of body Ownership e il sense of Agency.

Gallagher definiva il body Ownership in questo modo: “ Body-Ownership si riferisce alla particolare condizione percettiva del proprio corpo, che rende le sensazioni corporee uniche per se stessi, cioè, la sensazione che il “mio corpo” mi appartiene, ed è sempre presente nella mia vita mentale” (Gallagher, 2000)

Il senso di Ownership è la sensazione di appartenenza del nostro corpo che è sempre presente e che è indipendente dal fatto che le azioni compiute siano volontarie o involontarie. Il senso di Agency, invece, è la sensazione di aver causato o generato un’azione.

Nelle azioni volontarie il senso di Ownership e di Agency coincidono, quindi io riconosco che è stato il mio corpo a muoversi e che ho voluto io quel movimento.

In caso di azioni involontarie è quasi sempre possibile distinguere il senso di Ownership da quello di Agency, un esempio potrebbe essere quando ad una visita medica il dottore muove il mio braccio, in questo caso il senso di Ownership è presente perché sono consapevole che il braccio mosso è il mio, ma il senso di Agency non esiste perché non sento di essere stato io a causare quel movimento o quell’azione (Gallagher, 2000)

2.1 LA CONSAPEVOLEZZA MOTORIA E IL SENSO DI AGENCY

Quando parliamo di Agency non possiamo tralasciare il problema della consapevolezza motoria.

La domanda è: di che cosa diventiamo consapevoli quando compiamo delle azioni?

Fourneret e Jannerod (1998) hanno dimostrato che in alcune circostanze la consapevolezza associata al movimento non è sempre disponibile.

Nel loro esperimento (Fourneret & Jannerod, 1998) ai soggetti sperimentali veniva chiesto di tracciare una linea retta con una penna su uno schermo di un computer, l'output della penna veniva mostrato ai soggetti su uno schermo di un computer visto in uno specchio posizionato in modo da non far vedere la mano del soggetto.

Gli sperimentatori manipolavano la situazione sperimentale introducendo un bias sullo schermo del computer: la linea tracciata veniva deviata verso sinistra o verso destra.

Questo "inganno" portava i soggetti a dover correggere la traiettoria della loro linea adattandola a quella che vedevano nello schermo del computer, così facendo i soggetti tracciavano una linea che era molto lontana da quella richiesta dal compito.

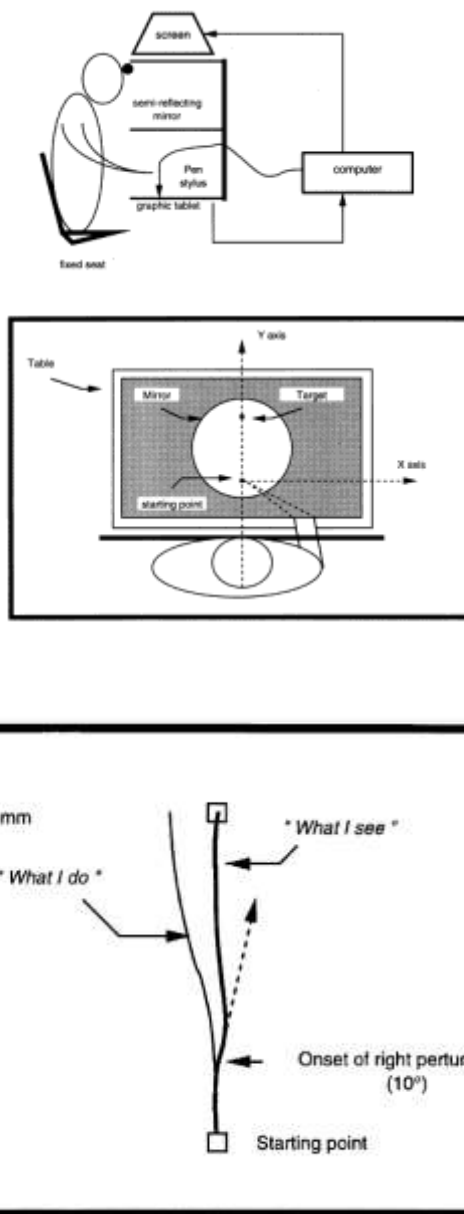


Figura 3:Apparato sperimentale dell'esperimento di Fournieret e Jannerod

Fonte: (Fournieret & Jannerod, 1998)

Alla fine della prova i soggetti dovevano dire verbalmente quale linea avevano prodotto scegliendone una da una scheda di prova.

I risultati mostravano che:

1. I soggetti erano costantemente capaci di tracciare linee sagittali che correggevano accuratamente dopo il bias.
2. Le loro risposte verbali riportavano che loro erano consapevoli di aver tracciato una linea sagittale e non deviata.

Dai risultati ottenuti possiamo dedurre che i soggetti apparivano come incapaci di monitorare coscientemente la linea fatta dal loro movimento, ma soprattutto che si diventa coscienti delle azioni che si intendono fare e non di quelle che realmente si fanno ed infine che le conseguenze sensoriali di un movimento non sono necessarie per costruire consapevolezza motoria (Jannerod, 2003)

Fourneret e Jannerod nel 1998 cercarono di interpretare questi dati e diedero tre possibilità:

- 1) L'effetto era dovuto al fatto che ciò che vedevano i soggetti coincidesse con l'azione desiderata e per questo veniva ignorata l'azione discrepante. Questa spiegazione sottolinea l'importanza delle informazioni visive rispetto a quelle di altri domini.
- 2) La debolezza delle risposte potrebbe riflettere la debolezza dell'azione, secondo gli autori però questa spiegazione sembrerebbe improbabile perché comunque una sorta di controllo c'è stato da parte dei soggetti.

3) I segnali relativi alla formazione delle azioni vengono formati ad un livello automatico ed inconscio che non è possibile sottoporre ad un monitoraggio interno (Founeret & Jannerod, 1998).

Con questo esperimento è stato confermato quindi che le informazioni sensoriali non servono per la consapevolezza motoria, ciò era già stato suggerito da alcuni esperimenti condotti da Libet et al (1983).

Negli esperimenti condotti dagli autori (Libet & al, 1983) i soggetti erano seduti davanti ad un orologio che ruotava ogni 2,560 ms e dovevano compiere un movimento volontario con un dito.

I soggetti retrospettivamente dovevano il momento esatto in cui diventavano consapevoli del movimento (il giudizio M) ed il momento in cui sentivano l'urgenza di muoversi (il giudizio W).

Il giudizio soggetti venivano confrontati con l'insorgenza dei readiness potentials (RP), che sono dei cambiamenti di potenziale elettrico dell'attività del muscolo che venivano registrati con un elettromiogramma del muscolo della mano.

Libet e colleghi trovarono che il giudizio M precedeva l'insorgenza degli RP di circa 86 ms, mentre il giudizio W precedeva di circa 206 ms l'inizio del movimento, ma seguiva l'attivazione degli RP.

Da questi dati gli sperimentatori conclusero che la consapevolezza motoria non dipende interamente dai feedback sensoriali, sebbene la propriocezione e la visione siano importanti per giudicare un movimento, ma è un segnale che si forma precedentemente al movimento, potremmo dire che è come se il nostro cervello sapesse

quando dobbiamo muoverci ancora prima che di farlo (Berti, Bottini, & Neppi-Mòdona, Elementi di neuroscienze cognitive, 2007).

Haggard e Magno (1999) ripresero il paradigma di Libet et al. e condussero un esperimento di TMS.

La loro ipotesi di partenza era quella di confermare i risultati precedenti, quindi se veramente la consapevolezza motoria è un fenomeno “a monte” allora in caso di TMS essa non avrebbe dovuto subire dei ritardi, al contrario se fosse stato un fenomeno “a valle” avrebbe dovuto subire un ritardo tanto quanto l’effettivo inizio del movimento.

I dati confermarono la prima ipotesi, cioè sotto TMS l’inizio del movimento veniva effettivamente ritardato di 200 ms, mentre la consapevolezza motoria non subiva nessun ritardo (Haggard & Magno, 1999)

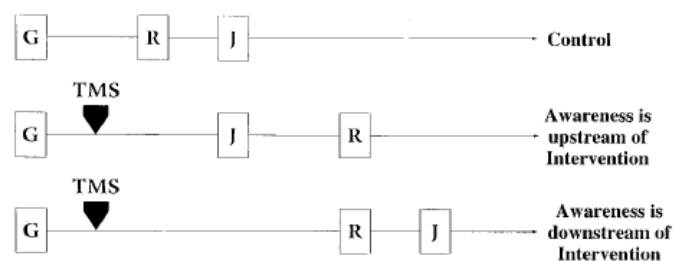


Fig. 1 Logic of intervention on the motor processes responsible for conscious awareness of action. *Upper trace* The awareness is generated upstream of the intervention site. Intervention (transcranial magnetic stimulation: *TMS*) causes a delay in the response (*R*) to a go-signal (*G*), increasing actual reaction time. The judgement (*J*) of when the response occurred (*R*), has already occurred by the time of the intervention, leaving judged reaction time (*RT*) unaffected. *Lower trace* The awareness is generated downstream of the intervention site. Both *R* and *J* are delayed by the intervention, causing increases in both actual and judged *RT*

Figura 4: Risultati dell’esperimento di Haggard e Magno.

Fonte: (Haggard & Magno, 1999).

Quindi, possiamo dedurre dai dati di Libet et al. (1983) e quelli di Haggard e Magno (1999) che la consapevolezza motoria è sganciata dall'esecuzione e che è un segnale neurale che si forma in precedenza.

Sono stati proposti due modelli interni al sistema nervoso centrale (SNC) per la programmazione motoria: "Inverse Model" e il "Forward Model" (Blakemore & al, 2002).

L'Inverse Model fornisce i comandi motori necessari per realizzare il risultato desiderato; esso però non è accessibile alla coscienza, basti pensare a quando desideriamo prendere una tazza: sicuramente siamo consapevoli dell'azione che vogliamo fare, ma non di certo delle contrazioni dei muscoli necessari per l'esecuzione oppure della velocità che necessita quel movimento (Blakemore & al, 2002).

Il Forward Model, invece sembra essere quello con accesso diretto alla coscienza, esso usa l'efference copy per predire le informazioni sensoriali di una determinata azione.

Il Forward Model fornisce due tipi di predizioni:

- 1) Predice il risultato finale e lo confronta con lo stato desiderato
- 2) Predice le conseguenze sensoriali di un movimento e le compara con il feedback corrispettivo.

