

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

In Cotutela con

Université Claude Bernard Lyon 1 (France)

DOTTORATO di RICERCA in

Psicologia Generale e Clinica

Ciclo XXIV

Settore Concorsuale di afferenza: 11/E 01

Settore Scientifico disciplinare: M-PSI 02

Sviluppo, Basi Neurali e Patologie del Sé Corporeo

Presentata da: **Dott.ssa Elisa Zamagni**

Coordinatore Dottorato

Prof.ssa Piera Carla Cicogna

Relatore italiano

Prof.ssa Francesca Frassinetti

Relatore francese

Prof. Alessandro Farnè

Esame finale anno 2012

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1

Président de l'Université

M. A. Bonmartin

Vice-président du Conseil d'Administration

M. le Professeur G. Annat

Vice-président du Conseil des Etudes et de la Vie
Universitaire

M. le Professeur D. Simon

Vice-président du Conseil Scientifique

M. le Professeur J-F. Mornex

Secrétaire Général

M. G. Gay

COMPOSANTES SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est – Claude Bernard

Directeur : M. le Professeur J. Etienne

Faculté de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud – Charles
Mérieux

Directeur : M. le Professeur F-N. Gilly

UFR d'Odontologie

Directeur : M. le Professeur D. Bourgeois

Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

Directeur : M. le Professeur F. Locher

Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation

Directeur : M. le Professeur Y. Matillon

Département de formation et Centre de Recherche en
Biologie Humaine

Directeur : M. le Professeur P. Farge

COMPOSANTES ET DEPARTEMENTS DE SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Faculté des Sciences et Technologies

Directeur : M. le Professeur F. Gieres

Département Biologie

Directeur : M. le Professeur F. Fleury

Département Chimie Biochimie

Directeur : Mme le Professeur H. Parrot

Département GEP

Directeur : M. N. Siauve

Département Informatique

Directeur : M. le Professeur S. Akkouche

Département Mathématiques

Directeur : M. le Professeur A. Goldman

Département Mécanique

Directeur : M. le Professeur H. Ben Hadid

Département Physique

Directeur : Mme S. Fleck

Département Sciences de la Terre

Directeur : Mme le Professeur I. Daniel

UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et
Sportives

Directeur : M. C. Collignon

Observatoire de Lyon

Directeur : M. B. Guiderdoni

Ecole Polytechnique Universitaire de Lyon 1

Directeur : M. P. Fournier

Ecole Supérieur de Chimie Physique Electronique

Directeur : M. G. Pignault

Institut Universitaire de Technologie de Lyon 1

Directeur : M. le Professeur C. Coulet

Institut de Science Financière et d'Assurances

Directeur : M. le Professeur J-C. Augros

Institut Universitaire de Formation des Maîtres

Directeur : M. R. Bernard

Indice

Sommario	5
Sommaire	7
Capitolo 1	9
1.1. Introduzione	9
1.2. Il riconoscimento del volto	11
1.3. Il riconoscimento del proprio volto	21
1.4. Il riconoscimento del corpo	24
1.5. Il riconoscimento del proprio corpo	30
Capitolo 2	41
Esperimento - Il riconoscimento implicito del Sé: un approccio basato sulle variazioni di eccitabilità cortiscopinale	
2.1. Abstract	42
2.2. Introduzione	43
2.3. Materiali e metodi	46
2.4. Risultati	51
2.5. Discussione	55
Capitolo 3	60
Esperimento - Il contributo del movimento nel riconoscimento del sé corporeo	
3.1. Abstract	61
3.2. Introduzione	62
3.3. Materiali e metodi	64
3.4. Risultati	70
3.5. Discussione	74

Capitolo 4	77
Esperimento - – Il linguaggio dei corpi propri ed altrui - il ruolo delle emozioni nel riconoscimento del corpo proprio ed altrui-	
4.1. Abstract	78
4.2. Introduzione	79
4.3. Materiali e metodi	83
4.4. Risultati	88
4.5. Discussione	91
Capitolo 5	95
Esperimento - I gesti nella distinzione fra sé ed altro	
5.1. Abstract	95
5.2. Introduzione	96
5.3. Materiali e metodi	99
5.4. Risultati	103
5.5. Discussione	107
Capitolo 6	112
Discussione Generale	
Bibliografia	116

Sommario

Nell'ultimo decennio le neuroscienze cognitive hanno mostrato sempre maggiore interesse verso lo studio del riconoscimento del sé e delle basi neurali sottostanti tale processo. In particolare, recenti indagini hanno focalizzato l'attenzione sul riconoscimento del sé corporeo e dunque, su come avvenga l'elaborazione del proprio corpo e del proprio volto rispetto alle parti corporee delle altre persone.

La tematica del Sé è stata indagata anche in altre discipline, come la psicologia sociale e le scienze dello sviluppo. Tutte le discipline concordano sul fatto che il Sé possa essere considerato come un costrutto multidimensionale e come tale rappresentato da un network distribuito di popolazioni neurali adibite alle diverse funzioni, autoconsapevolezza, memoria autobiografica, riconoscimento del proprio corpo ecc., indispensabili per l'esperienza soggettiva di essere Sé (Decety & Sommerville, 2003; Keenan e coll., 2000). Tali evidenze sono state dimostrate grazie all'utilizzo di varie metodiche, come gli studi comportamentali e neurofisiologici, la stimolazione magnetica transcranica (TMS) e la risonanza magnetica funzionale (fMRI), e grazie al contributo degli studi condotti su pazienti con lesione cerebrale acquisita.

Il tema del riconoscimento del sé è stato indagato anche in individui affetti da Disturbi dello Spettro Autistico (ASD). Tale interesse nasce dall'osservazione che i soggetti affetti da autismo mostrano disturbi sia nel riconoscimento e nella rappresentazione del self sia nella sfera della cognizione sociale e socio – affettiva.

Nella parte introduttiva di questa tesi (capitolo 1) verrà illustrata la cornice teorica entro la quale si collocano gli studi sul riconoscimento del Sé corporeo. Verrà affrontato il problema di come avviene il riconoscimento visivo dei volti e dei corpi, e delle specificità nel riconoscimento del proprio volto e del proprio corpo.

Il secondo capitolo descriverà uno studio condotto sui soggetti sani che indaga l'eccitabilità della corteccia motoria primaria nei processi di riconoscimento self/other. I risultati di questo primo

studio mostrano un incremento dell'eccitabilità della corteccia motoria dell'emisfero destro in seguito alla presentazione visiva di stimoli propri (mano e cellulare), a 600 e 900 ms dopo la presentazione dello stimolo. Tali evidenze forniscono informazioni oltre che sulla specializzazione emisferica delle funzioni che sottendono l'elaborazione del sé anche sulla temporalità di questi processi.

Il terzo capitolo illustrerà l'esperimento volto ad indagare il contributo del movimento nel riconoscimento del Sé corporeo in soggetti neurologicamente sani ed in pazienti con lesione cerebrale destra. Le evidenze di questo studio mostrano come i pazienti con lesione cerebrale destra, che avevano perso la facilitazione nell'elaborare le parti del proprio corpo statiche, mostrano tale facilitazione in seguito alla presentazione di parti del proprio corpo in movimento.

Il quarto capitolo si occuperà dello sviluppo del sé corporeo in bambini con sviluppo atipico, affetti dal disturbo dello spettro autistico ad alto funzionamento, con particolare riferimento al ruolo delle emozioni nel riconoscimento delle posture emotive proprie ed altrui. Questo studio mostra in primo luogo come alcuni processi legati al sé possono essere preservati anche in bambini affetti da autismo ad alto funzionamento. In secondo luogo, lo studio evidenzia come alcune emozioni salienti per la nostra sopravvivenza, come ad esempio la paura, possano incrementare la nostra abilità di elaborare posture emotive altrui.

Infine, il quinto capitolo sarà dedicato al ruolo dei gesti nel riconoscimento del proprio corpo e di quello altrui. In continuazione con lo studio delle emozioni, quest'ultimo esperimento prende in esame come il contenuto comunicativo dei gesti, possa facilitare l'elaborazione di parti del corpo altrui, quando queste rivestono un ruolo cruciale per la buona efficienza delle nostre interazioni sociali.

Il significato complessivo dei risultati degli esperimenti condotti verrà argomentato nella discussione generale.

Sommaire

Dans les dix dernières années, les neurosciences cognitives ont montré un intérêt croissant envers l'étude de la reconnaissance du soi et des bases neurales sous-jacentes ce processus. En particulier, les études récentes ont porté sur la reconnaissance du soi corporel et, par conséquent, de l'élaboration du corps propre et du visage propre par rapport aux parties du corps d'autres personnes. Le thème du soi a été étudié dans d'autres disciplines, telles que la psychologie sociale et la science du développement. Tous ces disciplines ont convenu que le soi peut être considéré comme un concept multidimensionnel et comme tel représenté par un réseau distribué de populations neurales utilisées pour différentes fonctions : la conscience de soi, la mémoire autobiographique, la reconnaissance de son propre corps etc., toutes indispensables pour l'expérience subjective d'être soi-même (Decety & Sommerville, 2003, Keenan et al., 2000). Ces résultats ont été acquis en utilisant diverses méthodes, telles que celles des études comportementales et neurophysiologiques, la stimulation magnétique transcrânienne, la résonance magnétique fonctionnelle, et grâce aussi à la contribution des études de patients atteints par une lésion cérébrale acquise. Le thème de la reconnaissance de soi a également été étudié chez les personnes souffrantes de troubles du spectre autistique. Cet intérêt dérive de l'observation que les personnes atteintes par l'autisme montrent des troubles dans la reconnaissance et représentation de soi et aussi dans la sphère de la cognition sociale et affective.

Dans la partie introductive de cette thèse (chapitre 1) seront illustrés le cadre théorique dans lequel se situent les études sur la reconnaissance du soi corporel. En outre, sera abordée la question de la façon dont la reconnaissance visuelle des visages et des corps, et de la spécificité de la reconnaissance de son propre visage et de son propre corps, s'effectuent.

Le deuxième chapitre décrit une étude menée chez des sujets sains, qui examine l'excitabilité du cortex moteur primaire dans le processus de reconnaissance de soi et de l'autre. Les résultats de cette première étude montrent une augmentation de l'excitabilité du cortex moteur de l'hémisphère

droit en raison de la présentation visuelle des stimuli propres (main et téléphone portable), 600 et 900 ms après la présentation du stimulus. Ces résultats fournissent des informations non seulement sur la spécialisation hémisphérique du soi, mais aussi sur la dynamique temporelle de ces processus. Le troisième chapitre illustrera l'expérience réalisée pour étudier la contribution du mouvement dans la reconnaissance du soi corporel chez des sujets neurologiquement sains et chez les patients avec des lésions cérébrales de l'hémisphère droit. Les résultats de cette étude montreront que les patients avec des lésions cérébrales droites, qui avaient perdu la facilitation dans l'élaboration des parties du corps propre statique, montrent cette facilitation suite à la présentation des parties du propre corps en mouvement.

Le quatrième chapitre portera sur le développement du soi corporel chez les enfants avec un développement atypique, souffrant de troubles du spectre autistique à haut fonctionnement, avec une attention particulière au rôle des émotions dans la reconnaissance de postures émotionnelles, propres et autrui. Cette étude montre d'abord que certains processus relatifs au soi peuvent être préservés, même chez les enfants atteints par autisme à haut fonctionnement. Deuxièmement, l'étude montre que certaines émotions essentielles pour notre survie, comme la peur, peuvent améliorer notre capacité à traiter les postures émotionnelles autrui.

Enfin, le cinquième chapitre sera consacré au rôle du geste dans la reconnaissance du propre corps et celui des autres. En continuité avec l'étude des émotions, cette expérience examine comment le contenu des gestes communicatifs peut faciliter le traitement des parties du corps des autres, quand ils jouent un rôle crucial pour la bonne efficacité de nos interactions sociales. Les implications des résultats d'expérience réalisées seront approfondies dans la discussion générale.

Capitolo 1.

1.1.Introduzione

La definizione del concetto di Sé e dei circuiti neurali sottostanti alla formazione della consapevolezza del Sé, sono materia di dibattito attuale nelle neuroscienze.

Il Sé è costituito da vari aspetti che lo contraddistinguono. Ad esempio possiamo identificare un volto, una voce, i confini del nostro corpo nonché i nostri stessi pensieri come separati da quelli degli altri. Per quanto concerne le basi neurali sottostanti il sé uno studio sui potenziali evocati ha mostrato un aumento dell'attività delle cortece frontali dell'emisfero destro in seguito alla visione del proprio nome rispetto a nomi altrui. L'attivazione della corteccia frontale destra emergeva anche quando al soggetto erano presentate delle affermazioni vere riguardo a sé stesso (nome, luogo di nascita), piuttosto che notizie false (Fischler e coll., 1987; Fischler e coll., 1984). Van Lancker (1988, 1987, 1982) ha descritto alcuni pazienti che in seguito ad una lesione cerebrale avevano perso la capacità di riconoscere voci familiari. Gli studi condotti su questi pazienti dimostrano come il riconoscimento di voci familiari può essere selettivamente danneggiato (fonoagnosia). Questi pazienti presentavano tutti un danno all'emisfero destro. Studi successivi di Van Lancker (1989) mostrano che tale deficit può essere conseguente ad un danno alle regioni parietali e temporali. Markowitsch si è invece occupato della memoria episodica autobiografica, descrivendo diversi pazienti che riportavano un deficit in questa funzione, in assenza di altri deficit cognitivi, incluse le altre componenti della memoria. Le lesioni di questi pazienti mostravano un coinvolgimento della corteccia prefrontale dorsolaterale destra, la prefrontale polare destra e le regioni temporali anteriori (Markowitsch e coll., 1997; Markowitsch e coll., 1993). Inoltre, Fink e collaboratori (1996) hanno dimostrato come si osservi attivazione di regioni prefrontali e cingolate destre durante l'ascolto di memorie auto - biografiche personali.

Infine è stato osservato come soggetti affetti da demenza fronto-temporale (FTD) con grave ipofunzione dell'emisfero destro mostrino marcati cambiamenti nei tratti di personalità e nelle

proprie preferenze (Miller e coll., 2001) e come le confabulazioni personali (ovvero la creazione di storie inventate a proposito di sé stessi) siano associate al danno frontale destro.

Gli studi finora analizzati suggeriscono un ruolo fondamentale dell' emisfero destro in diversi processi legati al sé.

Nei capitoli seguenti si prenderà in esame in maniera specifica la rappresentazione del sé corporeo, affrontando il problema di come avvenga il riconoscimento visivo dei volti e dei corpi, e delle specificità nel riconoscimento del proprio volto e del proprio corpo.

1.2. Il riconoscimento del volto

I volti sono sicuramente una delle categorie di stimoli più importanti e più salienti per l'uomo, soprattutto per le implicazioni che hanno nel contesto sociale e relazionale. I volti comunicano aspetti sociali come il genere, il sesso, l'identità e le informazioni di tipo emotivo, e sono alla base della comunicazione verbale e non verbale (Itier and Taylor 2004). È sorprendente come i bambini, già a poche ore dalla nascita, tendano a seguire maggiormente con lo sguardo stimoli aventi una configurazione simile al volto rispetto a stimoli di pari di complessità che non presentavano lo schema tipico del volto (Morton & Johnson, 1991; Johnson e coll., 1991) e che dopo appena due giorni di vita i neonati siano in grado di discriminare tra il volto della propria madre e quello di un estraneo (Bushnell e coll., 1989).

Il meccanismo attraverso il quale l'uomo elabora i volti ha da sempre interessato le neuroscienze cognitive, poiché le facce sono tra gli stimoli visivi più importanti nel nostro ambiente sociale. Esse, infatti, veicolano informazioni essenziali relative non solo all'identità di una persona, ma anche riguardo al suo umore, alla sua età e alla direzione del suo sguardo e attenzione. La capacità degli esseri umani di estrarre tutti questi aspetti in base anche solo ad una rapida analisi di un volto è molto importante per le interazioni sociali con gli altri individui.

Nel 1986 Bruce e Young si sono interrogati su come avvenga l'elaborazione del volto nell'uomo. Secondo gli autori esisterebbero due processi separati, uno per riconoscere l'identità ed uno per riconoscere l'espressione emotiva di un volto. Inoltre, il riconoscimento della faccia avverrebbe in maniera differente per i volti familiari rispetto a quelli mai visti in precedenza.

Secondo il modello di Bruce e Young (1986), il riconoscimento di volti noti avverrebbe attraverso cinque stadi, tutti necessari al riconoscimento della persona. Essi sono:

- 1) l'elaborazione sensoriale visiva, che consente al soggetto di percepire i dati sensoriali relativi al volto;
- 2) la codifica strutturale, che rappresenta uno stadio in cui si producono due rappresentazioni distinte. La prima è una rappresentazione più bidimensionale, che raccoglie ed integra input

quali contorni, luminosità e tessitura. La seconda, invece, permette di cogliere le caratteristiche tridimensionali e le relazioni spaziali dello stimolo;

- 3) il confronto con l'unità di riconoscimento dei volti, che permette di confrontare lo stimolo percepito con altri stimoli tridimensionali, contenuti in un magazzino in cui sono raccolte tutte le strutture percettive appartenenti ai volti conosciuti. Qualora il confronto risulti positivo il volto percepito è classificato come “faccia già vista”, se invece il confronto risulti negativo il volto è classificato come “faccia nuova”;
- 4) l'attivazione del nodo d'identità personale, che consente di legare un volto riconosciuto come noto alle informazioni semantiche relative a quella determinata persona (esperienze passate avute insieme, professione, stato sociale etc.);
- 5) l'attribuzione del nome, che avviene come passaggio finale è contenuta in un modulo separato. Un deficit a questo livello determina “prosopopagnomia”, ossia l'incapacità a rievocare il nome della persona, nonostante si conservino tutte le conoscenze semantiche legate a quel volto.

Le neuroscienze si sono inoltre interrogate su quali circuiti siano responsabili dell'elaborazione dello stimolo ‘volto’. A tale proposito, uno delle ipotesi di ricerca, denominata Ipotesi Dominio-Specifica per il volto, parte dal presupposto che una funzione complessa come quella del riconoscimento dei volti sia implementata in una rete corticale specifico, non condiviso, o condiviso in minima parte, con altre funzioni cognitive.

Le prove a sostegno dell'ipotesi dominio-specifica sono molteplici. Le prime prove vengono da evidenze neuropsicologiche a proposito della prosopagnosia.

Il termine prosopagnosia fu introdotto nel 1947 dal neurologo Bodamer e definisce un disturbo specifico che comporta l'incapacità di riconoscere i volti di persone note (e, nei casi più gravi, del proprio volto allo specchio) che solitamente occorre in soggetti con lesioni temporo – occipitali bilaterali. L'impossibilità di riconoscere i volti familiari è legata alla sola percezione del volto, in

quanto questi soggetti possono riconoscere le persone da altri input sensoriali (quali la voce, i gesti etc.).

Questo deficit è spesso accompagnato da altri disturbi associati e in particolar modo dal disturbo di riconoscimento degli oggetti (agnosia), per via dell'usuale ampiezza delle lesioni solitamente accertate in questi casi clinici. Nonostante questo, sono stati documentati casi di doppia dissociazione tra questi disturbi, a dimostrazione del fatto che il deficit di riconoscimento dei volti può essere un disturbo selettivo.

I volti risultano essere stimoli peculiari. Studi comportamentali dimostrano come l'elaborazione del volto avvenga in base a canoni precisi, che sono diversi da quelli normalmente utilizzati per altri tipi di stimoli, come ad esempio gli oggetti. È stato infatti dimostrato come quest'elaborazione sia legata non solo all'identificazione delle componenti principali ("local or featural information"), ma anche all'analisi delle relative posizioni di questi elementi interni ("global or configural information"). Sembra dunque che affinché si possa verificare un corretto riconoscimento dello stimolo volto sia essenziale non solo elaborare i singoli elementi che lo costituiscono (ovvero occhi, naso e bocca), ma anche le relazioni spaziali tra tali componenti.

Uno studio di Yovel e collaboratori (2005) ha rilevato come gli individui dimostrino tre effetti comportamentali principali durante la percezione di un volto. Attraverso l'uso di stimoli in cui sono state manipolate alcune variabili proprie dei visi (come, ad esempio, il loro orientamento) gli autori hanno osservato come tali effetti siano specifici per le facce e assenti per gli oggetti, dimostrando dunque come anche in questo caso i volti costituiscano un elemento che viene elaborato in modo specifico. Questi tre effetti principali sono:

- 1) l'effetto inversione ("inversion effect"): i soggetti presentano un decremento della prestazione ad un compito di percezione visiva, quando vengono presentati volti capovolti piuttosto che quando vengono presentati oggetti capovolti.

- 2) l'effetto parte – tutto (“part – whole effect”): il riconoscimento di una parte del viso, come ad esempio il naso, vista precedentemente risulta migliore quando essa è stata inizialmente mostrata all'interno di un volto intero, piuttosto che isolatamente;
- 3) l'effetto coerenza (“composite effect”): gli individui sono più lenti ad identificare una delle due metà di una faccia chimerica quando essa è allineata con un'altra emifaccia incoerente, mentre sono più veloci quando essa è associata ad un'emifaccia coerente, anche quando quest'ultima non è allineata con la metà target.

Studi elettrofisiologici

La specificità dello stimolo volto sembra essere supportata anche da studi elettrofisiologici e da studi sui correlati neurali.

Per quanto riguarda le ricerche elettrofisiologiche, che studiano le modificazioni dell'attività elettrica cerebrale spontanea sincronizzate ad un evento ben definibile a livello sperimentale (come ad esempio l'inizio di uno stimolo sensoriale), si è visto che esistono delle componenti selettive per il volto.

Recenti studi hanno dimostrato l'esistenza di risposte evocate volto-selettive 170 ms dopo la presentazione dello stimolo. Queste risposte sono deflessioni negative osservate in modo particolare in sede occipito – temporale. Tutti gli oggetti evocano questo tipo di risposta (denominata N1), la cui ampiezza viene aumentata dall'attenzione o dal grado di esperienza tipico del soggetto esaminato. La N1 che viene evocata dagli stimoli che rappresentano il volto, e che è stata denominata N170, è stata definita come selettiva per i volti in quanto è più ampia, più corta a livello temporale e più lateralizzata (a destra) in risposta alle facce rispetto a quella evocata da altri oggetti (Itier e Taylor., 2004b; Bentin e coll., 1996).

La N170 è seguita da una risposta positiva parieto – occipitale che si sviluppa dopo un intervallo di 300 – 400 ms e che è stata denominata P2. Questa componente sembra riflettere la codifica mnesica e il riconoscimento del volto, in quanto a questa latenza si rileva il fenomeno della “repetition suppression” per lo stimolo faccia, che consiste in una riduzione del segnale BOLD in risposta a

“stimoli volto” ripetuti (Itier e Taylor., 2004a; Halit e coll., 2000). Halit e coll., (2000) hanno dunque proposto che la componente P2 rifletta l’elaborazione relativo all’identità e alla distanza del volto percepito da un volto prototipico.

La maggior parte degli studi si sono comunque concentrati sulla N170, dimostrando come questa componente rifletta lo stadio della codifica strutturale proposto dal modello di Bruce e Young. Infatti la N170 è rallentata dall’effetto di inversione del volto, che è considerata come una trasformazione che interferisce con l’elaborazione configurazionale (Rousselet e coll., 2004).

È stata dimostrata, grazie ad uno studio di magnetoencefalografia (MEG), anche l’esistenza di una corrispettiva onda elettromagnetica denominata M170, selettiva per i volti. Anche la M170, come la sua controparte elettrofisiologica, si è dimostrata essere sensibile agli aspetti olistici del volto, come ad esempio la distorsione della posizione degli elementi principali all’interno dei volti che causa un decremento dell’ampiezza dell’onda (Liu e coll., 2002).

Studi su neonati di 3 mesi hanno dimostrato come l’elettrofisiologia relativa alla percezione del volto sia diversa in queste precoci fasi di vita e come evolva con il passare del tempo. Halit e coll., (2003) hanno infatti dimostrato, attraverso uno studio sui potenziali evento correlati (ERP), come i neonati mostrino due principali componenti ERP legate alla percezione dell’oggetto: una è un’onda negativa rilevata in sede posteriore tra i 3 e i 12 mesi di vita, denominata N290 perché la sua latenza diminuisce tra i 350 e i 290 ms, l’altra è una componente positiva denominata P400 perché diminuisce tra i 450 e i 390 ms.

La modulazione di queste due onde cambia nel corso del primo anno di vita. De Haan (2003) ha infatti dimostrato come nei primi mesi la N290 discrimini già tra volti di uomini e di scimmie e tra sguardo diretto o evitante, ma come non reagisca all’effetto di inversione del volto fino ai 12 mesi. Inoltre la N290 sembra rispondere molto di più (in termini di velocità ed ampiezza) agli occhi e allo sguardo, piuttosto che ai volti (Taylor e coll., 2002). La P400 invece sembra essere sensibile all’orientamento dei volti e alla loro familiarità già all’età di 3 mesi.