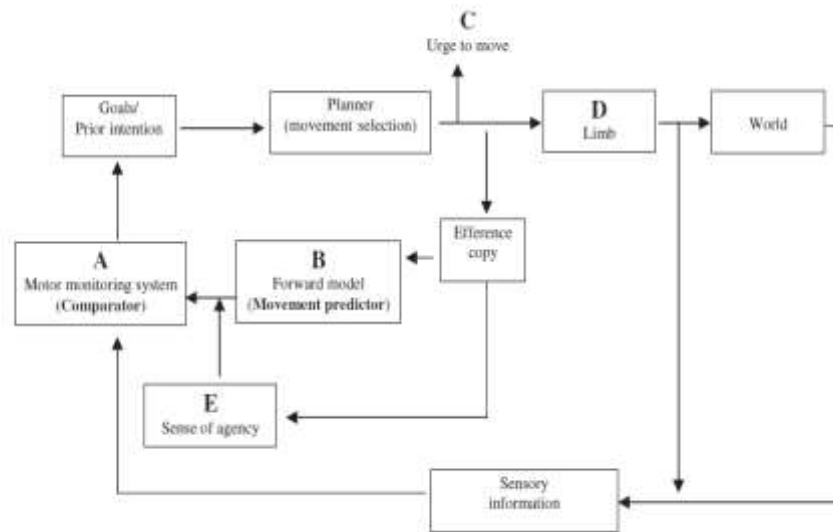


Figura 5: Forward Model rivisitato da Berti & Pia.

Fonte: (Berti & Pia, 2006)

Rivestono sicuramente un ruolo importante in questo modello i comparatori, che sono le strutture adibite al confronto tra informazioni periferiche-centrali e tra stato finale-stato desiderato.

Secondo Blakemore, Wolpert e Frith (2002) è proprio la previsione del movimento che il modello fa ad essere la base della consapevolezza motoria, responsabile del giudizio M.

Questo implica che ogni volta che ci formiamo una previsione sensoriale relativa ad un movimento realizziamo anche la convinzione di aver effettuato quel movimento (Berti, Bottini, & Neppi-Mòdona, 2007).

Ci sono casi in cui questo modello può essere compromesso e di conseguenza può essere danneggiato anche il senso di Agency.

Uno di questi è il caso del disturbo di Anosognosia per l'Emiplegia (AHP).

I pazienti con questo disturbo affermano di poter muovere l'arto plegico sebbene esso sia immobile; spesso mettono in atto anche delle confabulazioni per giustificare l'impossibilità nell'eseguire il movimento, una paziente ad esempio affermava che "il braccio era andato a farsi una passeggiata".

Secondo Berti e Pia (2006) questi pazienti sono in grado di sviluppare un programma motorio e di formulare delle previsioni (anche se non possono eseguirle in realtà), ma non sono in grado di concepire l'incongruenza tra il piano elaborato e la realtà motoria perché hanno un danno al comparatore che avrebbe il compito di confrontare questi due diversi stadi (Berti & Pia, 2006).

Secondo questa ipotesi i pazienti emiplegici anosognosici non hanno perso l'intenzione di muoversi, cosa che invece veniva teorizzata da Gold et al. (1994).

Gold e colleghi (Gold & al, 1994) affermavano che questo tipo di pazienti avesse perso l'intenzione a muoversi e di conseguenza non sviluppano neanche un programma motorio.

Questa ipotesi venne falsificata da uno studio svolto da Berti et al. (2007) in cui venne misurata l'attivazione elettrica dei muscoli prossimali (sia di destra che di sinistra) in pazienti emiplegici non anosognosici (NonAHP), in pazienti emiplegici anosognosici (AHP) e

in soggetti di controllo (Berti, Spinazzola, Pia, & Rabuffetti, 2007), perché questi muscoli sono innervati bilateralmente.

Se la tesi avanzata da Gold e colleghi era vera i risultati dovevano mostrare che nei pazienti AHP non c'era attivazione dei muscoli prossimali sinistri, mentre lo si doveva riscontrare sia nei soggetti di controllo sia nei pazienti NonAHP.

Le previsioni di Berti et al. erano che se i pazienti con AHP avevano perso realmente l'intenzione di muoversi allora durante il compito di reaching con l'arto plegico non si sarebbe dovuta rilevare nessuna contrazione di esso e quindi nessun'attivazione dei muscoli prossimali, se invece i pazienti avevano l'intenzione a muoversi si doveva rilevare una contrazione dell'arto plegico ed un'attivazione dei muscoli prossimali.

I risultati mostrarono che anche nei pazienti anosognosici c'era un'attivazione della muscolatura prossimale, quindi l'ipotesi di Gold e colleghi era falsificata, in quanto questo dimostrava che non avevano perso l'intenzione di muoversi.

Ho riportato il caso dell'Anosognosia perché è un disturbo neuropsicologico in cui i pazienti dimostrano avere una compromissione del senso di Agency, in quanto loro attribuiscono a sé stessi la realizzazione di un movimento che in realtà non hanno compiuto e che non possono compiere.

Un'altra patologia che coinvolge il senso di Agency è la cosiddetta "mano anarchica", i pazienti in questo caso hanno una mano che si

muove per proprio volere senza l'intenzione del soggetto: ad esempio può succedere che la mano anarchica prenda una penna e incominci a scrivere senza il volere del soggetto (che esprime chiaramente la dissociazione che prova tra ciò che la mano fa e ciò che lui vorrebbe fare).

Secondo Blakemore et al. (2002) in questo tipo di sindrome il deficit potrebbe essere a livello della comunicazione tra stato desiderato e forward model, in questo modo il senso di Agency è compromesso perché pur essendo loro il movimento effettuato dalla mano anarchica i soggetti non si sentono responsabili di esso (Blakemore & al, 2002).

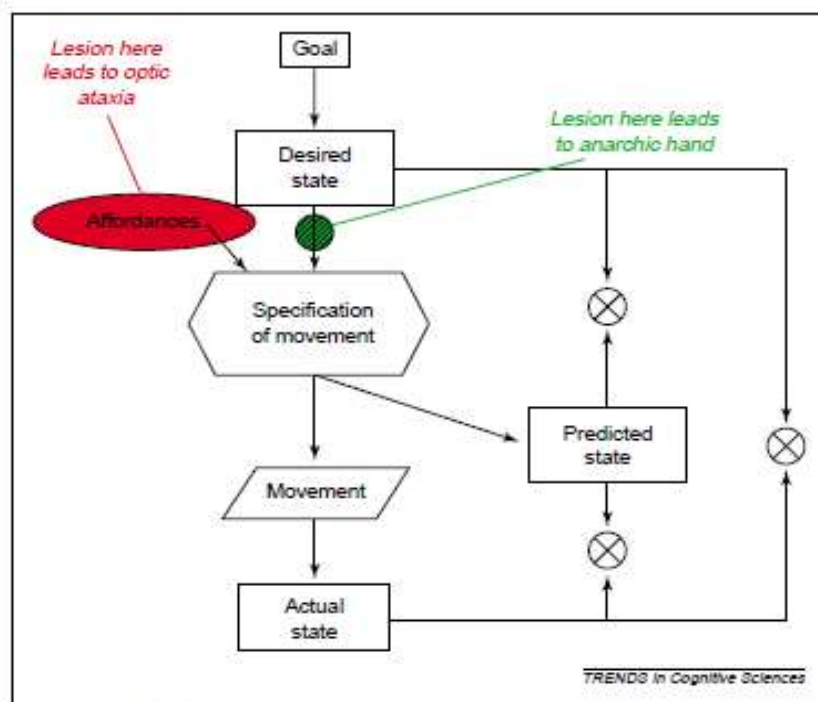


Fig. 2. The underlying disorders leading to optic ataxia (in red) and anarchic hand (in green). In optic ataxia, the fine-tuning of grasping actions afforded by the precise shape and position of objects is no longer available to the patient. The patient is aware that actions are clumsy. In anarchic hand syndrome, actions of the hand are no longer controlled by the intentions of the patient. Instead, the hand makes stereotyped responses to objects in the environment. The patient is aware of the discrepancies between intentions and the actions of the hand.

Figura 6: Deficit del Forward Model nella Sindrome della Mano Aliena. Fonte: (Blakemore & al, 2002).

Il caso della Mano Anarchica chiarisce la differenza tra il senso di Ownership e di Agency, perché in questi soggetti il senso di Ownership è presente, in quanto i soggetti riconoscono la mano come propri; mentre il senso di Agency è assente perché i soggetti non si riconoscono la propria volontà in quei movimenti.

2.2 POSSIBILI BASI NEURALI DEL SENSO DI AGENCY

Studi passati hanno dimostrato che l'attribuzione di un'azione richiede l'attivazione di diverse aree che cambiano in base all'autore dell'azione: noi stessi o gli altri.

Farrer e Frith (2002) condussero uno studio per indagare proprio questo aspetto, i risultati del loro lavoro mostrarono che:

3. Quando attribuiamo l'azione ad altri si attivano: il giro angolare (bilateralmente), la corteccia premotoria sinistra ed il precuneo
4. Quando attribuiamo l'azione a noi stessi si attivano: insula anteriore (bilateralmente) ed il lobo parietale (Farrer & Frith, 2002).

Gli autori hanno suggerito che probabilmente l'attivazione dell'insula anteriore e del lobo parietale, che possiamo ritenere essere le basi del senso di Agency, siano dovute al fatto che queste aree contengono rappresentazioni del corpo.

Il lobo parietale riceve afferenze corticali dalle aree sensoriali primaria e secondaria ed ha reciproche connessioni con le corteccia premotoria, cingolare e temporale superiore che permettono di elaborare il mondo

esterno con le rappresentazioni interne e di conseguenza concorrono alla creazione dell'immagine del corpo nel tempo e nello spazio.

L'insula anteriore sembra essere adibita all'integrazione di informazioni visive e uditive dei segnali di movimento, quindi è un'area di integrazione multisensoriali che contribuisce alla formazione dell'immagine di sé (Farrer & Frith, 2002).

Un altro studio molto interessante che ha indagato sempre questi aspetti è stato volto da Woogul Lee e Johnmarshall Reeve (2013) in cui sono state analizzate le differenti aree di attivazione tra azioni auto-determinate e non auto-generate e tra azioni mosse da ragioni intrinseche o esterne.

Sono stati testati 16 soggetti sani che si sono sottoposti ad fMRI, gli stimoli erano delle frasi che descrivevano le azioni descritte prima e delle frasi neutre.

Ad ogni prova ai soggetti veniva presentata una frase in modo random per 4 secondi e veniva chiesto loro di dare un rating su quanto volessero impegnarsi in ogni azione descritta.

I risultati mostrarono che la corteccia anteriore dell'insula, che sappiamo essere più correlata al senso di Agency, si attiva di più durante i comportamenti auto-generati; mentre il giro angolare, che è associato alla perdita di senso di Agency, si attiva di più durante i comportamenti non auto-generati.

Le regioni parietali posteriori erano molto attivate quando i partecipanti immaginavano comportamenti auto-generati regolati da motivazioni

estrinseche (ad esempio dovute all'ambiente) rispetto alla situazione in cui immaginavano comportamenti auto-generati regolati da sé stessi (Lee & Reeve, 2013), questo probabilmente è dovuto al ruolo che ricoprono le regioni parietali nella comprensione del comportamento sociale.