Studi di neuroimaging

Il contributo della neuroanatomia funzionale ha permesso ai ricercatori di scoprire la localizzazione neuroanatomica dei circuiti deputati al riconoscimento dello stimolo volto.

Una delle prime ricerche fMRI condotte in tal senso è uno studio di Clark e coll., (1996) che hanno evidenziato l'attivazione del giro fusiforme durante un compito di riconoscimento di volti.

Studi di Hofmann e Haxby (2000) hanno messo in luce che la percezione del volto coinvolge un circuito dinamico dove, oltre alle caratteristiche fisiche del volto, vengono inferite indicazioni sulle espressioni facciali associate alle emozioni e informazioni semantiche relative alla persona di cui si osserva il volto. Tale circuito è costituito da tre regioni bilaterali della corteccia extrastriata occipito-temporale: il giro occipitale inferiore, il giro fusiforme e il solco temporale superiore sinistro. Il giro occipitale inferiore si attiva per le caratteristiche fisiche del volto, il giro fusiforme, dove è contenuta FFA (Face Fusiforme Area), sembra maggiormente coinvolto nell'identificazione del volto, mentre le regioni del solco temporale superiore si attivano per l'analisi degli aspetti mutevoli del volto quali direzione degli occhi, espressione e movimento delle labbra.

La specificità di FFA per la percezione dei volti è strettamente collegata al disturbo prosopagnosico. Questo deficit consiste nell'incapacità di riconoscere volti familiari, l'identificazione rimane, tuttavia, possibile quando il soggetto si può basare su stimoli acustici (la voce) o su stimoli visivi non fisionomici (le caratteristiche dell'abbigliamento, il modo di camminare, segni caratteristici etc.). Nei casi più gravi, il volto dei familiari e la stessa faccia del paziente, vista allo specchio, risultano sconosciuti. I pazienti sono in grado di inferire la razza, il genere e l'età, nonché di riconoscere l'espressione emotiva dalle facce.

Nelle forme più lievi le difficoltà insorgono di fronte a persone meno intime, specie quando vengono incontrate fuori dal loro contesto abituale, o a personaggi di risonanza pubblica, oppure sono limitate a persone conosciute dopo l'insorgenza della malattia.

Rimane da chiarire se, nei pazienti che presentano questa patologia, sia proprio il giro fusiforme ad essere leso. Damasio e coll., (1990) riportano che le lesioni che più frequentemente causano

prosopoagnosia coinvolgono le regioni posteriori ed inferiori dell'emisfero destro. Tuttavia è bene ricordare che l'estensione del danno corticale nei pazienti è raramente circoscritta e può quindi essere difficile identificare la FFA come unica area responsabile del disturbo di riconoscimento dei volti.

Grazie alle tecniche di neuroimaging, de Gelder e Kanwisher (1999) hanno cercato di individuare l'area fusiforme per i volti in due pazienti prosopoagnosici che non mostravano un danno anatomico visibile. L'esame funzionale non ha trovato un'attivazione di FFA in nessuno dei due pazienti, aggiungendo così un'ulteriore conferma che un danno funzionale a FFA possa produrre prosopoagnosia.

Inoltre, Kanwisher nel 2006 ha individuato un'area cerebrale specializzata prettamente nel riconoscimento dei volti familiari grazie alla tecnica della Risonanza Magnetica Funzionale (fMRI). Tale tecnica consente di misurare le risposte emodinamiche (ovvero l'aumento del flusso sanguigno e dell'ossigenazione dei tessuti nelle aree cerebrali) che accompagnano l'aumento di attivazione neuronale e dunque permette di osservare quali regioni sono maggiormente attivate durante lo svolgimento di un compito. Lo studio fMRI di Kanwisher ha permesso quindi di isolare le attivazioni cerebrali che accompagnano la percezione dei volti, dimostrando l'esistenza di aree che rispondono maggiormente ai volti rispetto a qualsiasi altro oggetto.

Sebbene attivazioni per il volto sono state rilevate anche in altre aree, quali il solco temporale superiore (fSTS) e l'area occipitale, in quella che è stata denominata area del volto occipitale (OFA), l'attivazione più consistente si è osservata in un'area che si trova sulla superficie ventrale del lobo temporale, e più precisamente sul giro fusiforme. Questa regione è stata denominata Fusiform Face Area (FFA), vedi Figura 1.

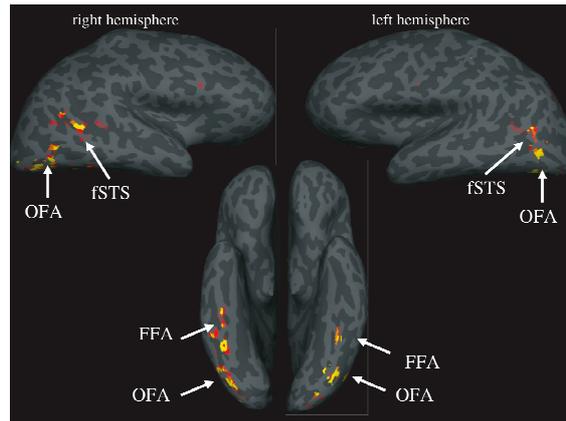


Figura 1 - Localizzazione neuroanatomica della FFA e delle altre regioni deputate all'analisi del volto (Kanwisher e coll., 2006)

Studi successivi all'individuazione di questa regione hanno dato origine ad un corpus di ricerche che ha cercato di comprendere la natura delle rappresentazioni del volto all'interno della FFA, ovvero come in questa regione vengano rappresentate le caratteristiche delle facce (gli elementi principali e le loro relazioni spaziali).

Uno studio di Liu e collaboratori (2003) ha cercato di capire quali proprietà del volto sono importanti per l'attivazione di una risposta da parte della FFA. In particolare Liu (2003) ha voluto studiare diversi aspetti delle facce, quali: 1) la presenza di parti del volto specifiche (ovvero occhi, naso e bocca); 2) la configurazione del viso, ovvero la classica disposizione a "T" degli elementi principali; 3) la forma di base, data da un contorno circa ovale con capelli in cima e ai lati. Nella ricerca di Liu tutte queste combinazioni di elementi sono state variate ortogonalmente. Il risultato ha dimostrato che FFA sembra rispondere a tutti questi tre aspetti. Un altro studio di Kanwisher e coll., (2006) ha dimostrato a sua volta come la FFA risponda sia alla presenza delle diverse parti delle facce (shaping) sia alla loro configurazione (spacing), e come dunque questa regione non risponda solo ai tratti tipici dei volti, ma anche al modo in cui essi sono collocati spazialmente tra loro all'interno dello stimolo faccia.

Come già accennato precedentemente però, anche altre regioni cerebrali dimostrano attivazione in risposta a stimoli relativi ai volti. Queste aree sono la “Occipital Face Area” (Area del Volto Occipitale – OFA) e il “face Superior Temporal Sulcus” (Solco Temporale Superiore per il Volto – fSTS). Queste regioni però sembrano assolvere ruoli diversi rispetto a quello dimostrato dalla FFA. In particolare la OFA (Occipital Face Area) sembra essere più sensibile agli aspetti fisici delle facce piuttosto che all’identità percepita. In un recente studio di Rotshtein (2005) è stato infatti dimostrato che quando si presentano al soggetto volti somiglianti, che però differiscono nei propri elementi principali (occhi, naso o bocca), la OFA risponde in modo diverso ai due stimoli, senza tener conto del fatto che il soggetto percepisca le due facce come somiglianti. La OFA, dunque, sembra essere sensibile solo alle parti del volto, al contrario della FFA che invece risponde alle informazioni riguardanti sia alle parti che alla configurazione globale. Questo sembra suggerire che la FFA sia più vicina al concetto di identità del volto, mentre la OFA rappresenti maggiormente i singoli aspetti fisici delle facce. Yovel e Kanwisher (2005) inoltre hanno dimostrato come la OFA non sia sensibile all’inversione del volto, mostrando attivazione sia per le facce dritte sia per quelle rovesciate.

La OFA sembra però ricoprire un ruolo essenziale per il corretto funzionamento della FFA, come sembra essere dimostrato dal recente caso documentato da Rossion e coll. (2003) di un paziente prosopagnosico che non mostra attivazioni dell’Occipital Face Area in nessuno dei due emisferi, ma che dimostra avere comunque entrambe le FFA intatte. Questo caso sembra dimostrare come, in assenza dell’attivazione delle OFA, le FFA non possano lavorare correttamente e come, dunque, le Occipital Face Areas forniscano alle Face Fusiform Areas input essenziali al fine di un corretto riconoscimento dello stimolo.

Un’ulteriore area che è dimostrata essere coinvolta nell’elaborazione dei volti è una regione del solco temporale superiore (fSTS). Al contrario della FFA il fSTS non mostra sensibilità all’identità del volto, come dimostrato da diversi studi di “repetition suppression” che non hanno trovato sensibilità in fSTS per i volti caratterizzati da stessa identità (Andrews e coll., 2004). È stata invece

rilevata in questa regione sensibilità per volti raffiguranti persone ed identità diverse, che però non differiscono tra loro per espressione, sguardo e prospettiva. Sembra, dunque, che tale regione elabori informazioni relative a caratteristiche più prettamente emotive e comunicative del volto.

1.3 Il riconoscimento del proprio volto

Di cruciale interesse nell'ambito del Sé corporeo è la nostra capacità di riconoscere il *proprio* volto. Negli ultimi anni è stato affermato in modo sempre più consistente il ruolo dell'emisfero destro nel riconoscimento del sé, e più precisamente di un network fronto – parietale destro deputato.

Le prime evidenze a sostegno di questa ipotesi provengono da studi su casi clinici (Daprati 2000) che hanno riportato come lesioni destre in questo sistema neurale causino deficit nel mirror – sign, ovvero nella capacità di riconoscere se stessi allo specchio.

In uno studio Keenan e collaboratori (2001) mostrano come nell'uomo l'emisfero destro sia coinvolto in maniera preferenziale nel riconoscimento del proprio volto. I ricercatori, per prima cosa, hanno studiato un gruppo di pazienti, che dovevano subire un intervento chirurgico per rimuovere il focus epilettico, sottoposti al test di Wada. Tale test prevede l'inattivazione farmacologica di un singolo emisfero, attraverso l'iniezione di un farmaco (sodium amytal, sodium amobarbital, sodium methohexital) in carotide (alternativamente la destra e la sinistra). Tale inattivazione è completa se pur reversibile in pochi minuti. Durante il test di Wada, Keenan e colleghi (2001) hanno mostrato ai pazienti foto di volti elaborate con la tecnica del 'morphing'. La tecnica del morphing consiste nella trasformazione fluida, graduale e senza soluzione di continuità, tra due immagini di forma diversa che possono essere oggetti, persone, volti e paesaggi. Le foto impiegate in questo studio erano realizzate 'fondendo' immagini di volti di personaggi famosi e di volti dei pazienti. I pazienti erano invitati a ricordare le foto che venivano mostrate loro durante l'inattivazione dell'emisfero destro e sinistro. Una volta terminato l'effetto dell'anestesia i pazienti venivano sottoposti ad un compito di decisione forzata in cui dovevano scegliere quale fra le due foto era quella che era stata mostrata loro precedentemente. Le due foto fra cui il paziente doveva scegliere erano quelle da cui sono state generate le foto attraverso il morphing. Una foto raffigurava un volto famoso e l'altra il volto del paziente, tuttavia nessuna delle due foto era stata precedentemente mostrata al paziente durante l'inattivazione emisferica in cui venivano mostrate fotografie modificate con la tecnica del morphing. I risultati mostrano che in seguito

all'inattivazione dell'emisfero sinistro tutti i cinque pazienti ritengono che la foto che è stata loro precedentemente mostrata sia quella del proprio volto, mentre in seguito all' inattivazione dell'emisfero destro quattro dei cinque pazienti scelgono il volto famoso (vedi Figura 2).

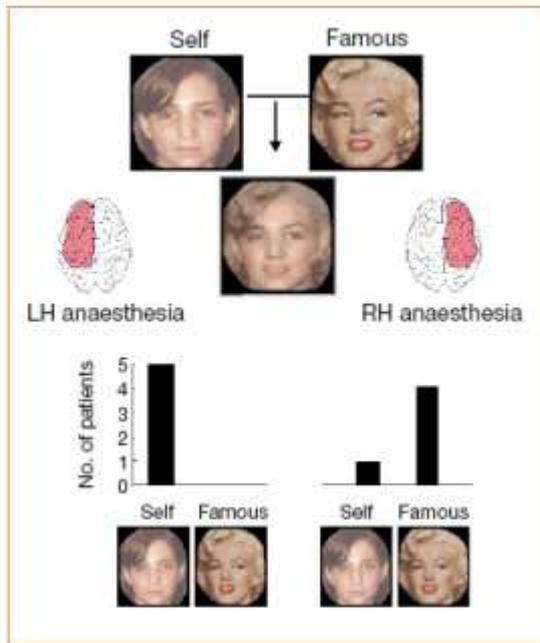


Figura 2: esempi di volti realizzati con la tecnica del morphing e risposte date dai soggetti in seguito rispettivamente a anestesia dell'emisfero sinistro e dell'emisfero destro (Keenan e coll., 2001).