Concludendo possiamo affermare che il senso di Ownership ed Agency sono collegati tra loro (Tsakiris & al., 2007), tuttavia rimane ancora da indagare la relazione che li lega.

Il lavoro presentato in questa tesi è stato svolto per indagare principalmente il senso di Agency, in particolare alla possibilità di modularlo tramite l'uso del protocollo sperimentale della Rubber Hand Illusion che verrà spiegata nel capitolo successivo.

CAPITOLO 3

RUBBER HAND ILLUSION ED EMBODIMENT DI UNA MANO ALIENA

La Rubber Hand Illusion (RHI) è una procedura sperimentale per indagare il senso Ownership tramite cui una mano di gomma può entrare a far parte o meno del nostro schema corporeo.

La RHI è stata utilizzata per la prima volta da Botvinick e Cohen nel 1998 e consiste nell'attribuzione errata di sensazioni tattili ad una mano di gomma o aliena posta davanti al soggetto.

Nell'esperimento di Botvinick e Cohen sono stati testati 10 soggetti, ognuno di loro sedeva davanti ad una scrivania sulla quale in corrispondenza del braccio sinistro si trovava una mano di gomma di dimensioni reali e molto simile a quella vera mentre la mano vera veniva nascosta dietro ad un pannello.

Gli sperimentatori toccavano con due pennelli identici la mano vera e quella di gomma nel modo più sincrono possibile, durante la stimolazione al soggetto veniva chiesto di tenere lo sguardo fisso sulla mano di gomma.

Dopo dieci minuti ai partecipanti veniva fatto compilare un questionario, composto da 9 item, volto ad indagare l'esperienza diretta dei soggetti (Botvinick & Cohen, 1998).

Le risposte rilevarono che durante la stimolazione i soggetti riportavano di sentire il pennello sulla mano di gomma.

Botvinick e Cohen avanzarono l'ipotesi secondo cui l'illusione creava un conflitto multisensoriale che veniva risolto dal nostro cervello attraverso "l'embodiment" della mano di gomma.

Per invalidare ulteriormente i loro risultati, Botvinick e Cohen fecero un altro esperimento in cui ai soggetti, dopo aver indotto l'illusione, veniva chiesto di far scorrere il proprio dito destro sul bordo della scatola nel punto dove percepivano il loro dito sinistro, ciò veniva fatto con gli occhi chiusi.

In questo secondo caso però i soggetti erano divisi in gruppo sperimentale e di controllo, nel primo gruppo la stimolazione col pennello era sincrona mentre in quello di controllo la stimolazione veniva fatto in modo asincrono.

I risultati mostrarono che effettivamente i soggetti sperimentali dopo l'illusione riportavano un errato posizionamento della mano sinistra spostata verso la mano di gomma; questo bias non era presente nei soggetti del gruppo di controllo.

La spiegazione dei dati appena descritti è che l'illusione crea un conflitto multisensoriale tra sistema propriocettivo e visivo, ed è quest'ultimo che vince sul primo ed induce la "ricalibrazione" del braccio.

La RHI è una metodica utilizzata per studiare oltre all'integrazione sensoriale tra tatto, vista e propriocezione anche il nostro modo di percepire il corpo.

Sappiamo che alla base ci sono due principali componenti:

1. Un processo bottom-up di integrazione sincronizzata degli oggetti percepiti con il tatto e con la vista per produrre la RHI
2. Il cambiamento fenomenologico della rappresentazione del corpo che scaturisce da questo processo che è persistente

Questi due concetti hanno indotto Tsakiris e Haggard (2005) a pensare che la RHI coinvolgesse un' interazione generale tra le rappresentazioni dello schema corporeo e le integrazioni visuo-tattili degli stimoli.

Questi motivi li spinsero a condurre una serie di esperimenti volti ad indagare le situazioni in cui la RHI non era presente; qui di seguito ne riporterò solo uno per non dilungarmi troppo sull'argomento.

I soggetti erano tenuti a discriminare degli stimoli vibro-tattili dati sul dito indice oppure sul pollice della loro vera mano mentre guardavano la rubber hand che si poteva trovare in tre modi differenti: in posizione congrua, posizione non congrua (ruotata di -90°) oppure al posto di essa poteva esserci un ramo.

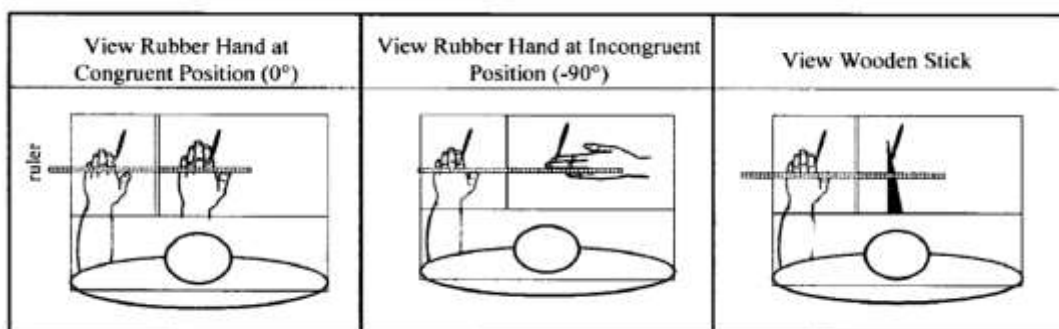


Figure 1. Experimental setup in Experiment 1. Participants saw in different conditions (a) a rubber hand in a congruent posture, (b) a rubber hand in an incongruent posture, or (c) a wooden stick. The participant's left hand was out of sight for the whole duration of the experiment. The rubber hand or the wooden stick appeared, aligned with the participant's midline, only during the stimulation and disappeared during the judgment period.

Figura 7: Apparato sperimentale di Tsakiris e Haggard. Fonte: (Tsakiris & Haggard, 2005)

I risultati mostrarono che la RHI era presente nelle situazioni in cui la stimolazione era sincrona, ma soprattutto quando era posizionata in modo congruo con la posizione del soggetto (Tsakiris & Haggard, 2005).

Nei casi in cui la mano di gomma era posizionata in modo non congruo oppure era un ramo la RHI non avveniva, ciò dimostra che il fatto di vedere e sentire uno stimolo nello stesso posto non basta per causare l'illusione.

Tsakiris e Haggard suggerirono che a livello in cui viene costruita l'illusione il processo bottom-up non è sufficiente bisogna aggiungere ad esso i processi top-down che influenzano la rappresentazione del proprio corpo (Tsakiris & Haggard, The Rubber Hand Illusion: Visuotactile Integration and Self-Attribution, 2005).

Riassumendo per indurre la RHI è necessario che:

3. L'oggetto utilizzato per l'illusione sia una mano e non un oggetto neutrale
4. La mano di gomma deve essere messa in modo plausibile rispetto alla postura del corpo
5. Deve essere il più simile possibile alla mano vera del soggetto

Come detto in precedenza la RHI viene utilizzata per studiare la rappresentazione corporea e il senso di Ownership, visto che quest'ultimo sappiamo essere legato al senso di Agency è possibile allora utilizzare la RHI per studiarlo, nel prossimo capitolo vedremo come.

3.1 EMBODIMENT DI UNA MANO ALIENA E MOVIMENTO

Nel capitolo dedicato al senso di Ownership ed Agency ho riportato il caso dell'Anosognosia per l'Emiplegia come esempio di disturbo del senso di Agency, su di esso sono stati condotti diversi studi che sono serviti come trampolino di lancio per lo sviluppo del nostro progetto di ricerca.

Il primo lavoro interessante sull'argomento è stato condotto da Francesca Garbarini et al. nel 2012; il loro studio è nato a partire da uno lavoro di Franz e collaboratori i cui risultati mostravano che nei soggetti normali esiste un effetto di accoppiamento bimanuale quando le due mani compiono movimenti diversi (Franz, Zelaznik, & McCabe, 1991).

Quando la mano sinistra deve disegnare dei cerchi e la mano destra delle righe, la traiettoria della mano che disegna righe tende ad ovalizzarsi mentre l'altra mano disegna dei cerchi, ciò significa che il programma motorio della mano che disegna cerchi influenza quello dell'altra mano e produce l'effetto di accoppiamento bimanuale.

A partire da questi risultati Garbarini et al. applicarono tale paradigma ai pazienti con Anosognosia per l'Emiplegia per verificare se anche in loro fosse presente questo effetto, dato che sono in grado di sviluppare un programma motorio per la mano plegica (Garbarini & al., 2012).

I partecipanti all'esperimento erano pazienti anosognosici, pazienti emiplegici, pazienti con motor neglect e soggetti sani.

I partecipanti dovevano compiere tre compiti:

- 3 Linee-Unimanuale: i soggetti dovevano disegnare delle righe con la mano destra
- 4 Cerchi-Righe Bimanuale: i soggetti dovevano disegnare cerchi e righe simultaneamente con le due mani
- 5 Cerchi-Righe Immaginarie: i soggetti dovevano tracciare delle righe con la mano destra ed immaginare di fare dei cerchi con la mano sinistra

Per determinare se effettivamente era presente l'effetto di accoppiamento bimanuale veniva calcolato l'Indice di Ovalizzazione per la traiettoria della mano destra, un valore che indica quanto essa era deviata rispetto a quella originale.

Le previsioni erano che l'effetto di accoppiamento bimanuale fosse presente nei soggetti sani e nei pazienti anosognosici, mentre fosse assente nei pazienti emiplegici senza Anosognosia e Motor Neglect.

I risultati, come si vede dalla figura sottostante, confermarono le previsioni; le performance dei pazienti anosognosici erano simili a quelle dei soggetti normali, mentre nei pazienti emiplegici e motor neglect l'effetto era assente.