Per verificare se tali effetti siano presenti anche nei soggetti normali, gli studiosi hanno presentato delle foto modificate con la tecnica del morphing a dieci volontari sottoposti a stimolazione magnetica transcranica (TMS). L'area corticale stimolata durante la presentazione delle foto corrispondeva alternativamente alla corteccia motoria destra e sinistra. I risultati mostrano che i potenziali evocati motori (MEPs) indotti dalla TMS erano significativamente maggiori nell'emisfero destro quando ai soggetti venivano mostrate foto contenenti elementi del proprio volto rispetto alla condizione di controllo. Da questi primi studi si è quindi ipotizzato che l'emisfero destro potesse rivestire un ruolo cruciale nell'elaborazione del sé.

Théoret e collaboratori (2004) hanno inoltre messo in evidenza come sia possibile osservare una modulazione dell'eccitabilità corticale anche quando i volti sono presentati per soli 100 ms e poi mascherati (Théoret e coll., 2004).

Successivamente Uddin e collaboratori (2006) hanno mostrato come l'inibizione temporanea della corteccia parietale dell'emisfero destro, ottenuta attraverso la tecnica di stimolazione magnetica

transcranica ripetitiva (rTMS), determini un'interferenza specifica in compiti di discriminazione fra proprio volto e volto altrui.

Infine, uno studio di Devue e coll., (2007) ha dimostrato ulteriormente come l'elaborazione del proprio volto coinvolga specificamente l'attivazione del giro frontale inferiore destro e dell'insula destra. Questo risultato, ottenuto durante un compito di riconoscimento del proprio volto o del volto di persone familiari attraverso la visione di immagini intatte o manipolate, ha dunque replicato le scoperte a proposito del coinvolgimento nel riconoscimento del self – volto del giro frontale inferiore e di quello dell'insula destra, che Sugiura (2000) aveva già precedentemente dimostrato essere implicata nel mantenimento dell'attenzione sostenuta relativamente a stimoli riguardanti la propria faccia.

Tutti questi dati sono quindi a sostegno di un coinvolgimento di un network fronto – parietale destro nella rappresentazione e nel riconoscimento del proprio volto.

1.4 Il riconoscimento del corpo

Sebbene esistano numerose evidenze concernenti il riconoscimento del volto, il corpus di ricerche inerenti il riconoscimento del corpo non è così consistente, poiché le neuroscienze hanno iniziato solo di recente ad occuparsi in maniera specifica dello stimolo “corpo”.

Evidenze provenienti da studi comportamentali, neuropsicologici e neurofisiologici sono in favore dell'ipotesi dell'esistenza di processi cognitivi e neurali separati per la percezione dei volti e per la percezione dei corpi, suggerendo quindi come anche per lo stimolo corpo esista un substrato neurale specifico.

I processi di riconoscimento visivo di viso e corpo condividono tuttavia alcuni aspetti comuni. A tale proposito una ricerca di Reed e coll., 2003 ha dimostrato che esiste un effetto inversione simile a quello per il volto anche per il corpo. È infatti stato messo in evidenza come la visione di un corpo rovesciato ne danneggi il riconoscimento e ne ritardi le risposte evocate, proprio come avviene a seguito della presentazione di volti rovesciati. Come per lo studio dell'elaborazione dei volti, anche per quanto riguarda il corpo studi elettrofisiologici e ricerche di neuroimaging hanno consentito di osservare le modificazioni dell'attività elettrica e dell'attività emodinamica in certe regioni cerebrali durante la visione di stimoli corporei. Di seguito verranno illustrate le scoperte più rilevanti in questo ambito.

Studi elettrofisiologici

Per quanto riguarda le risposte elettrofisiologiche evocate durante la percezione dei corpi uno studio di elettroencefalografia (EEG) elettrofisiologico su bambini di pochi mesi (Bertenthal e coll., 1987) ha dimostrato come bambini di 4–6 mesi riescano a discriminare un movimento compatibile con quello corporeo, creato tramite puntini luminosi, da quello creato tramite un pattern casuale. Bertenthal ha proposto che questa capacità richieda già ad un'età così precoce regole di elaborazione dello stimolo che includono la conoscenza del movimento tipico dell'uomo e della forma del corpo umano. Un'altra ricerca dello stesso autore (Bertenthal 1996) ha dimostrato come questa conoscenza non sia generalizzabile al mondo degli altri oggetti. Lo studio ha infatti permesso

di osservare che bambini della stessa età non riescono ad attuare la stessa discriminazione quando vedono display di punti luminosi che rappresentano un oggetto non familiare da versioni distorte dello stesso oggetto. Inoltre, è stato dimostrato come bambini di 8 mesi mostrino risposte evocate differenziali per display di punti luminosi che rappresentano immagini di corpi dritti o inversi e intatti o distorti. Queste differenze appaiono tra i 200 e i 400 ms dopo la presentazione dello stimolo, con preferenza per l'emisfero destro (Reid e coll., 2005).

Tale sensibilità in età così precoce per la configurazione del corpo in movimento risulta sorprendente se si considera che bambini di 12 mesi sembrano incapaci di scegliere la normale configurazione di un corpo statico tra configurazioni distorte di corpi, in cui ad esempio le braccia o le gambe non sono posizionate in punti corretti del corpo (Slaughter e coll., 2002). Una possibile spiegazione di questa contraddizione apparente potrebbe essere legata al fatto che i bambini di pochi mesi potrebbero essere in grado di elaborare solo gli aspetti più salienti del corpo, quale per esempio il movimento. L'esperimento di Slaughter però ha utilizzato immagini di corpi comprensivi del volto, condizione che lascia aperta anche la possibilità che i bambini abbiano manifestato incapacità nel discriminare correttamente i corpi in quanto in realtà incapaci di sganciare l'attenzione da stimoli altamente salienti come le facce.

Per quanto riguarda le risposte elettrofisiologiche selettive per gli stimoli corporei tipiche dei soggetti adulti, uno studio di Thierry e coll., (2006) ha dimostrato come esista un'onda che compare tra i 130 e i 230 ms dopo la presentazione dello stimolo e che raggiunge il massimo valore a 190 ms (denominata N190) che risponde ai corpi, alle figure stilizzate di corpi e alle silhouettes, ma che non si attiva per una visione distorta di tutti questi stimoli. La distribuzione spaziale della N190 differisce da quella della N170, in quanto le due onde originano da due punti diversi della corteccia occipito – temporale.

Per capire la differenza tra la codifica del corpo ad uno stadio cognitivo precoce e ad uno stadio cognitivo più maturo, Gliga & coll. (2006) hanno condotto uno studio ERP con immagini di visi e corpi intatti o distorti sia in un gruppo di adulti sia in un gruppo di bambini tra i 3 e i 5 mesi. In

questo studio le immagini dei corpi sono state presentate senza la testa, in modo da evitare il possibile problema metodologico della ricerca di Slaughter.

Per quanto riguarda gli adulti Gliga e coll., (2005) hanno replicato sia le evidenze sulla diversa latenza sia quelle sulla differente localizzazione della N190 rispetto alla N170. Relativamente allo studio sui bambini di tre mesi, invece, si è visto che la componente P400 sia modulata sia dalla configurazione dei volti sia da quella dei corpi. La visione di immagini distorte riguardanti questi stimoli evoca infatti risposte più deboli rispetto alle immagini intatte. Questo risultato indica dunque che bambini di appena 3 mesi hanno una conoscenza delle caratteristiche visive del corpo umano che riguardano non solo i volti, ma anche i corpi isolatamente, che in base a questo studio sembrano catturare l'attenzione dei neonati anche nella loro presentazione statica.

Studi di neuroimaging e di stimolazione magnetica transcranica

Uno studio di Downing e collaboratori del 2001 ha messo in evidenza una regione focale della corteccia occipito-temporale che risponde in modo molto elevato ad immagini statiche del corpo e delle sue parti, e che al contrario risponde in modo estremamente debole alla visione di volti, oggetti e parti di oggetti. Le risposte selettive per il corpo sono generalizzate anche a figure stilizzate e silhouettes, indicando che questa regione possiede una rappresentazione astratta del corpo. Proprio per questa sua selettività tale area è stata chiamata **Extrastriate Body Area (EBA)**, ossia Area Extrastriata del Corpo.

Successivamente Urgesi e collaboratori nel 2004 hanno indagato il ruolo di quest'area attraverso la tecnica di stimolazione magnetica transcranica (TMS).

In questo studio gli autori hanno temporaneamente inattivato alcune aree corticali per studiarne il ruolo funzionale (EBA, V1 e una falsa inattivazione usata come condizione di controllo), vedi Figura 3.

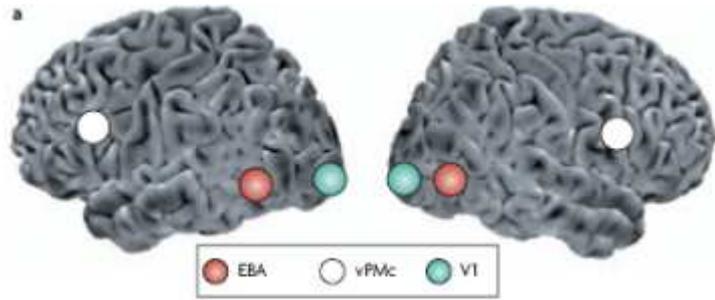


Figura 3: (a) aree inattivate durante lo studio TMS: area extrastrciata per il corpo (EBA), corteccia visiva (VI), corteccia premotoria utilizzata come condizione di controllo (vPMC). (Urgesi e coll., 2004)

I soggetti avevano il compito di riconoscere quale tra due stimoli di una coppia era uguale allo stimolo target presentato prima, tachistoscopicamente (vedi Figura 4). Gli stimoli utilizzati appartenevano a tre categorie: parti del corpo (mani, braccia, avambracci), parti del viso in posizione frontale e di profilo (naso, occhi, orecchie) e parti di motociclette in posizione frontale e di profilo.

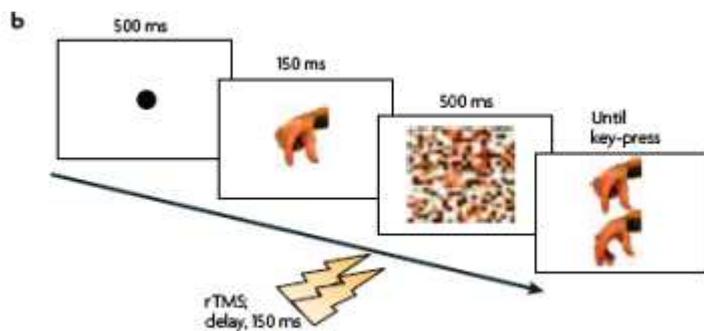


Figura 4: stimoli e tempi di presentazione (Urgesi e coll., 2004)

I risultati hanno evidenziato come una lesione virtuale dell'EBA, tramite rTMS, peggiori la prestazione dei soggetti in compiti di confronto visivo solo quando sono presenti stimoli raffiguranti parti del corpo (che non appartengono al volto), mentre tale inattivazione lascia intatta la prestazione dei soggetti quando sono presenti oggetti e parti del viso. Questi risultati sembrano quindi suggerire che non solo EBA è implicata in compiti che coinvolgono l'analisi di stimoli come il corpo e le sue parti, ma che tale area sia addirittura necessaria affinché un corretto riconoscimento del corpo e delle parti del corpo possa avvenire.

Inoltre, uno studio di Myers & Sowden (2008), grazie all'utilizzo di una particolare tecnica fMRI (fMRI Adaptation), ha evidenziato come EBA sia coinvolta anche nei processi di distinzione fra immagini di mani proprie e altrui. Recenti studi fMRI (Peelen, Wiggett e Downing, 2006; Peelen e Downing, 2005; 2007; Schwarzlose e , coll., 2005) hanno mostrato evidenze di una seconda area specializzata per il corpo e anatomicamente separata dall'EBA. Questa regione è stata denominata Fusiform Body Area (FBA), poiché è localizzata nel giro fusiforme. Peelen and Downing (2007) hanno dimostrato come, sottoponendo i soggetti ad una fMRI ad elevata risoluzione, possano essere identificate all'interno dell'area fusiforme del volto (FFA, Fusiform Face Area) due regioni distinte. Una è la FFA vera e propria, che risponde esclusivamente ai volti e non ai corpi, mentre l'altra area è stata denominata area fusiforme del corpo (FBA, Fusiform Body Area) poiché risponde solo ai corpi senza volto, alle parti del corpo e a rappresentazioni schematiche di quest'ultimo (vedi Figura 5).