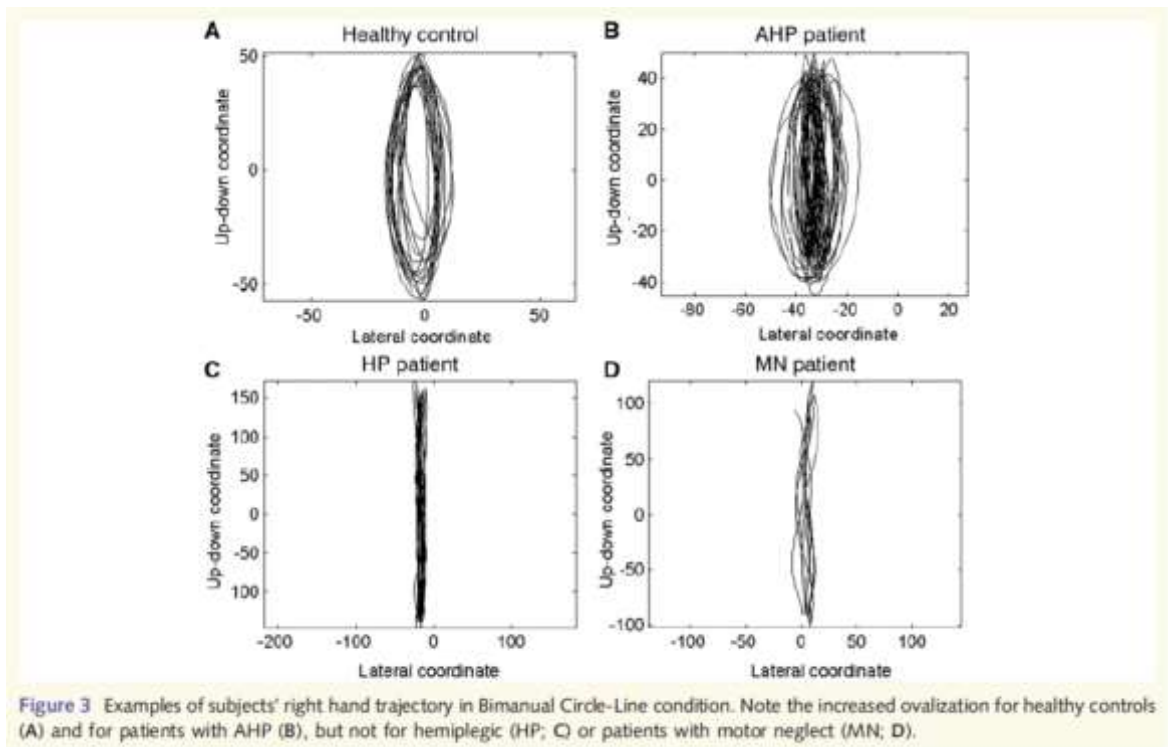


Figura 8: Esempi di righe tracciate durante dai soggetti durante la condizione cerchi-righe. Fonte: (Garbarini & al., 2012)

Successivo a questo lavoro Garbarini et al. ne svolsero un altro simile, esso riguarda l'applicazione del paradigma Cerchi-Righe ad una particolare categoria di pazienti, denominati E+.

I pazienti E+ sono emiplegici ed affetti da una specie di Emisomatoagnosia, per cui non riconoscono come appartenenti a loro il braccio plegico (un chiaro disturbo di Ownership); allo stesso tempo riconoscono come loro però la mano dello sperimentatore ed i movimenti che essa compie, alla condizione che essa sia messa in coordinate egocentriche affianco alla loro vera mano (Garbarini & al., 2013).

La situazione appena descritta è molto simile alla RHI, con l'unica differenza che in questi pazienti non c'è bisogno di nessun tipo di stimolazione per indurre l'embodiment della mano dello sperimentatore, detta anche mano aliena.

In questo esperimento veniva chiesto ai pazienti, il gruppo sperimentale di E+ ed un gruppo di controllo E-, di tracciare delle linee con la mano destra e dei cerchi con la mano sinistra in tre condizioni: in assenza della mano aliena, in concomitanza con la mano aliena sinistra che faceva dei cerchi in prospettiva egocentrica oppure con la mano aliena in prospettiva allocentrica.

L'effetto di accoppiamento bimanuale era presente nei pazienti E+ nella condizione in cui la mano aliena disegna i cerchi, ciò dimostra che questi pazienti mostrano anche un disturbo del senso di Agency. Garbarini et al. hanno ipotizzato che questi pazienti assimilino completamente il movimento della mano aliena nella loro rappresentazione motoria, per questo motivo credono di aver realizzato il movimento e mostrano l'effetto di accoppiamento bimanuale. (Garbarini & al., 2013).

CAPITOLO 4

LA RICERCA

4.1 INTRODUZIONE

Nel capitolo dedicato alla RHI ho riportato gli studi effettuati da Garbarini et al. dedicati all'embodiment di una mano aliena.

I risultati hanno portato a pensare che probabilmente oltre alla mano aliena viene embodizzato anche il movimento che questa mano compie, per il momento però ciò è stato dimostrato solo per i pazienti definiti E+, cioè pazienti emiplegici anosognosici che riconoscono come propria la mano dello sperimentatore quando questa è collocata in una posizione coerente.

La nostra ipotesi di ricerca è partita proprio da questi risultati, abbiamo voluto indagare se è possibile riscontrare anche in soggetti normali l'embodiment di una mano altrui e del suo movimento.

Per fare ciò abbiamo utilizzato come protocollo di ricerca quello della RHI, al posto della mano di gomma abbiamo utilizzato una mano di qualcun'altro; abbiamo sottoposto i soggetti sperimentali a diverse prove dove a seguito della stimolazione con il pennello la mano altrui eseguiva un movimento di reaching verso la mano vera del soggetto.

Per valutare sia l'embodiment della mano altrui che quello del movimento abbiamo utilizzato delle affermazioni tradotte dal questionario elaborato da Kalckert e Ehrsson (2012).

Nel capitolo precedente ho parlato di "mano aliena" per indicare la mano dello sperimentatore che viene embodizzata, questo termine è al centro di una diatriba lessicale in quanto tende a categorizzare a priori la mano.

Per questo motivo per la parte che riguarda la nostra ricerca noi parleremo di "mano altrui" o "mano di qualcun altro" perché ci sembra un termine neutro ed adatto alla situazione.

4.2 PARTECIPANTI

Il campione sperimentali era formato da 32 soggetti sani, 16 femmine e 16 maschi, con età compresa tra i 18 e 30 anni (età media 25,1 anni).

Tutti i soggetti al test di manualità Edimburgh Handedness Inventory sono risultati destrorsi (media= 91,82), il grado di scolarità media era di 16,5 anni.

Abbiamo scelto tutti soggetti destrorsi e li abbiamo sottoposti alla stimolazione di una sola mano dato che in letteratura non sono presenti studi che dimostrino differenze significative tra mano sinistra e mano destra (Ocklenburg & al., 2011); inoltre abbiamo deciso di stimolare solo una mano per volta per ogni soggetto sperimentale

anche per ridurre i tempi degli esperimenti che altrimenti si sarebbero dilungati troppo.

Per quest'ultima scelta il disegno sperimentale è stato bilanciato in modo da ottenere un disegno within subject, inoltre tutti i soggetti riportarono di non aver avuto nessun disturbo neurologico, neuropsicologico o comportamentale.

4.3 METODI

Per gli esperimenti non abbiamo utilizzato la classica scola utilizzata negli esperimenti di RHI, ma abbiamo ideato una struttura idonea alle nostre esigenze sperimentali.



Figura 9: Setting Sperimentale

Questa struttura, come si vede nella fotografia, permette il libero movimento sia della mano del soggetto che quella altrui e soprattutto è stato possibile adattarla a qualsiasi soggetto grazie alla sua flessibilità.

Prima della stimolazione ai partecipanti veniva fatto indossare un telo che copriva gli avambracci, ciò serviva per non far riconoscere la propria mano al soggetto distinguendone avambracci e polsi

La mano di qualcun altro veniva posta in modo congruo rispetto alla posizione del soggetto ed in linea con la sua spalla affinché potesse realizzarsi l'illusione, come sostenuto da Tsakiris e Haggard (*Tsakiris & Haggard, 2005*).

L'esperimento prevedeva due tipi di stimolazione:

- 4 STIMOLAZIONE SINCRONA: in cui il dito indice del soggetto e quello della mano altrui venivano stimolati simultaneamente
- 5 STIMOLAZIONE ASINCRONA: in cui il dito indice del soggetto e quello della mano altrui venivano stimolati alternatamente.

Entrambi le stimolazione, per ogni condizione sperimentale duravano 120 secondi; abbiamo scelto questo tempo di stimolazione a differenza di altre ricerche di RHI (*Ehrsson & al., 2005*) perché in letteratura è il tempo indicato affinché si instauri l'illusione (*Botvinick & Cohen, 1998*).

Per la nostra ricerca abbiamo utilizzato come strumento per compiere il movimento i Pinprick.

I Pinprick sono degli stimolatori tattili dotati di una punta retrattile in modo da esercitare sempre la stessa forza su di una superficie indipendentemente dalla potenza con cui vengono usati; ne abbiamo usati di diverse intensità per evitare che i soggetti si adattassero e

non si creassero delle aspettative sul tipo di risposta da dare.

Dopo ogni stimolazione la mano del soggetto o la mano altrui pungeva la mano non stimolata del soggetto con il Pinprick; al seguito di ogni stimolazione il partecipante doveva fornire un rating soggettivo per indicare l'intensità dello stimolo da 1 a 5, dove 1 indicava la minima intensità e 5 massima intensità.

Non abbiamo preso in considerazione i dati relativi ai rating soggettivi delle stimolazioni con i Pinprick perché sono ancora in fase di elaborazione, per questo studio abbiamo utilizzato i Pinprick solo per dare un senso al movimento che veniva fatto.



Figura 10: Setting Sperimentale e Pinprick

Nella prima parte degli esperimenti abbiamo dovuto valutare quanto era forte la RHI nei soggetti sperimentali, per fare ciò abbiamo selezionato e tradotto quattro affermazioni del questionario elaborato da Kalckert ed Ehrsson (Kalckert & Ehrsson, 2012):

1. Mi sembrava di guardare la mia stessa mano
2. Sentivo la mano altrui come fosse parte del mio corpo
3. Sentivo come se avessi più di una mano destra/sinistra
4. Sembrava che la mano altrui si stesse spostando verso la mia vera mano.

I partecipanti a queste frasi dovevano rispondere con una Scala Likert che variava da -3 a +3: dove -3 indica completo disaccordo, 0 non so e +3 completo accordo.

Abbiamo deciso di utilizzare come metro di giudizio solo le risposte date alle affermazioni sopra elencate tralasciando il drift propriocettivo perché ci interessava indagare solo l'esperienza diretta e soggettiva.

Successivamente abbiamo dovuto indagare il senso di Agency legato al movimento fatto in seguito alla stimolazione, per fare ciò abbiamo selezionato e tradotto altre quattro affermazioni del questionario elaborato da Kalckert e Ehrsson (Kalckert & Ehrsson, 2012):

1. Sentivo come se stessi controllando i movimenti della mano altrui
2. Sentivo come se stessi causando il movimento che ho visto
3. Sembrava che la mano altrui avesse una propria volontà

4. Sentivo come se la mano altrui stesse controllando i miei movimenti.

Come nel caso precedente anche a queste affermazioni i soggetti dovevano rispondere con una Scala Likert che variava da -3 a +3.

Sia le domande relative al questionario dell'Ownership che quelle dell'Agency erano suddivise in due gruppi:

- Le domande 1 e 2 erano domande reali
- Le domande 3 e 4 erano domande di controllo, che servivano per mantenere sotto controllo la conformità, la suggestionabilità e l'effetto del compito. Queste domande sono state create per essere simili a quelle reali, ma che differiscono per il fatto che non catturano l'esperienza fenomenologica dell' Ownership e dell'Agency (Kalckert & Ehrsson, 2012).

Abbiamo scelto queste domande anziché quelle proposte da Botvinich e Cohen, che vengono solitamente utilizzate nei paradigmi di RHI, perché secondo noi sono più immediate e specifiche.

L'utilizzo di domande più dirette si è reso necessario soprattutto nel caso del questionario sul movimento, che forse era più difficile da valutare rispetto al Body Ownership.

Alla fine dell'esperimento ad ogni soggetto abbiamo fatto compilare il test di manualità Edimburgh Handedness Inventory:

	Sempre la sinistra	Di solito la sinistra	Nessuna preferenza	Di solito la destra	Sempre la destra
Scrivere					
Lanciare					
Tagliare con le forbici					
Lavarsi i denti					
Tagliare col coltello					
Usare il cucchiaio					
Accendere un fiammifero					
Usare il mouse del computer					

4.4 BILANCIAMENTO

Per svolgere gli esperimenti abbiamo utilizzato delle schede soggetto fatte in questo modo:

BASELINE

Reaching mano VERA DX/SX – mano ALTRUI DX/SX

--	--	--	--	--

Reaching mano ALTRUI DX/SX – mano VERA DX/SX

--	--	--	--	--

RHI

Stimolazione SINC/ASINC su mano DX/SX

--	--	--	--

Stimolazione SINC/ASINC su mano DX/SX

--	--	--	--

ESPERIMENTO

Stimolazione SINC/ASINC su mano DX/SX

Rating soppressione sensoriale

--	--	--	--	--

Questionario movimento

--	--	--	--

Stimolazione SINC/ASINC su mano SX/DX

Rating soppressione sensoriale

--	--	--	--	--

Questionario movimento

--	--	--	--

La prima fase dell'esperimento è la condizione baseline: a caso la mano altrui o quella del soggetto andava a stimolare l'altra mano del soggetto con il Pinprick; questa fase ci è servita per far sì che i soggetti sperimentali prendessero confidenza con i Pinprick e per avere a disposizione una situazione pre-stimolazione.

A questa seguiva la fase di Rubber Hand, svolgevamo questa condizione per verificare se il soggetto aveva la tendenza ad embodizzare o meno una mano esterna.

Successivamente svolgevmo la condizione sperimentale in cui dopo la stimolazione di due minuti per indurre la RHI avveniva la stimolazione con il Pinprick.

Abbiamo ideato il nostro disegno sperimentale utilizzando un bilanciamento perfetto all'interno dei soggetti, cioè abbiamo calcolato tutte le combinazioni possibili tra le condizioni sperimentali e le abbiamo sottoposte ai soggetti.

Abbiamo così preparato quattro tipi di schede soggetto:

SOGGETTO	MANO	RHI:1° STIMOLAZIONE	RHI: 2° STIMOLAZIONE	ESPERIMENTO: 1°STIMOLAZIONE	ESPERIMENTO: 2°STIMOLAZIONE
A	DX	SINCRONA	ASINCRONA	SINCRONA	ASINCRONA
B	DX	ASINCRONA	SINCRONA	ASINCRONA	SINCRONA
C	SX	SINCRONA	ASINCRONA	SINCRONA	ASINCRONA
D	SX	ASINCRONA	SINCRONA	ASINCRONA	SINCRONA

4.5 PROCEDURE

Il soggetto veniva fatto sedere ad una scrivania di fronte allo sperimentatore, veniva fatto sedere il più vicino possibile alla scrivania con i gomiti appoggiati ad essa.

Gli veniva fatto indossare il telo per nascondere gli avambracci, a seconda del bilanciamento la sua mano destra/sinistra veniva sistemata sotto alla struttura precedentemente illustrata in modo tale che se il soggetto teneva fisso lo sguardo sul dito indice della mano altrui non vedesse la propria mano.

Dopo la condizione baseline eseguivamo la fase di Rubber Hand Illusion in cui i soggetti dovevano tenere lo sguardo fisso sul dito indice della mano altrui per 2 minuti senza muoversi.

Per due minuti lo sperimentatore procedeva con la stimolazione, sincrona o asincrona, tramite i pennelli; al termine di ogni stimolazione veniva sottoposto il questionario precedentemente presentato:

5. Mi sembrava di guardare la mia stessa mano
6. Sentivo la mano altrui come fosse parte del mio corpo
7. Sentivo come se avessi più di una mano destra/sinistra
8. Sembrava che la mano altrui si stesse spostando verso la mia vera mano.

Alla fase di RHI seguiva quella sperimentale vera e proprio, in cui dopo la stimolazione con i pennelli veniva fatta quella con i Pinprick.

Questa condizione era composta da 5 trials, abbiamo scelto questo numero di prove in modo da ottenere un'illusione più forte ed in più utilizzare i diversi Pinprick.

Dopo ogni stimolazione il soggetto dava il rating sensoriale e alla fine di tutte le prove veniva sottoposto il questionario relativo all'Agency:

9. Sentivo come se stessi controllando i movimenti della mano altrui

10. Sentivo come se stessi causando il movimento che ho visto

11. Sembrava che la mano altrui avesse una propria volontà

12. Sentivo come se la mano altrui stesse controllando i miei movimenti.

Per concludere la nostra previsione era che dopo aver embodizzato la mano altrui i soggetti sperimentali embodizzassero anche il movimento fatto da essa, per indagare ciò abbiamo preso in considerazione solo le risposte date al questionario relativo al senso di Agency.

4.6 RISULTATI

Per l'analisi dei dati sono state calcolate le medie delle risposte dei soggetti alle domande del questionari sia di Body Ownership che di Agency.

Per ogni questionario sono stati divisi i dati in base alla mano stimolata, alle domande (reali o di controllo) ed al tipo di stimolazione (sincrona/asincrona).

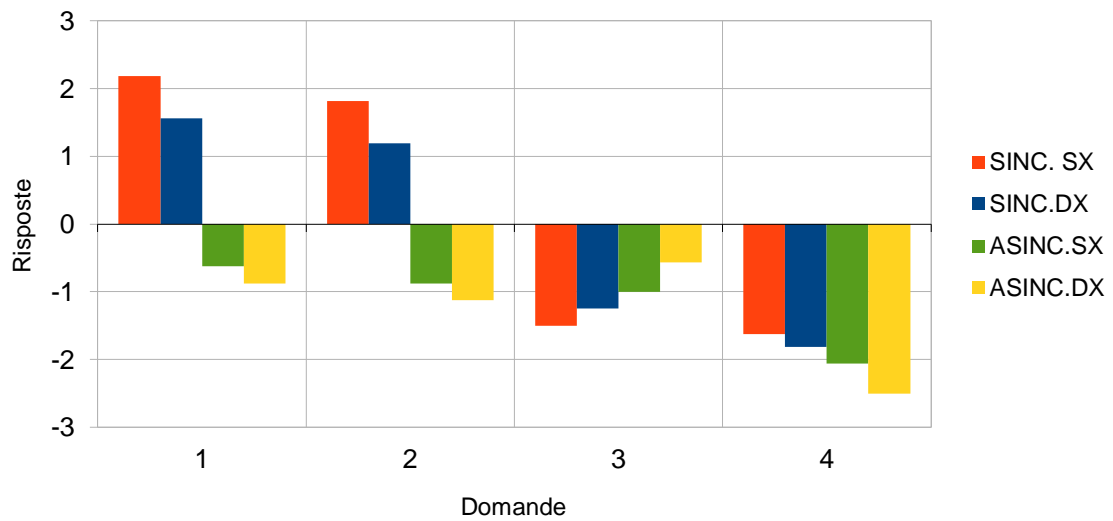
4.6.1 QUESTIONARIO DEL BODY OWNERSHIP

In tabella 1 sono riportate le medie di tutti i soggetti suddivise come detto precedentemente.

Affermazioni del questionario	Stimolazione sincrona mano sinistra	Stimolazione asincrona mano sinistra	Stimolazione sincrona mano destra	Stimolazione asincrona mano destra
1 Vera	2,188	-0,625	1,563	-0,875
2 Vera	1,813	-0,875	1,188	-1,125
3 Controllo	-1,5	-1	-1,25	-0,563
4 Controllo	-1,625	-2,063	-1,813	-2,5

Tabella 1: medie del grado di accordo/disaccordo, espressa con una scala da -3 (completo disaccordo) a +3 (completo accordo) per ogni affermazione nel gruppo sperimentale. Affermazioni:

- 1. Mi sembrava di guardare la mia stessa mano*
- 2. Sentivo la mano altrui come fosse parte del mio corpo*
- 3. Sentivo come se avessi più di una mano destra/sinistra*
- 4. Sembrava che la mano altrui si stesse spostando verso la mia vera mano.*



Istogramma 1: sull'asse X sono riportate le 4 affermazioni (due reali e due di controllo) del questionario. Sull'asse Y è riportato il grado di accordo/disaccordo con le affermazioni.

Dall'istogramma 1 è possibile notare che le domande reali (1 e 2) durante la stimolazione sincrona, sia nel caso della mano sinistra che destra, abbiano valori positivi, ciò significa che effettivamente la RHI era presente

Nel caso della stimolazione asincrona i valori sono negativi, ciò dimostra che la RHI era assente, questo perché la situazione asincrona è quella di controllo (Botvinick & Cohen, 1998).

In aggiunta a questo la mano sinistra assume valori maggiori rispetto a quella destra.

Le due domande di controllo (3 e 4) mostrano dei dati negativi, questo significa che sono state recepite effettivamente come domande non pertinenti.

4.6.2 QUESTIONARIO SULL'AGENCY

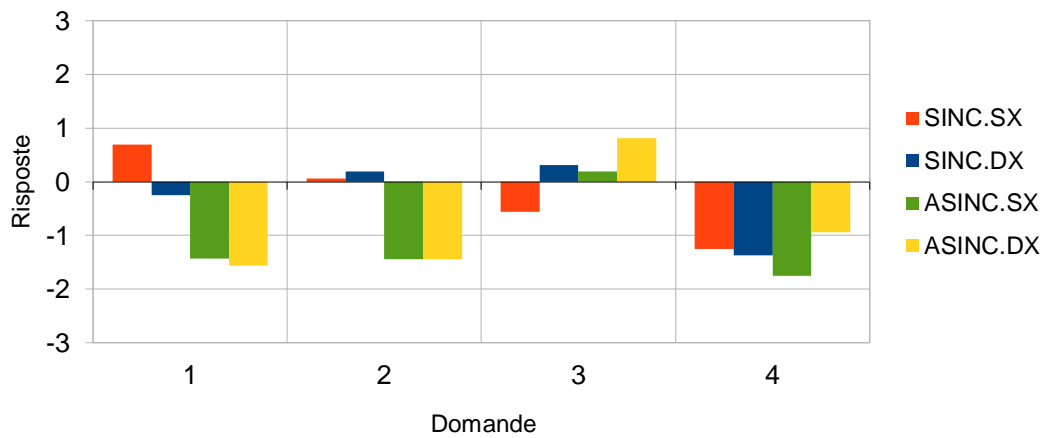
In tabella 2 sono riportate le medie di tutti i soggetti suddivise come detto precedentemente.