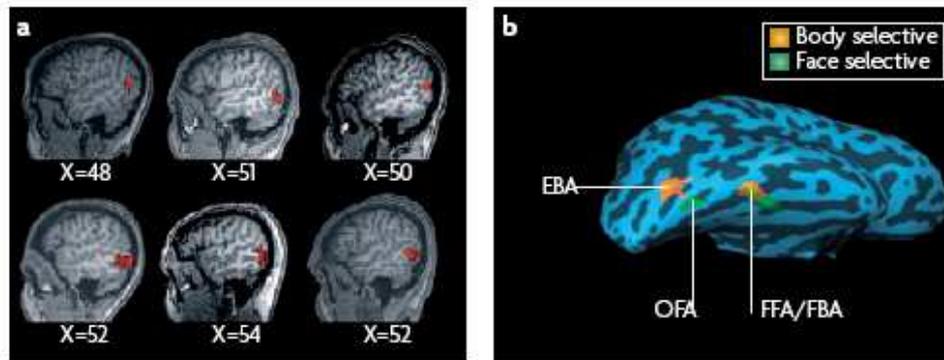


Figura 5: (a) localizzazione dell' EBA in sei soggetti di controllo. (b) regioni della corteccia visiva che rispondono a volti e a corpi in un cervello umano. In arancione sono indicate le aree selettive per il corpo, in verde quelle specifiche per i volti. I corpi e i volti hanno un'attivazione simile che non è tuttavia identica (area fusiforme per il corpo (FBA) e area fusiforme per i volti (FFA) rispettivamente). Più posteriormente a queste regioni sono riconoscibile altre due aree, anch'esse vicine ma ben distinte: EBA specifica per i corpi e OFA selettiva per i volti.(Peelen e Downing 2007)

Taylor & collaboratori (2007) ritengono che queste differenze anatomiche suggeriscono una possibile distinzione funzionale tra le due regioni che attribuirebbe ad EBA una maggiore selettività per le parti del corpo senza volto ed a FBA il ruolo di creare una rappresentazione maggiormente olistica del corpo.

1.5 Il riconoscimento del proprio corpo

L'ultima parte di questa sezione introduttiva riguarda il riconoscimento del proprio corpo, ossia di quello che viene denominato in inglese: self – body.

Lo studio della rappresentazione corporea si è basato su differenti metodiche e sull'esame di pazienti con lesioni cerebrali focali. Di seguito verranno presentati questi studi.

Uno studio fMRI di Devue (2007) ha misurato l'attività cerebrale in soggetti sani mentre venivano mostrate loro foto raffiguranti visi e corpi senza volto. Le foto potevano appartenere al soggetto stesso o a persone a lui familiari, divise per genere.

Il primo scopo dell'esperimento era di esaminare i meccanismi corticali sottostanti al riconoscimento visivo del proprio volto. Tale motivazione nasce dall'insufficiente presenza di risultati convergenti in una precisa localizzazione anatomica che sottenda il riconoscimento del proprio volto (Keenan, 1999, 2000; Turk, 2003; Platek, 2002). Gli studi precedenti erano notevolmente discordanti tra loro riguardo la stima della familiarità. Infatti, i volti che venivano presentati ai soggetti erano tutti sconosciuti e solo recentemente sono stati usati anche volti di persone famose o conosciute ai partecipanti. Comparando volti familiari con quelli del soggetto è possibile vedere effettivamente come avviene il riconoscimento del self (sé) rispetto all'other (altrui), senza l'influenza del fattore familiarità. Nello studio di Devue vengono appunto confrontati immagini del partecipante all'esperimento con immagini di persone a lui note. Queste foto venivano elaborate al computer e alterate.

Per quanto riguarda i volti, veniva modificata artificialmente la distanza fra gli occhi, mentre, per quanto riguarda le foto dei corpi, veniva alterata la dimensione dei fianchi (vedi Figura 6 e 7).

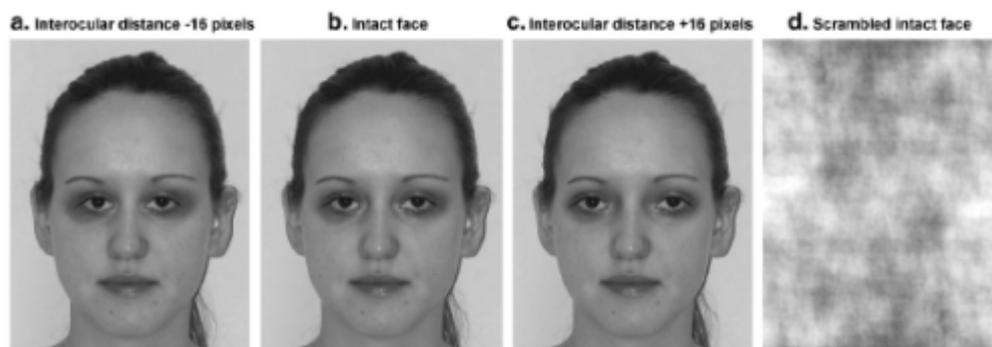


Figura 6: Esempio di stimoli di volti di partecipanti. Dalla foto originale (b) la distanza interoculare poteva essere ridotta di -15 pixel (a) o incrementata a +15 pixel. Per una delle due sessioni di controllo, la foto originale intatta era scomposta (scrambled) (d)(Devue e coll., 2007).

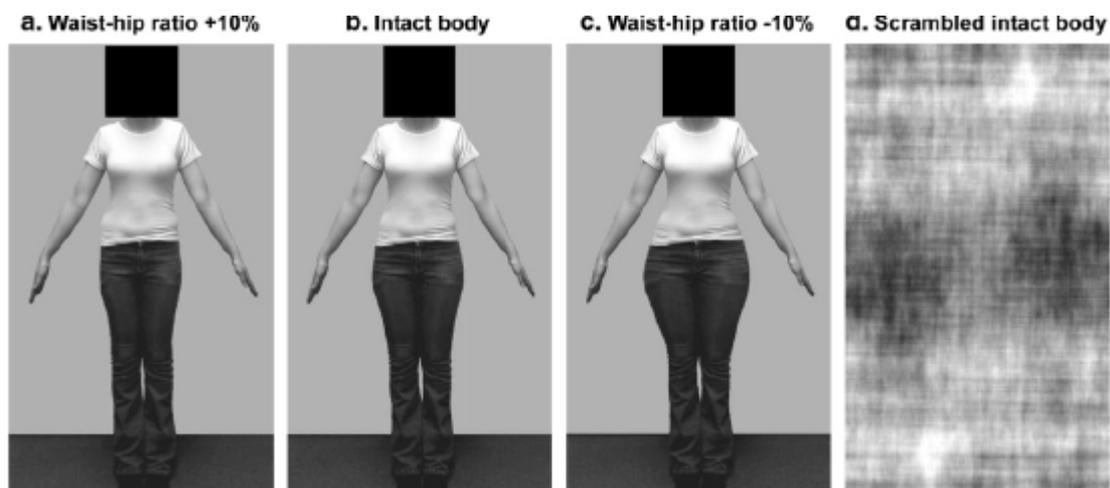


Figura 7: esempi di foto di corpi dei partecipanti. Dalla foto originale (b) i fianchi venivano modificati in modo da sembrare più magri (a) o più grassi (c); foto scrambled (d) (Devue e coll., 2007).

Il compito dei partecipanti era di esprimere un giudizio “intatto-alterato” sia riguardo immagini di sé stessi, sia in merito a immagini di persone conosciute.

Dal momento che vi erano pochi studi relativi al riconoscimento del proprio corpo o di parti del corpo, il secondo scopo della ricerca era quello di studiare i correlati neurali del riconoscimento visivo del corpo. Il compito rimaneva quello di esprimere un giudizio “intatto” o “alterato”.

L'uso delle forme del corpo e dei volti come stimoli era anche motivato dal terzo scopo della ricerca, cioè determinare quali regioni cerebrali sono selettivamente attivate nell'elaborazione del sé, indipendentemente dal tipo di stimolo presentato (corpo o volto). Le attivazioni cerebrali in seguito a presentazione di foto del corpo o del volto del soggetto sperimentale venivano comparate con quelle del volto e del corpo del soggetto familiare.

Oltre alle attivazioni cerebrali sono state prese in considerazione anche le risposte comportamentali dei soggetti. I dati comportamentali indicano che i volti intatti sono riconosciuti meglio dei corpi intatti e che i corpi modificati sono riconosciuti più accuratamente di quelli intatti. Per quanto riguarda i tempi di reazione, il riconoscimento dei volti è più veloce di quello dei corpi e l'elaborazione degli stimoli relativi a Sé è più veloce di quella relativa alle altre persone familiari.

I risultati di neuroimaging di questo studio mostrano che i volti attivano la corteccia occipitale. In particolare, la percezione dei volti è associata all'attività bilaterale a livello occipitale mesiale che si estende poi alla corteccia fusiforme destra e al cervelletto sinistro. Inoltre, è presente anche un'attivazione di una larga parte della corteccia frontale destra.

La percezione di corpi è associata all'attività del complesso bilaterale fusiforme e occipito laterale e all'attività del giro occipitale mesiale sinistro.

La comparazione tra volti intatti propri e quelli degli altri familiari mostra una risposta significativa nel giro frontale inferiore destro per il proprio volto e nessuna implicazione nel fusiforme sinistro, contrariamente a studi precedenti (Kircher, 2000, 2001; Sugiura, 2000, 2005).

L'attività legata al riconoscimento del proprio corpo intatto rispetto a quello dei familiari mostra risposte significative nel solco frontale superiore destro, nella corteccia cingolata di destra, nel giro frontale inferiore sinistro e nell'insula bilateralmente.

L'attività legata al riconoscimento del corpo del familiare rispetto al proprio mostra un'attivazione dell'opercolo parietale sinistro e delle strutture del lobo temporale mesiale destro della parte laterale dell'ippocampo.

Infine, la comparazione tra stimoli intatti del sé e dei familiari (indipendentemente dallo stimolo) presenta una risposta significativa nella regione dell'insula destra e del cingolo anteriore dorsale destro per i propri stimoli e del giro frontale inferiore destro, la cui implicazione è coerente con studi precedenti che riportano che tale regione è coinvolta nella distinzione tra il Sé e l'Altro (Uddin, 2005) o nell'elaborazione del proprio volto (Sugiura, 2000).

L'implicazione dell'insula destra (Kircher e coll., 2000; 2001) e sinistra (Sugiura e coll., 2000) nel riconoscimento visivo del proprio volto è stata già riportata in letteratura. Questa struttura ha anche un ruolo nel mantenere l'attenzione sulla rappresentazione del proprio volto (Sugiura e coll., 2000). Tali risultati sono coerenti con la dominanza emisferica destra nel riconoscimento del self e nella consapevolezza del self (Keenan, 2000; Platek, 2004 e 2006). I risultati mostrano quindi che le aree coinvolte nel riconoscimento di volto e corpo sembrano essere collocate vicine, ma distinte, nella corteccia occipitale (vedi FFA, area fusiforme implicata solo nel riconoscimento del volto e EBA, area extrastriata del corpo implicata solo nel riconoscimento del corpo). Inoltre vi è un'implicazione per entrambi del giro fusiforme destro.

Da questi risultati sembra pertanto che l'elaborazione del volto e del corpo sia parzialmente segregata nelle aree posteriori e che la distinzione tra Sé e Altro avverrebbe in diverse regioni anteriori. In particolare, gli stimoli relativi al Sé sarebbero elaborati per lo più nel giro frontale destro e nell'insula anteriore rispetto a stimoli relativi ad altri familiari.

Gli autori concludono che mentre le regioni posteriori sarebbero coinvolte in un primo livello di elaborazione, attuando una distinzione fra le varie parti del corpo, le regioni anteriori svolgerebbero un ruolo nel riconoscimento della persona.

Prendendo ora in considerazione gli studi condotti in pazienti con lesione cerebrale focale, un primo studio (Frassinetti e colleghi 2008) si è posto lo scopo di esaminare se il riconoscimento di parti del corpo proprie sia indipendente dal riconoscimento di parti del corpo altrui. Se così fosse, la funzione di riconoscimento di parti del corpo proprie potrebbe essere compromessa selettivamente in seguito ad una lesione di una determinata area cerebrale. Al fine di indagare questa ipotesi sono

stati esaminati pazienti con lesione cerebrale destra, sinistra, e soggetti neurologicamente sani, sottoposti ad un compito di riconoscimento visivo. Gli stimoli riguardavano parti del corpo proprie o altrui. In ogni prova, tre stimoli dello stesso tipo venivano presentati allineati verticalmente al centro di un monitor. In alcune prove almeno uno stimolo apparteneva al soggetto sperimentale (self), mentre nelle altre prove (other) nessuno stimolo apparteneva al soggetto sperimentale. Il compito del soggetto era quello di individuare quale, tra la figura posta in alto e quella in basso, era uguale a quella presentata al centro che fungeva da elemento di confronto (vedi Figura 8). Il compito era pertanto implicito, non veniva cioè richiesto di identificare quale tra le parti del corpo presentate fosse la propria o quella di altre persone.

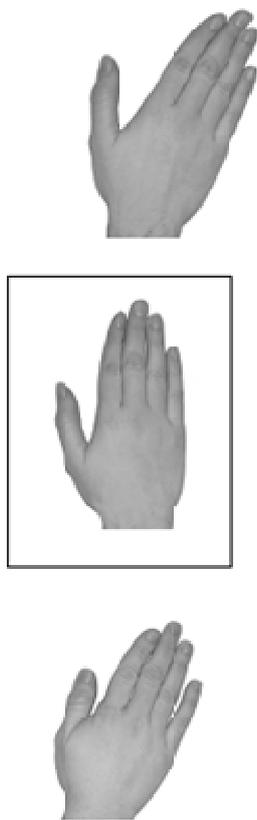


Figura 8: Esempio di una prova

I risultati hanno mostrato come i soggetti neurologicamente sani fossero più veloci ed accurati a svolgere il compito quando erano presenti parti del proprio corpo rispetto a quando venivano presentate solamente parti del corpo altrui. I pazienti affetti da lesione emisferica sinistra hanno mostrato lo stesso tipo di risultato, mentre i pazienti con lesione destra commettevano più errori nel riconoscimento delle proprie parti del corpo rispetto a quelli con lesione sinistra ed ai soggetti di controllo. Al contrario, i pazienti con lesione destra non differivano in maniera significativa dai pazienti con lesione sinistra e dai controlli nel riconoscere le parti del corpo altrui.

La facilitazione nell'elaborare implicitamente le proprie parti del corpo mostrata dei soggetti neurologicamente sani e dai pazienti con lesione cerebrale sinistra è stata definita: self-advantage.

Tale effetto non emergeva nei pazienti con lesione cerebrale destra, rivelando un deficit nell'elaborare le proprie parti del corpo. Inoltre, le lesioni dei pazienti suggeriscono che il processo di riconoscimento delle proprie parti del corpo sia sotteso da uno specifico network nell'emisfero di destra, che coinvolge le aree frontali e parietali (vedi Figura 9). Il ruolo di questo circuito neurale è stato dimostrato dal fatto che la prestazione dei pazienti nel riconoscimento delle parti del corpo proprie era peggiore nei pazienti nei quali queste aree risultavano danneggiate dalla lesione. Tale peggioramento nella prestazione non è invece risultato evidente in pazienti cerebrolesi destri la cui lesione non coinvolgeva queste aree fronto-parietali.



Figura 9: sovrapposizione delle lesioni dei pazienti presi in esame nello studio di Frassinetti e coll., 2008.

I risultati di questa ricerca mostrano che l'emisfero destro svolge una funzione di riconoscimento delle proprie parti del corpo, attraverso un circuito fronto-parietale. Tale circuito svolgerebbe quindi un ruolo cruciale nel distinguere il self dal non self.

Un lavoro recente di Frassinetti e coll., (2010) ha inoltre dimostrato come nei pazienti con lesione destra si possa osservare una dissociazione tra l'elaborazione delle proprie parti del corpo e le proprie parti del viso. Questo studio descrive pazienti con lesione cerebrale destra che non mostrano "self – advantage" per le parti del corpo, ma che presentano però una facilitazione ad elaborare le proprie parti del viso rispetto a quelle altrui. Da questo studio dunque gli autori hanno osservato come sia possibile suggerire l'esistenza di una rappresentazione modulare del sé corporeo all'interno di un network fronto – parietale destro.

Gli studi sin ora descritti documentano il riconoscimento del Sé corporeo in soggetti adulti, mentre per quanto concerne lo sviluppo delle capacità di elaborazione del sé corporeo, la maggior parte degli studi condotti si è focalizzata su una particolare forma di riconoscimento del sé, il riconoscimento di sé allo specchio. Il riconoscimento della propria immagine allo specchio rappresenta uno degli indici comportamentali più forti in grado di dimostrare la presenza di un riconoscimento esplicito di sé in bimbi di 14-18 mesi (Amsterdam 1972; Berenthal & Fisher, 1978; Lewis & Brooks, 1978; Marsh e coll., 2002). Studi più recenti sembrano favorire tuttavia l'ipotesi che i bambini sviluppino la capacità di discriminare il sé dall'altro molto prima di saper riconoscere la propria immagine allo specchio (Rochat & Striano, 2002). Rochat e Striano (2002) riportano, infatti, come già a 4 mesi i bambini sembrano percepire ed agire diversamente quando sono presentati allo specchio volti propri rispetto a volti di altri sconosciuti: i bambini, oltre a sorridere di più ai volti altrui, li guardano per maggior tempo rispetto a quando osservano stimoli raffiguranti il proprio corpo. Poiché i bambini tendono a guardare più a lungo gli stimoli nuovi rispetto a quelli a loro già noti (Fants, 1964; Harel e coll., 2010), si può concludere che le immagini raffiguranti il corpo altrui vengano percepite come qualcosa di nuovo rispetto a stimoli raffiguranti il proprio corpo, dimostrando quindi una capacità precoce dei bambini a differenziare fra sé ed altro allo

specchio. Il riconoscimento di sé allo specchio rappresenta tuttavia solo un particolare aspetto del riconoscimento del sé corporeo e non costituisce il modo in cui noi normalmente percepiamo e riconosciamo il nostro corpo (Knoblich, 2002). Inoltre, pochi studi si sono focalizzati sulla capacità dei bambini di distinguere il proprio corpo da quello altrui.

Un recente studio del gruppo di Frassinetti (Frassinetti e coll., 2011) ha voluto indagare il riconoscimento del sé corporeo e lo sviluppo delle basi neurali che sottendono tale funzione in un gruppo di bambini con sviluppo tipico dai 4 ai 17 anni, ed in 17 bambini con lesione cerebrale unilaterale (5 con lesione emisferica destra e 12 con lesione emisferica sinistra). Il compito sperimentale era lo stesso utilizzato nello studio di Frassinetti e collaboratori del 2008, descritto precedentemente. I risultati mettono in evidenza come i bambini con sviluppo tipico, già a partire dai 4 anni, presentano l'effetto self-advantage mostrato dai soggetti adulti. Tale facilitazione ad elaborare implicitamente gli stimoli appartenenti al sé era presente sia quando venivano presentate loro parti del volto che parti del corpo. Inoltre, lo studio dei giovani pazienti ha messo in evidenza una doppia dissociazione: i bambini con lesione cerebrale destra erano svantaggiati nello svolgere il compito quando erano presenti parti del corpo proprio rispetto a quando erano presenti parti del corpo altrui (self-disadvantage), mentre i bambini con lesione cerebrale sinistra mostravano un deficit nell'elaborazione delle parti del corpo altrui, ma non nell'elaborazione delle proprie parti del corpo (other-disadvantage). Infine, poiché questa doppia dissociazione è stata trovata per le parti del corpo, ma non per le parti del volto, sembra che i processi del sé per le parti del volto e per le parti del corpo siano sottesi da circuiti cerebrali differenti. E' inoltre interessante notare che i pazienti adulti con lesione cerebrale sinistra (vedi Frassinetti e coll., 2008) non presentavano alcun svantaggio nell'elaborare parti del corpo altrui.

Esistono almeno due possibili spiegazioni di questa discrepanza fra adulti e bambini. Una prima spiegazione potrebbe essere dovuta al fatto che il cervello dei bambini è ancora in corso di sviluppo e che il modulo deputato al riconoscimento del corpo altrui potrebbe essere attivo solo in un particolare momento dello sviluppo e non quando il cervello è arrivato a piena maturazione. Un

ulteriore spiegazione potrebbe essere dovuta a lesioni differenti nei due campioni di pazienti presi in esame nei due studi. Comparando infatti le ricostruzioni dei due gruppi di pazienti è possibile notare come le lesioni dei pazienti adulti fossero più anteriori rispetto a quelle dei bambini (Vedi Figura 10). Ulteriori studi neuroanatomici potranno disambiguare fra queste due ipotesi.

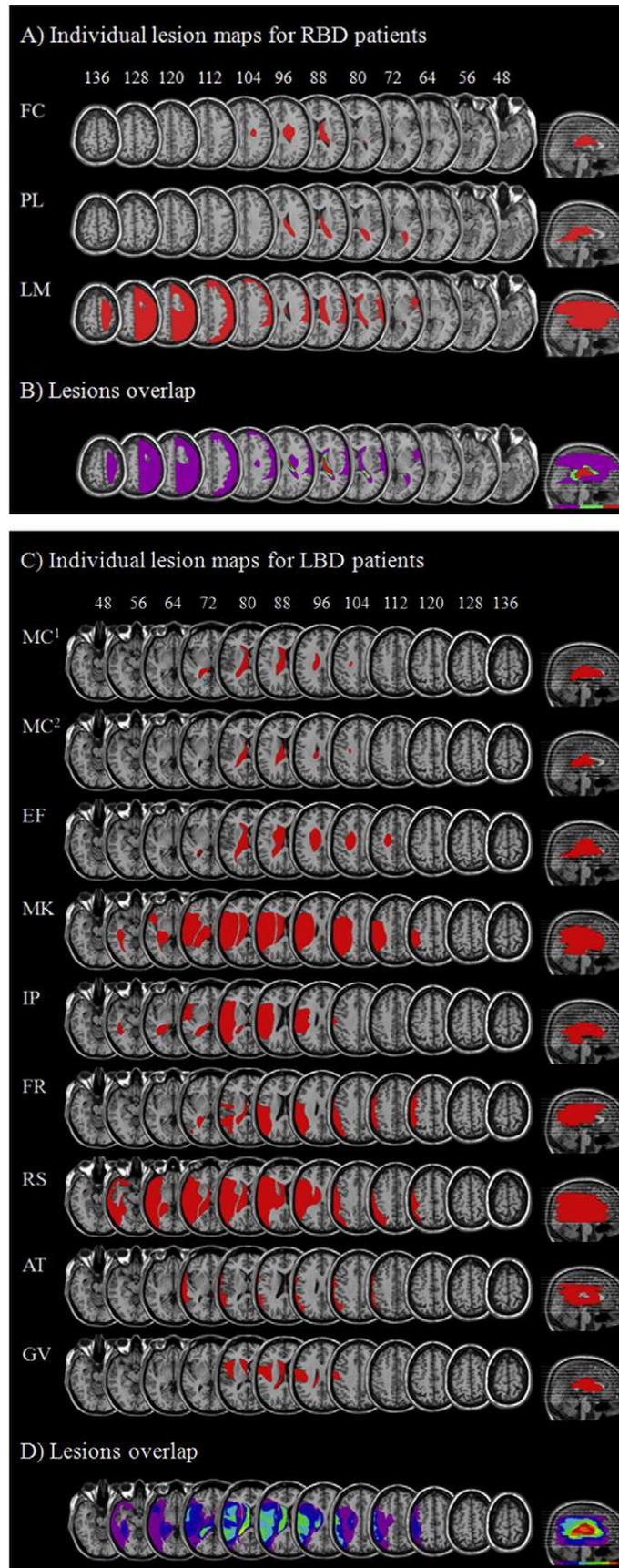


Figura 10: lesioni individuali dei tre pazienti con lesione cerebrale destra (A) e sinistra (C); sovrapposizione delle lesioni dei tre pazienti con lesione cerebrale destra (B) e dei 9 pazienti con lesione cerebrale sinistra (D)

Infine un'ultima considerazione riguarda il tipo di riconoscimento richiesto in questi ultimi studi descritti. È bene infatti precisare che negli esperimenti che hanno messo in evidenza l'effetto self-advantage veniva richiesto un riconoscimento del proprio corpo e delle proprie parti del corpo di tipo *implicito* (Frassinetti e coll., 2008, 2010, 2011). A tale proposito, Ferri e collaboratori (2011) hanno condotto uno studio con lo scopo di verificare se la simulazione motoria possa spiegare il manifestarsi dell'effetto self-advantage e se tale facilitazione a svolgere un compito di matching quando sono presenti proprie parti del corpo, sia presente anche quando viene richiesto un compito di *esplicito*.