Affermazioni del questionario	Stimolazione sincrona mano sinistra	Stimolazione asincrona mano sinistra	Stimolazione sincrona mano destra	Stimolazione asincrona mano destra
1 Vera	0,688	-1,434	-0,25	-1,563
2 Vera	0,063	-1,438	0,188	-1,438
3 Controllo	-0,563	0,188	0,313	0,813
4 Controllo	-1,25	-1,75	-1,375	-0,938

Tabella 2: : medie del grado di accordo/disaccordo, espressa con una scala da -3 (completo disaccordo) a +3 (completo accordo) per ogni affermazione nel gruppo sperimentale.

Affermazioni:

- 1. Sentivo come se stessi controllando i movimenti della mano altrui*
- 2. Sentivo come se stessi causando il movimento che ho visto*
- 3. Sembrava che la mano altrui avesse una propria volontà*
- 4. Sentivo come se la mano altrui stesse controllando i miei movimenti.*



Istogramma 2: sull'asse X sono riportate le 4 affermazioni (due reali e due di controllo) del questionario. Sull'asse Y è riportato il grado di accordo/disaccordo con le affermazioni.

Dall'istogramma 2 possiamo notare che le risposte nella situazione sincrona variano in base alla mano, come ad esempio nel caso della domanda 1 della stimolazione sincrona della mano destra.

La situazione asincrona risulta essere effettivamente quella di controllo perché tutti i dati assumono valori negativi, tranne nel caso della domanda 3 per la mano destra che ha dato luogo a risposte positive (anche se minime).

4.6.3 ANALISI STATISTICA QUESTIONARIO DEL BODY OWNERSHIP

È stata fatta un ANOVA a misure ripetute con 2 fattori:

1. STIMOLAZIONE a due livelli: sincrona e asincrona
2. DOMANDA a due livelli: reali e di controllo.

Il fattore MANO non è stato preso in considerazione in quanto non sono stati trovati dati in letteratura che potessero confermare l'ipotesi di una differenza significativa tra mano destra e mano sinistra (Ocklenburg & al., 2011).

Il fattore principale STIMOLAZIONE è risultato significativo [$F(1, 30)=18,819$, $p=,00015$] (vedi Grafico 1) in quanto c'è differenza significativa tra stimolazione sincrona e asincrona come confermato ai confronti post hoc con la correzione di Duncan: la stimolazione sincrona determina una risposta ai questionari leggermente positiva ($mean=0,15625$); all'interno di questo dato bisogna tenere presente la distinzione tra domande reali (ossia quelle che valutavano realmente la riuscita della RHI) e di controllo (quelle che servivano per mantenere sotto controllo la conformità, la suggestionabilità e l'effetto del compito).

Dal grafico si può osservare come le risposte a questi due tipi di domande siano opposte.

È importante notare che il solo effetto della stimolazione abbiamo un effetto significativo, ciò è stato fondamentale per la riuscita della RHI e di conseguenza dell'embodiment della mano altrui.

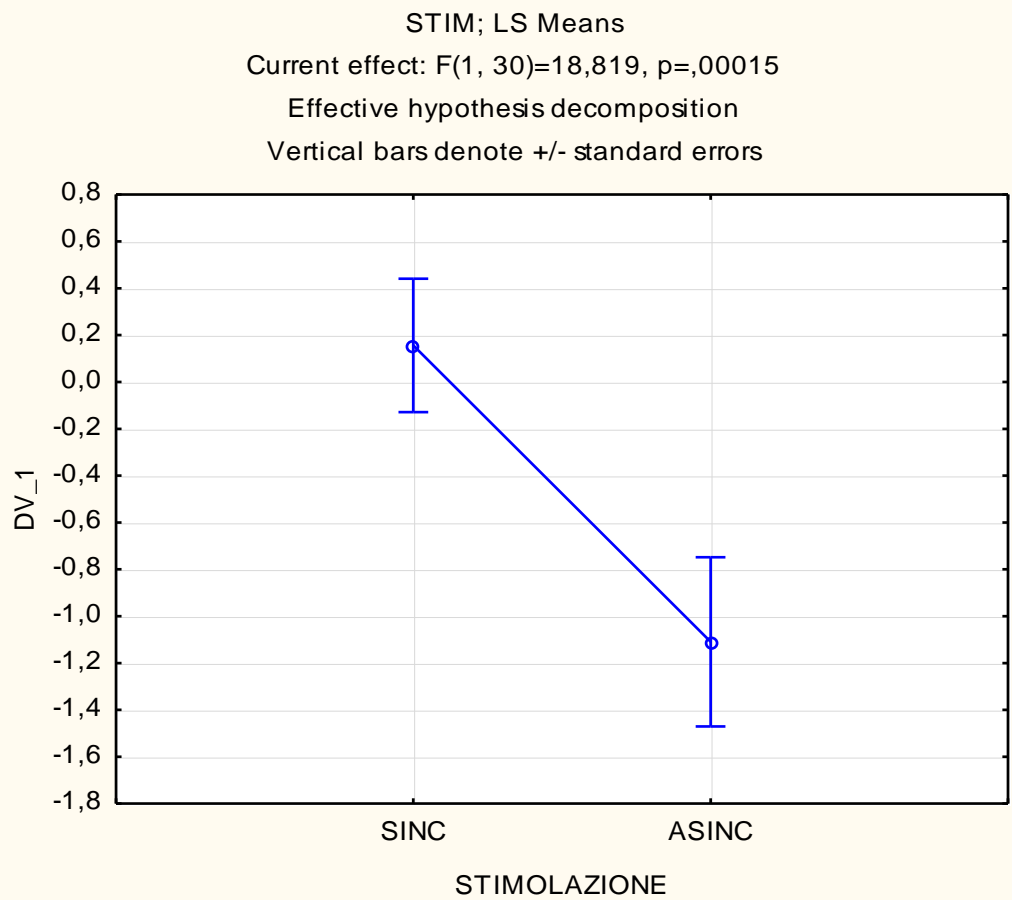


Grafico 1: Le risposte positive al questionario crescono quando la stimolazione è sincrona e decrescono in seguito alla stimolazione asincrona.

Il solo fattore DOMANDA ha un effetto significativo [$F(1, 30)=49,287, p=,00000$] (vedi Grafico 2), quindi alle domande reali (1 e 2) i soggetti hanno dato risposte significativamente positive rispetto a quelle di controllo (3 e 4).

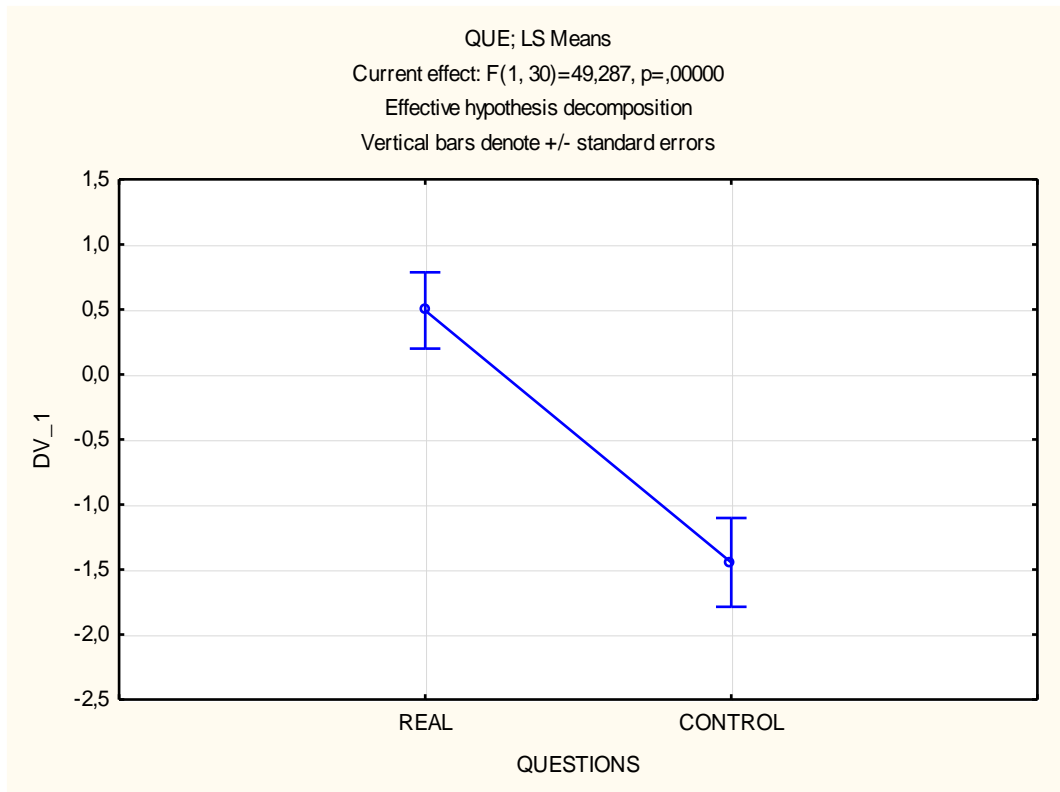


Grafico 2: Le risposte alle domande reali sono significativamente positive rispetto a quelle delle domande di controllo.

L'effetto del confronto tra STIMOLAZIONE x DOMANDA è risultato significativo [$F(1, 30)=27,995, p=,00001$] (vedi Grafico 3), questo indica che le domande reali con la stimolazione sincrona sono significativamente positive (media: 1,67) rispetto alle domande di controllo nella stessa condizione (media= -1,36).

Anche nella condizione della stimolazione asincrona è così: le domande reali durante la stimolazione asincrona sono più positive (media= -0,68) rispetto a quelle di controllo (media= -1,53).

La differenza tra stimolazione sincrona e asincrona è molto maggiore nelle domande reali rispetto a quelle di controllo, nelle quali la differenza non è significativa.