Per verificare il primo punto Ferri e collaboratori (2011) hanno sottoposto un gruppo di soggetti neurologicamente sani ad un compito di giudizio di lateralità (destra o sinistra), in cui venivano presentate ai soggetti mani con differenti orientamenti, del soggetto sperimentale (self) o di altri partecipanti (other). Inoltre, i ricercatori hanno condotto un secondo esperimento in cui veniva richiesto ai soggetti di riconoscere esplicitamente le proprie mani dalle mani di altre persone allo scopo di verificare se, anche in condizione di riconoscimento esplicito del proprio corpo, era possibile assistere all'effetto self-advantage. I risultati mostrano che i soggetti presentano il self advantage nel compito di giudizio di lateralità (riconoscimento implicito), ma non nel secondo esperimento in cui veniva richiesto loro un riconoscimento di tipo esplicito. Gli autori ritengono che la facilitazione ad elaborare le proprie parti del corpo rispetto a quelle altrui nel compito implicito, dipenda dal fatto che con questo tipo di paradigma gli stimoli rappresentanti le parti del corpo del soggetto sperimentale corrispondono perfettamente con la rappresentazione sensorimotoria della medesima parte del corpo, determinando così un riconoscimento implicito delle proprie parti del corpo. Proprio tale riconoscimento implicito faciliterebbe quindi la prestazione dei soggetti e sarebbe alla base dell'effetto di self-advantage. Il riconoscimento esplicito del proprio corpo richiederebbe invece un processo cognitivo differente, che non elicitava la natura motoria del sé e di conseguenza non consente al self-advantage di emergere.

Capitolo 2.

Esperimento - Il riconoscimento implicito del Sé: un approccio basato sulle variazioni di eccitabilità corticospinale

Il presente esperimento è stato condotto presso il laboratorio INSERM di Lione (Francia) ed è attualmente in revisione per la pubblicazione sulla rivista European Journal of Neuroscience, con il titolo e gli autori elencati di seguito.

Increases of corticospinal excitability in self-related processing

Silvia Salerno, Elisa Zamagni, Christian Urquizar, Romeo Saleme,
Alessandro Farnè, Francesca Frassinetti

2.1. Abstract

Il ruolo dei circuiti fronto-parietali dell'emisfero destro nel riconoscimento del sé corporeo è stato ben documentato in maniera convergente da studi comportamentali, neuropsicologici e di neuroimmagine. Anche l'incremento dell'eccitabilità corticale, indagata tramite la tecnica di stimolazione magnetica transcranica (TMS) conferma il ruolo dell'emisfero destro nei processi legati al sé. Tuttavia, l'evidenza di una modulazione dell'eccitabilità corticale in seguito alla presentazione di stimoli propri è per ora limitata a stimoli raffiguranti volti, che per definizione, esprimono direttamente l'identità delle persone. In questo studio è stata verificata l'ipotesi che la visione della propria mano, rispetto alla visione della mano di un'altra persona, coinvolga gli stessi processi messi in precedenza in evidenza per lo stimolo volto. Un gruppo di soggetti neurologicamente sani è stato pertanto sottoposto ad un classico paradigma TMS al fine di valutare i mutamenti nell'eccitabilità corticospinale dell'emisfero cerebrale destro (Esperimento 1) e dell'emisfero cerebrale sinistro (Esperimento 2) in seguito alla presentazione di immagini raffiguranti una mano statica, che poteva appartenere al soggetto sperimentale (Self) o ad un'altra persona (Other). Come controllo della specificità per stimoli corporei, ai soggetti è stata anche presentata l'immagine di un oggetto sempre relato alla mano, ma non corporeo, un telefono cellulare, che poteva analogamente appartenere al soggetto sperimentale oppure ad altri partecipanti. I risultati hanno mostrato che solo la stimolazione dell'emisfero destro induce un incremento dell'eccitabilità corticospinale in seguito alla presentazione di stimoli propri rispetto a stimoli altrui. Tale modulazione dell'eccitabilità corticospinale appare a 600 ms ed è mantenuta a 900 ms, ma non si osserva ad intervalli temporali più precoci (100 e 300 ms). Lo stesso pattern di risultati è stato osservato sia in seguito alla presentazione della mano sia in seguito alla presentazione del telefono cellulare, suggerendo che ciò che ci appartiene potrebbe essere elaborato attraverso processi neurali almeno parzialmente sovrapposti.

2.2. Introduzione

Studi recenti hanno messo in evidenza come nel cervello umano siano presenti aree deputate all'elaborazione del corpo (Fusiform Body Area-FBA), di parti del corpo (Extrastriate Body Area-EBA), (Downing e coll., 2001; Urgesi e coll., 2007; Uddin e coll., 2006; Devue e coll., 2007; Sugiura e coll., 2006) e circuiti specifici per l'elaborazione delle proprie parti del corpo e delle parti del corpo altrui (Frassinetti e coll., 2008; 2009; 2010; Keenan e coll., 2000a; 2001; Sugiura e coll., 2006, Hodzic e coll., 2009). Frassinetti e colleghi (2008; 2009) hanno riportato una facilitazione a livello comportamentale (il cosiddetto self-advantage) quando soggetti neurologicamente sani e pazienti con lesione cerebrale sinistra sono sottoposti ad un semplice compito di confronto visivo in cui sono presenti parti del proprio corpo rispetto a parti del corpo altrui (mano, piede). In questo stesso compito, i pazienti con lesione cerebrale destra non presentano l'effetto self-advantage, mettendo così in luce un ruolo chiave dell'emisfero destro nei processi di riconoscimento del sé corporeo.

La Stimolazione Magnetica Transcranica (TMS) ha consentito di chiarire il ruolo rivestito dall'emisfero cerebrale destro nell'elaborazione dei propri volti. Keenan e colleghi (2001) hanno mostrato come la presentazione di volti propri modificati con la tecnica del morphing (vedi paragrafo 1.2.2. dell'introduzione per una trattazione più estesa di tale studio), sia associata ad un incremento dell'eccitabilità corticospinale nell'emisfero destro rispetto a quella osservata nell'emisfero sinistro. Gli stessi risultati emergono in seguito alla presentazione di volti propri nonostante vengano sottoposti ad una tecnica di mascheramento (Théoret e coll., 2004). Inoltre, Uddin e collaboratori (2006) riportano come la stimolazione magnetica transcranica ripetitiva applicata a livello del lobulo parietale inferiore dell'emisfero destro, possa interferire selettivamente con la prestazione dei soggetti in compiti di discriminazione di volti propri ed altrui. Tali risultati sembrano favorire l'idea che l'emisfero destro sia dominante nei processi di riconoscimento del proprio volto. Esistono invece pochi studi che hanno indagato se l'elaborazione delle proprie parti del corpo (come ad esempio la mano) coinvolga le stesse aree deputate all'elaborazione del proprio

volto. A tale riguardo, Patuzzo e collaboratori (2003) riportano che in seguito alla visione di video di movimenti di estensione e flessione delle dita di una mano si osserva un incremento dei potenziali evocati motori (MEP, vedi Fadiga e coll, 1995), ma che tale modulazione dell'eccitabilità corticospinale non differisce in seguito alla presentazione di movimenti propri o altrui. È bene però evidenziare che l'emisfero preso in considerazione da questo studio era l'emisfero sinistro. Funase e colleghi (2007) hanno invece riportato che l'osservazione diretta e indiretta (tramite uno specchio) di movimenti della propria mano induceva un incremento dell'ampiezza dei MEP. Tuttavia, in questo studio era utilizzata sempre e solo la mano del soggetto sperimentale (Self). Rimane pertanto da chiarire se l'eccitabilità corticale motoria dell'emisfero destro sia sensibile esclusivamente a stimoli esprimenti in maniera nettamente esplicita l'identità del soggetto (volti) o se rifletta anche processi legati al sé riguardanti stimoli che contengono informazioni del sé in maniera meno esplicita dei volti, come nel caso delle proprie parti del corpo.

Nel presente studio abbiamo voluto verificare l'ipotesi che la visione della propria mano, rispetto alla visione della mano di un altro soggetto, determini una modificazione in termini di eccitabilità corticospinale. A tale scopo, un gruppo di soggetti neurologicamente sani è stato sottoposto ad un classico paradigma di TMS a singolo impulso al fine di valutare i cambiamenti nell'eccitabilità corticospinale della corteccia motoria dell'emisfero destro (Esperimento 1) e sinistro (Esperimento 2) mentre ai soggetti venivano presentate delle immagini statiche raffiguranti la propria mano (Self) o quella di qualcun altro (Other). Come controllo per verificare la specificità dei processi del sé corporeo, ai soggetti è stata presentata anche l'immagine di un oggetto, sempre relato alla mano ma non corporeo, ossia un telefono cellulare, che in maniera simile alla mano poteva appartenere al soggetto sperimentale oppure ad altri partecipanti. Come indice dell'eccitabilità corticospinale, sono state registrate le ampiezze dei MEP dal muscolo interosseo dell'indice della mano controlaterale (FDI) rispetto all'emisfero stimolato. Una maggiore ampiezza dei MEP in seguito alla presentazione di stimoli propri rispetto ad altrui costituirà l'evidenza che l'eccitabilità corticospinale è influenzata da processi di riconoscimento del sé corporeo. Un

different pattern d'eccitabilità corticospinale tra i due emisferi esaminati (destro e sinistro), costituirà invece l'evidenza di una differenza interemisferica nei processi d'elaborazione del proprio corpo.

2.3. Materiali e metodi

Esperimento 1

Partecipanti

Un gruppo di 12 partecipanti destrimani (8 femmine; range 24-36 anni, media 29 anni) senza precedenti disturbi neurologici e/o psichiatrici hanno preso parte allo studio, dopo aver fornito il loro consenso informato. Tutti i partecipanti erano naïve in merito allo scopo dello studio. L'esperimento è stato approvato dal comitato etico dell'INSERM, e condotto in accordo con la Dichiarazione di Helsinki.

Stimoli e procedure

Gli stimoli erano costituiti da foto a colori della mano sinistra dei partecipanti (vedi Figura 1) e del loro cellulare. Le fotografie sono state scattate con l'utilizzo di una fotocamera digitale, prima di ciascuna sessione. Undici soggetti possedevano il loro cellulare da più di un anno, mentre un solo soggetto possedeva il proprio cellulare da tre mesi. Le fotografie sono state scattate in un ambiente illuminato indirettamente mentre i soggetti restavano in piedi contro uno sfondo nero. Le immagini sono state poi equalizzate utilizzando Adobe Photoshop al fine di ridurre tutte le variazioni visive, come luminosità e contrasto.

In ciascuna prova due immagini della stessa categoria (es. due mani o due cellulari; 50 % di prove per ciascuna categoria di stimoli), sono state presentate in successione. Gli stimoli potevano appartenere allo stesso soggetto sperimentale (prova "uguale", 50 %), o a due persone differenti (prova "differente", 50 %). In metà delle prove il primo stimolo nella coppia rappresentava la mano o il cellulare del partecipante ("Self"), mentre nell'altra metà delle prove il primo stimolo della coppia raffigurava la parte del corpo o il cellulare di altri partecipanti ("Other"). Il singolo impulso TMS è stato somministrato in maniera random a 300, 600 o 900 ms dopo l'onset della prima immagine.

Lo studio era progettato come un disegno 2x2x3 con Stimoli (Mano, Cellulare), Appartenenza (Self, Other) e Intervallo (300, 600, 900 ms) come variabili. Ciascuna condizione è

stata ripetuta 6 volte per blocco, per un totale di 72 prove per blocco. Due blocchi sono stati presentati nella stessa sessione sperimentale, per un totale di 144 prove. Le condizioni sperimentali sono state tutte completamente randomizzate. Una breve sessione di pratica prima della sessione sperimentale è stata svolta al fine di consentire ai partecipanti di familiarizzare con il compito.

La struttura temporale di ciascuna prova è illustrata nella figura 1 sottostante.