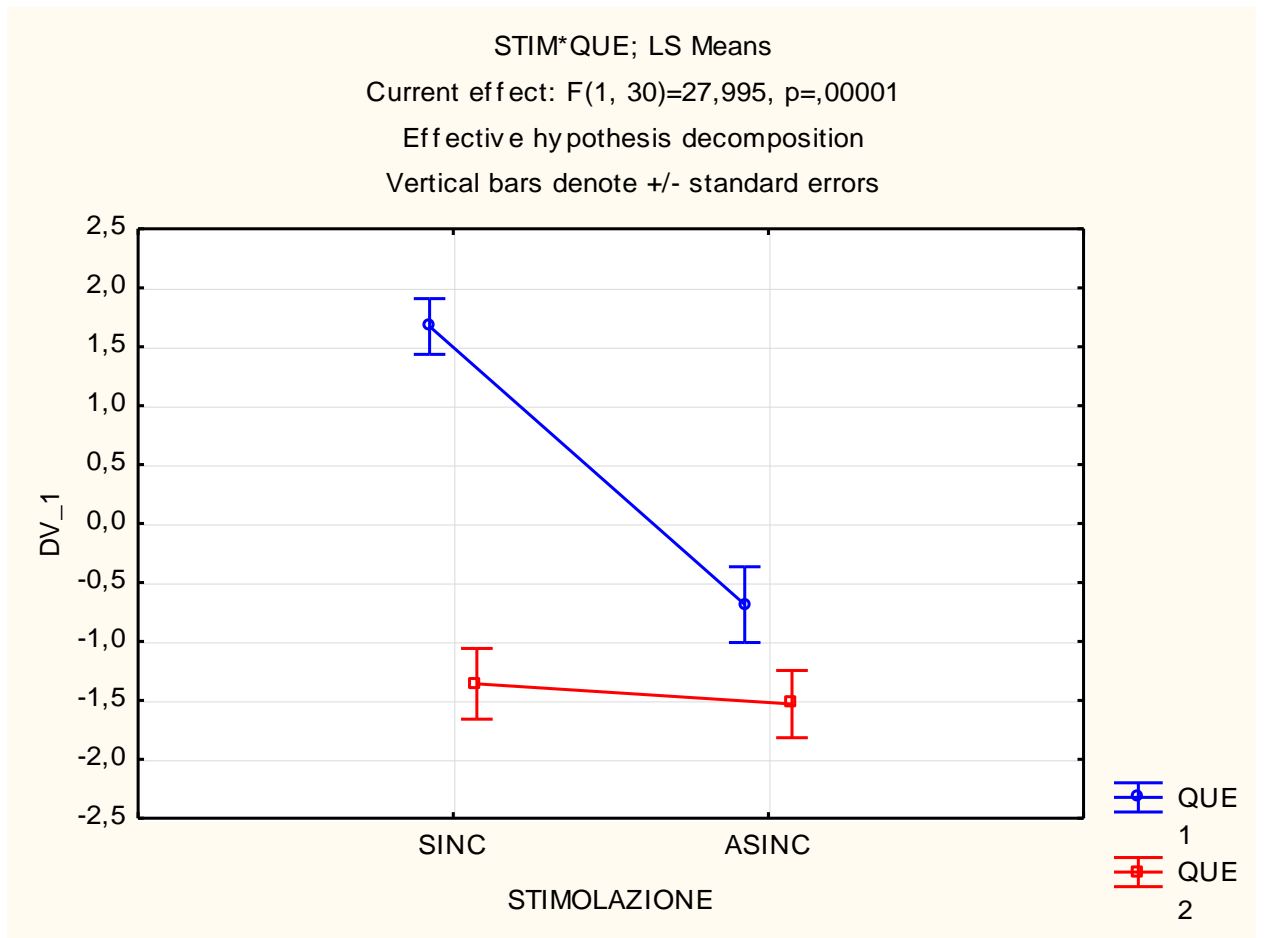


Grafico 3: confronto tra STIMOLAZIONE x DOMANDA: è significativo per le domande reali rispetto di controllo e anche durante la stimolazione sincrona rispetto all'asincrona.

4.6.4 ANALISI STATISTICA QUESTIONARIO DELL'AGENCY

Anche in questo caso è stata fatta un ANOVA a misure ripetute con 2 fattori:

1. STIMOLAZIONE a due livelli: sincrona e asincrona
2. DOMANDA a due livelli: reali e di controllo.

L'effetto STIMOLAZIONE x DOMANDA è risultato significativo anche in questo caso [$F(1, 30)=11,959, p=,00165$] (vedi Grafico 4).

Dal grafico è possibile osservare come in questo caso, a differenza del questionario sul body Ownership, le domande reali (1 e 2) determinano una riduzione dell'effetto nella stimolazione asincrona addirittura inferiore alle domande di controllo (3 e 4).

Rispetto al questionario del Body Ownership le domande reali (1 e 2) nella condizione di stimolazione sincrona risultano essere vicino allo 0, ma comunque diventano estremamente negative nella condizione di stimolazione asincrona.

Le domande di controllo (3 e 4) nella condizione di stimolazione sincrona hanno risultati simili a quelli relativi al questionario sul Body Ownership, mentre nella condizione di stimolazione asincrona le domande di controllo determinano delle risposte più positive.

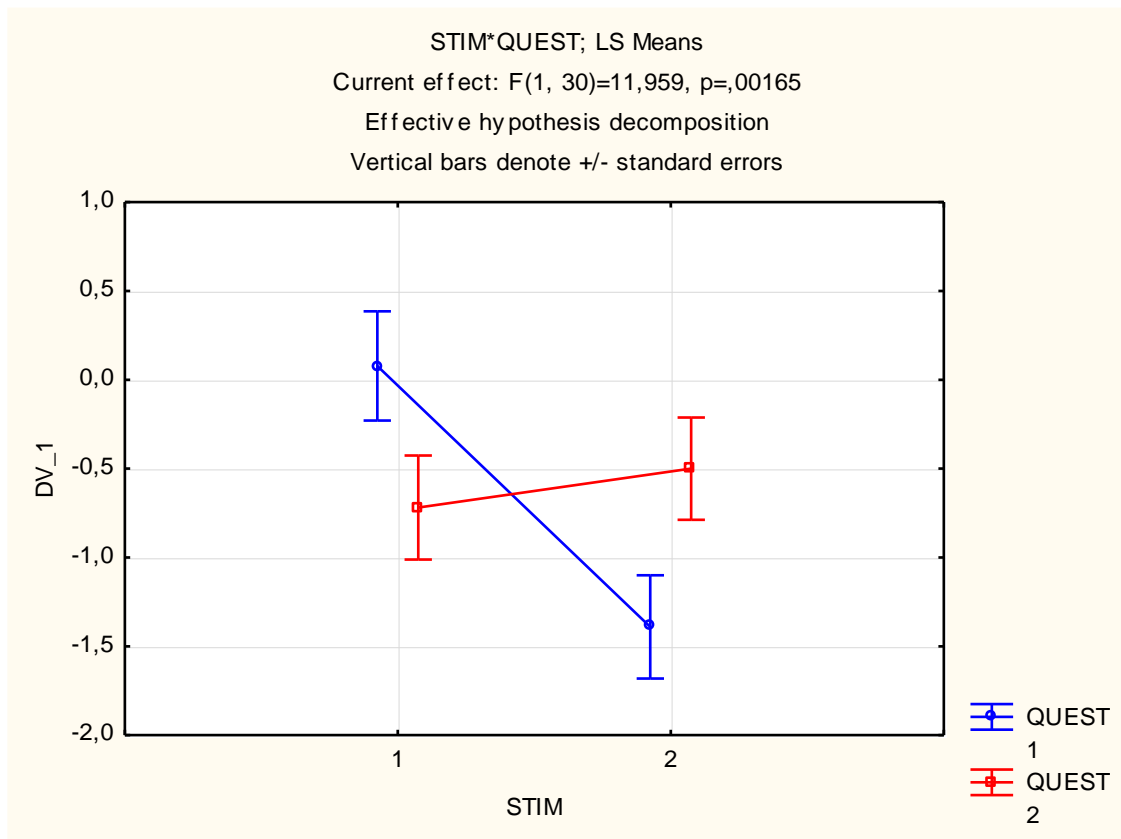


Grafico 4: Effetto STIMOLAZIONE per DOMANDA: le domande reali (linea blu) determinano una riduzione dell'effetto nella stimolazione asincrona (2) rispetto alle domande di controllo (linea rossa).

CAPITOLO 5

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Questa ricerca è nata per convalidare la nostra ipotesi secondo cui tramite il paradigma della RHI è possibile embodizzare, oltre alla mano altrui, anche il movimento che la mano altrui compie come è stato dimostrato in alcuni pazienti emiplegici (Garbarini & al., 2012). Per quanto riguarda la RHI dai dati è emerso che effettivamente era presente nei nostri soggetti, ciò lo deduciamo dalle differenze di risposte date al questionario dai soggetti tra stimolazione sincrona e asincrona.

La stimolazione sincrona ha determinato delle risposte positive alle domande del questionario reali che con la stimolazione asincrona sono state negative; ciò conferma ulteriormente che la stimolazione asincrona si configura come situazione sperimentale di controllo in cui l'illusione non si crea (Botvinick & Cohen, 1998).

Per quanto riguarda il movimento abbiamo visto che l'effetto stimolazione per domanda è risultato significativo.

La stimolazione sincrona ha prodotto un effetto leggermente positivo nelle risposte alle domande reali del questionario (media=0,078).

La stimolazione asincrona ha determinato risposte negative alle stesse domande (media=1,380), tranne nel caso della domanda 3 in cui le risposte sono state positive, ma questo potrebbe dipendere dal fatto che la domanda risultava troppo controversa.

Possiamo affermare che in seguito alla stimolazione sincrona i soggetti hanno provato, seppur in minima parte, la sensazione di “possedere” il movimento fatto dalla mano altrui.

Questi dati confermano la nostra ipotesi, cioè in soggetti sani in seguito all’embodiment di una mano altrui si può embodizzare anche il movimento compiuto da essa.

I dati relativi al Body Ownership sono molto positivi, c’è stata una forte sensazione da parte dei soggetti di possedere la mano altrui.

Questo ci suggerisce l’idea che magari aumentando l’embodiment della mano altrui potrebbe anche aumentare l’effetto relativo al movimento, ad esempio si potrebbe aumentare il tempo delle stimolazioni o forse introdurre delle misure oggettive oltre a quelle soggettive.

Un altro dato che è emerso dalla nostra ricerca è la differenza tra mano sinistra e mano destra, nell’istogramma 2 (pag.45) abbiamo notato che in relazione alla domanda 1 del questionario dell’Agency c’era una discrepanza tra mano sinistra (che mostra risultati positivi) e mano destra (che mostra risultati negativi).

Questo dato non era stato previsto poiché non rientrava nella nostra ipotesi di ricerca; come detto in precedenza in letteratura non ci sono casi che dimostrino la presenza di lateralità nella RHI (Ocklenburg & al., 2011).

È noto che l’emisfero destro è dominante nelle abilità visuo-spaziali, mentre quello sinistro lo è per il linguaggio; Ockenburg et al. Hanno svolto uno studio per verificare se la sensazione della RHI fosse più

forte in soggetti destrimani piuttosto che mancini, assumendo a priori che l'emisfero destro fosse dominante per il senso di Body Ownership basandosi sul fatto che tutti i deficit di rappresentazione corporea riguardassero pazienti con danni cerebrali destri (Ocklenburg & al., 2011).

I risultati mostrano che la vivacità della RHI non era modulata dalla manualità del soggetto, perché nei soggetti mancini non erano presenti diminuzioni o dati opposti rispetto ai destrimani; questi dati mostrano quindi che non vi è lateralizzazione per quanto riguarda la RHI, tuttavia potrebbe essere interessante svolgere altri studi riguardanti ciò (Ocklenburg & al., 2011).

Probabilmente i risultati che abbiamo ottenuto alle domande dei questionari sono dovuti al tipo di domande che abbiamo utilizzato.

Rispetto a quelle utilizzate da Botvinich e Cohen, che erano più lunghe e vaghe e quindi era più facile che i soggetti dessero delle risposte più vicine alla media, le nostre erano più mirate e dirette, ciò potrebbe aver spinto i soggetti a dare risposte più estreme (soprattutto nel questionario dell'Agency).

La nostra ricerca rappresenta un lavoro preliminare sulla relazione che lega il senso di Body Ownership ed Agency, il nostro gruppo di ricerca sta pensando di svolgere ulteriori studi sull'argomento.

Uno di questi sarà l'utilizzo dei Pinprick, gli stimolatori tattili presentati in precedenza, come strumenti volti alla misurazione della Sensory Suppression (Foo & Mason, 2005).

La Sensory Suppression è un fenomeno sensoriale per cui quando compiamo dei movimenti auto-generati e volontari verso una parte del nostro corpo la nostra soglia sensoriale di attivazione si abbassa, mentre si alza quando subiamo dei movimenti dall'esterno.

Utilizzando la Sensory Suppression, secondo noi, sarebbe possibile misurare indirettamente l'embodiment del movimento compiuto dalla mano altrui.

Questo si potrebbe verificare usando i Pinprick ed andando a confrontare i rating sensoriali dei soggetti prima e dopo la RHI, se la nostra ipotesi è vera, si dovrebbe riscontrare una diminuzione dei giudizi di rating dopo l'illusione perché in seguito all'embodiment della mano altrui si dovrebbe manifestare la Sensory Suppression.

Un altro futuro sviluppo di questo lavoro potrebbe essere rivolgerlo anche ai pazienti E+, i pazienti emiplegici con disturbo del Body Ownership per studiare ulteriormente i loro deficit.

Il rapporto tra Body Ownership e il senso di Agency rimane da indagare a fondo, la nostra ricerca rappresenta l'inizio di una serie di studi che in futuro verranno svolti sull'argomento.

È importante svolgere delle ricerche su questo argomento in quanto potrebbero essere d'aiuto per lo sviluppo di nuove tecniche riabilitative in campo neuropsicologico e neurocognitivo.

BIBLIOGRAFIA

Armezzani, M. (2002). ***Esperienza e significato nelle scienze psicologiche***. Ed. Laterza.

Berti, A. (2010). ***Neuropsicologia della coscienza***. Torino: Ed. Bollati-Boringhieri.

Berti, A. & Frassinetti, F. (2000). ***When Far Becomes Near: Re-Mapping of Space by Tool Use***. *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 20, pp.415-420.

Berti, A. & Pia, L. (2006). ***Understanding Motor Awareness Through Normal and Pathological Behavior***. *Current Directions in Psychological Science*, pp. 245-250.

Berti, A., Bottini, G. & Neppi-Mòdona, M. (2007). ***Elementi di neuroscienze cognitive***. Roma: Carocci Editore.

Berti, A., Spinazzola, L., Pia, L. & Rabbuffetti, M. (2007). ***Motor Awareness and Motor Intention in Anosognosia for Hemiplegia***. In P. Haggard, Y. Rossetti, & E. Kawato, *Sensorimotor Foundations of Higher Cognition* (pp. 163-181). Oxford: Oxford University Press.

Blakemore, S., & al, e. (2002). ***Abnormalities in the awareness of action***. *Trends in cognitive science*, Vol.6, pp. 237-241.

Botvinick, M. & Cohen, J. (1998). ***Rubber Hands "feel" touch that eyes see.*** Nature, vol. 39, pp. 756.

D'Alonzo, M. & Cipriani, C. (2012). ***Vibrotactile Sensory Substitution Elicits Feeling of Ownership of an Alien Hand.*** PLOS ONE, pp. 1-9.

Decety, J. & Grèzes, J. (1999). ***Neural mechanisms subserving the perception of human actions.*** Trends in Cognitive Sciences, pp. 172-178.

Ehrsson, H., & al., e. (2005). ***Touching a rubber hand: feeling of body Ownership is associated with activity in multisensory brain areas.*** J Neurosci., pp. 10564–10573.

Farrer, C. & al. (2008). ***Effect of distorted visual feedback on the sense of Agency.*** Behavioural Neurology, pp. 53–57.

Farrer, C. & Frith, D. (2002). ***Experiencing Oneself vs Another Person as Being the Cause of an Action: The Neural Correlates of the Experience of Agency.*** NeuroImage, pp. 596–603.

Folegatti, A. & al. (2012). ***The Rubber Hand Illusion: Two's a company, but three's a crowd.*** Consciousness and Cognition, pp. 799–812.

Foo, H., & Mason, P. (2005). ***Sensory suppression during feeding.*** PNAS, pp.16865–16869.

Fourneret, P. & Jannerod, M. (1998). ***Limited conscious monitoring of motor performance in normal subject.*** Neuropsychologia, vol. 36(11), pp.1133-1140.

Franz, E., Zelaznik, H. & McCabe, G. (1991). ***Spatial topological constraints in a bimanual task.*** Acta Psychologica, vol. 77, pp. 137-151.

Gallagher, S. (2000). ***Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science.*** Trends in Cognitive Science, pp.14-21.

Gallese, V., & Sinigaglia, C. (2009). ***The bodily self as power for action.*** Neuropsychologia, pp. 1-10.

Garbarini, F. & al. (2012). ***Moving a paralyzed hand: bimanual coupling effect in patients with anosognosia for hemiplegia.*** Brain, vol. 135, pp. 1486-1497.

Garbarini, F. & al. (2013). ***Embodiment of an alien hand interferes with intact-hand movements.*** Current Biology, vol. 23, pp. 57-58.

Gold, M. & al (1994). ***Anosognosia for hemiplegia: an electrophysiological investigation of the feed-forward hypothesis.*** Neurology, vol. 44, pp.1804-1809.

Haggard, P., & Magno, E. (1999). ***Localising awareness of action with transcranial magnetic stimulation.*** Experimental Brain Research, vol. 127, pp. 102-107.

Jannerod, M. (2003). ***Consciousness of action and Self-Consciousness: A Cognitive neuroscience approach***. In J. Roessler & E. Naomi, *Agency and Self-Awareness. Issues in philosophy and psychology*. (pp. 133-136). Oxford: Oxford University Press.

Kalckert, A. & Ehrsson, H. (2012). ***Moving a rubber hand that feels like your own: a dissociation of Ownership and Agency***. *Frontiers in Humans Neuroscience*, pp. 1-14.

Kammers, M. & al. (2009). ***The rubber hand illusion in action***. *Neuropsychologia*, pp. 204–211.

Làdavas E. & Berti A. (2009). ***Neuropsicologia***. Bologna, Ed. Il Mulino.

Lee, W. & Reeve, J. (2013). ***Self-determined, but not non-self-determined, motivation predicts activations in the anterior insular cortex: an fMRI study of personal Agency***. *Social Cognitive and affective Neuroscience*, vol. 8, pp. 538-545.

Libet & al. (1983). ***Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activities (readiness-potential): The unconscious initiation of a freely voluntary actions***. *Brain* (106), pp. 623-642.

Costantini, M. & Haggard, P. (2007). ***The rubber hand illusion: Sensitivity and reference frame for body Ownership***. *Consciousness and Cognition*, pp. 229–240.

Makina, T., Holmesb, N., & Ehrssond, H. (2008). ***On the other hand: Dummy hands and peripersonal space.*** Behavioural Brain Research, pp. 1-10.

Marchetti, C. & Della Salla, S. (1998). ***Disentangling the alien and the anarchic hand.*** Cognitive neuropsychiatry, pp.191-207.

Neppi-Mòdona, M. & al (2007). ***Bisecting Lines with different Tools in Right Brain Damaged Patients: The Role of Action Programming and Sensory Feedback in Modulating Spatial Remapping.*** Cortex, pp.397-410.

Ocklenburg, S. & al. (2011). ***Laterality in the rubber hand illusion.*** Psychology Press, pp.175-187.

Paillard, J. (1999). ***Body schema and body image: a duple dissociation in deafferented patients.*** In G. Gantchev & J. Massion, *Motor control: today and tomorrow.* Sofia: Academic Publishing House.

Penfield, W. & Rasmussen, T. (1950). ***The cerebral cortex of man; a clinical study of localization of function.*** London: Macmillan.

Purves, D. & all (2009). ***Neuroscienze.*** Zanichelli Editore.

Ramakonar, H. & al. (2011). ***The rubber hand illusion and its application to clinical neuroscience.*** pp. 1596–1601.

Rizzolatti, G. & Sinigaglia, G. (2006). ***So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio***. Milano: Raffaello Cortina Editore.

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). ***Premotor cortex and the recognition of motor actions. "Cognitive Brain Research"***, pp. 131–141.

Rorden, C., & al. (1999). ***When a rubber hand 'feels' what the real hand cannot***. NeuroReport, pp. 135-138.

Schilder, P. (1973). ***Immagine di sè e schema corporeo***. Milano: Ed. Franco Angeli.

Tsakiris, M. & Haggard, P. (2005). ***The Rubber Hand Illusion: Visuotactile Integration and Self-Attribution***. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, vol. 31(1), pp. 80-91.

Tsakiris, M., Prabhu, G. & Haggard, P. (2006). ***Having a body versus moving your body: How Agency structures body-Ownership***. "Consciousness and Cognition", pp. 423-432.

RINGRAZIAMENTI

Con questo lavoro si conclude un percorso iniziato cinque anni fa, è stato lungo e faticoso in cui mi sono impegnata al massimo per raggiungere i miei obiettivi.

Da ora in poi è tutta una nuova avventura da vivere, non so cosa mi riservi il futuro ma so per certo che il bagaglio professionale raccolto in questi anni accademici mi sarà molto utile.

Arrivata a questo punto è doveroso da parte mia fare alcuni ringraziamenti.

Prima fra tutto devo ringraziare la mia famiglia che mi ha sempre sostenuto, i miei genitori e fratelli mi hanno sempre spronato a fare il meglio; alla mia compagna di avventure Federica con cui ho condiviso giornate intere di studio frenetico e di ripassi il giorno prima degli esami ed alla persona con cui condivido la mia vita, Daniele che mi sempre sopportato nei momenti più stressanti.

Un grazie speciale va anche a quel piccolo monello di mio nipote, Eros, che nel suo piccolo mi ha aiutato ad avere una marcia in più.

Un grazie infinito a mio nonno, che da lassù ha permesso tutto questo e sono sicura sarebbe fiero di me.

Infine un ringraziamento particolare va al Dipartimento di Psicologia per l'ospitalità, ma soprattutto al Prof.re Lorenzo Pia per la pazienza e la diponibilità dimostrata in questi mesi di lavoro insieme ed alla Dott.ssa Dalila Burin per avermi aiutato e supportato per lo svolgimento e la stesura della tesi e dei cari consigli che porterò sempre con me.