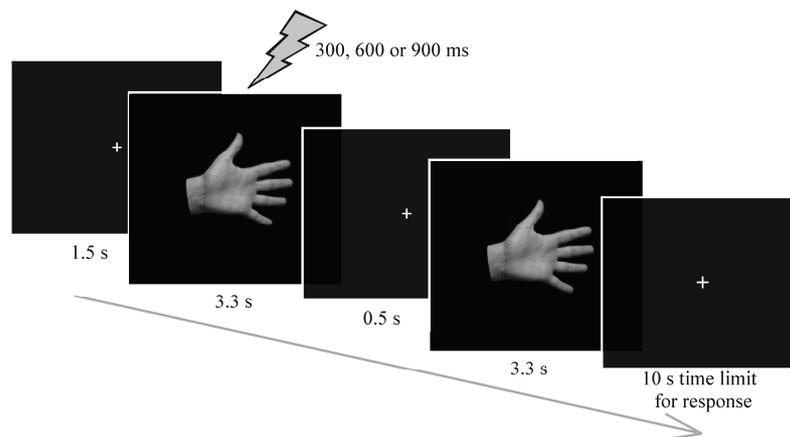


Figura 1

Successione temporale degli eventi della procedura sperimentale

Ciascuna prova iniziava con un croce di fissazione, presentata al centro dello schermo (1500 ms di durata), seguita dalla presentazione sequenziale delle due immagini. La prova veniva interrotta non appena il soggetto forniva la risposta, ed aveva in ogni modo una durata massima di 10 s. I partecipanti sedevano di fronte allo schermo del computer, alla distanza di 50 cm. La presentazione e la randomizzazione dell'esperimento è stata controllata attraverso il software Presentation® (Neurobehavioral Systems), installato su un personal computer. Il tempo tra le prove veniva determinato manualmente dall'esaminatore. Al fine di mantenere l'attenzione del soggetto durante il compito, i soggetti venivano istruiti a decidere se le due immagini della coppia appena mostrate erano fisicamente "Uguali" o "Diverse", senza considerare l'identità, premendo uno di due bottoni precedentemente assegnati con l'indice della mano sinistra (Keenan e coll., 2000b).

Stimolazione Magnetica Transcranica

La registrazione elettromiografica (EMG) è stata effettuata dal primo muscolo dorsale interosseo della mano sinistra utilizzando un elettrodo di superficie, disposto sopra il muscolo. L'elettrodo di terra è stato posto sul gomito sinistro. Il segnale EMG è stato amplificato 1000 volte grazie al sistema BagnoliTM, filtro di banda 25-250Hz, con una frequenza di campionamento di 2 kHz e digitalizzato usando il sistema BioPac MP100 (<http://www.biopac.com>). Uno stimolatore MagStim Rapid² (The Magstim Company, Company, Carmarthenshire, Wales, UK) è stato utilizzato con una bobina (coil) standard a forma di otto, di 70 mm di diametro. Prima, la posizione ottimale dello scalpo sopra l'area motoria della mano è stata individuata determinando il punto dello scalpo in cui, a seguito della stimolazione ad intensità più bassa, era possibile evocare il potenziale motorio di maggiore ampiezza. Quindi, l'intensità del singolo impulso TMS è stata aggiustata al fine di evocare un media picco a picco dei MEP di circa 0,5 mV in una serie di 10 impulsi consecutivi in una condizione che fungeva da linea di base (baseline). Per stimolare la corteccia motoria primaria (M1), il coil è sempre stato posto in maniera tangenziale allo scalpo, con il manico che formava un angolo di 45° al fine di indurre una corrente postero-anteriore attraverso il solco centrale. Tra le sessioni sperimentali il coil è stato tenuto fermo in posizione grazie all'ausilio di un braccio meccanico fissato su un treppiede di altezza regolabile. Inoltre, uno sperimentatore restava sempre dietro al soggetto al fine di controllare costantemente la posizione del coil, correggendo la postura della testa del soggetto in caso di piccoli movimenti involontari da parte del soggetto. In base ai risultati ricavati da un precedente studio pilota, gli impulsi TMS sono stati somministrati a 300, 600 o 900ms dopo la presentazione della prima immagine della coppia, in maniera sincronizzata con il programma che consentiva la presentazione degli stimoli. La precisione temporale di tali impulsi è stata verificata con l'ausilio di un oscilloscopio. Due baseline (di 10 impulsi ciascuna) sono state raccolte, una prima e una dopo ogni sessione sperimentale. La media delle baseline è stata calcolata e utilizzata per normalizzare l'ampiezza dei MEP. Per ciascuna prova, l'ampiezza dei MEP è stata espressa come percentuale della media picco a picco della baseline.

Esperimento 2

Partecipanti

Un gruppo di 12 partecipanti destrimani (8 femmine; range 19-39 anni, media 22 anni) senza storie di precedenti disturbi neurologici e/o psichiatrici hanno preso parte allo studio, dopo aver fornito il loro consenso informato. Tutti i partecipanti erano naïve in merito allo scopo dello studio.

L'esperimento è stato approvato dal comitato etico dell'INSERM, e condotto in accordo con la Dichiarazione di Helsinki.

Stimoli e procedure

Gli stessi stimoli e la stessa procedura dell'Esperimento 1 sono state adottate in quest'esperimento, con l'unica eccezione che in quest'esperimento le fotografie raffiguravano la mano destra dei partecipanti. Anche la risposta dei soggetti veniva fornita attraverso la mano destra.

Stimolazione Magnetica Transcranica

Lo stesso protocollo TMS dell'Esperimento 1 è stato adottato in quest'esperimento, ad eccezione dell'emisfero stimolato. In quest'esperimento veniva infatti stimolato l'emisfero sinistro e registrata l'attività elettromiografica dal muscolo FDI della mano destra.

Esperimento 3

Al fine di indagare la presenza di qualche effetto ad intervalli temporali più precoci (100 ms), così come evidenziato in studi precedenti in cui veniva indagato lo stimolo volto (Théoret e coll., 2004), sei soggetti (5 femmine, range 26-39 anni, media 31 anni) del gruppo di partecipanti dell'Esperimento 1, sono stati sottoposti anche a quest'esperimento.

Stimoli e procedure

Gli stessi stimoli e la stessa procedura dell'esperimento 1 è stata adottata in quest'esperimento.

Stimolazione Magnetica Transcranica

Lo stesso protocollo TMS è stato utilizzato ad eccezione del fatto che è stato utilizzato come unico intervallo di stimolazione, l'intervallo di 100 ms.

2.4. Risultati

Esperimento 1

I partecipanti sono stati molto accurati nello svolgimento del compito (accuratezza media per la Mano=98% e per il cellulare=98%). Un'ANOVA è stata condotta sulla media delle percentuali dei MEP con Stimoli (Mano vs. Cellulare), Appartenenza (Self vs. Other) e Intervallo (300, 600, 900 ms) come variabili a misure ripetute. Il test post-hoc di LSD Fisher è stato applicato. Non è stato osservato nessun effetto principale delle variabili Stimoli, Appartenenza e Intervallo. Solo l'interazione Appartenenza x Intervallo è risultata essere significativa ($F_{2,22} = 5.06$, $P < 0.02$): come illustrato dalla Figura 2A, l'ampiezza dei MEP era maggiore in seguito alla presentazione di stimoli self rispetto che a quando venivano presentati stimoli other a 600 ms ($p < 0.04$) e a 900 ms ($p < 0.04$), ma non a 300 ms (vedi Figura 2).

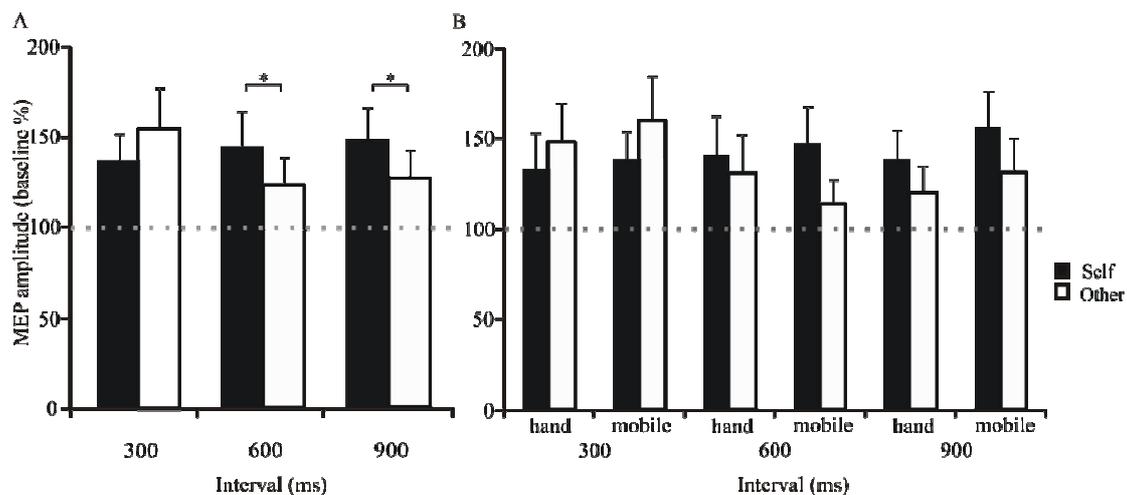


Figura 2

Media dell'ampiezza dei MEP dell'emisfero destro calcolata per condizioni self e other, a seguito della stimolazione dell'emisfero destro per mano e cellulare indistintamente (A); per mano e cellulare separatamente (B). La linea orizzontale rappresenta la baseline. Gli asterischi indicano le differenze significative fra le condizioni ($*=p < .05$). Le linee verticali indicano il S.E.M. (standard error mean).

L'interazione triplice che include anche la variabile Stimoli (Mano vs. Cellulare), è lontana dalla significatività ($p=0.54$). Come illustrato nella Figura 2, l'ampiezza dei MEP era modulata in maniera simile nei vari intervalli temporali, a prescindere dalla natura dello stimolo osservato. Al fine di comprendere meglio gli effetti emersi a 600 e 900 ms sono stati condotti dei confronti t-test ad una coda. Abbiamo pertanto analizzato i dati relativi sia alla mano che al cellulare, contrastando la variabile appartenenza (self vs. other). Il contrasto Self vs. Other è significativamente differente a 600 ms per il cellulare ($p<0.003$) e marginalmente significativo a 900 ms per la mano ($p=0.089$), confermando il contributo congiunto dei due tipi di stimoli, così come emerge anche dalla mancata significatività delle triplice interazione.

Esperimento 2

I partecipanti sono stati molto accurati nello svolgimento del compito (accuratezza media per la Mano= 94% e per il cellulare= 98%). Un'ANOVA è stata condotta sulla media delle percentuali dei MEP con Stimoli (Mano vs. Cellulare), Appartenenza (Self vs. Other) e Intervallo (300, 600, 900 ms) come variabili a misure ripetute. Nessun effetto principale delle variabili e nessuna delle interazioni è risultata essere significativa.

L'interazione triplice che include anche la variabile Stimoli (Mano vs. Cellulare), è lontana dalla significatività ($p=0.63$), come illustrato nella Figura 3.

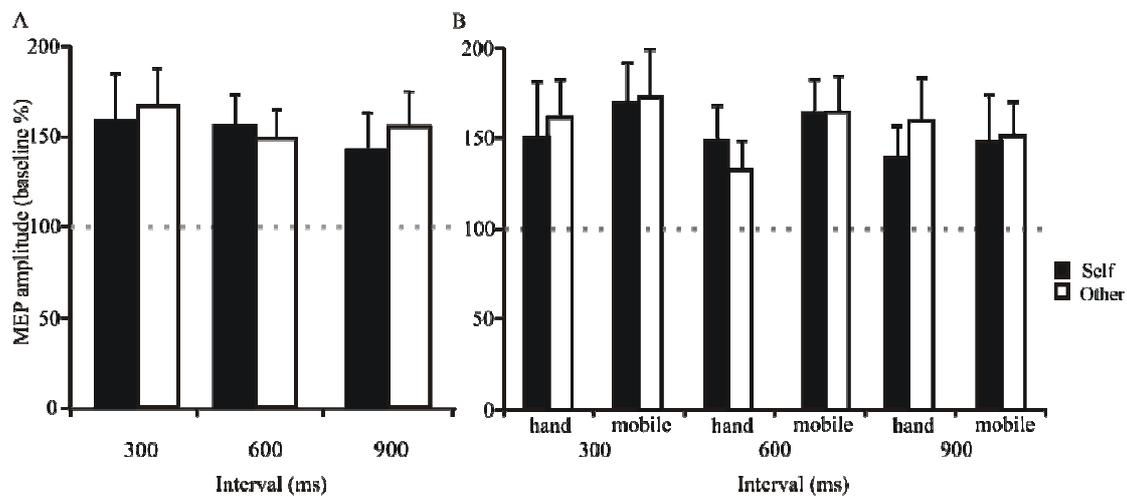


Figura 3

Media dell'ampiezza dei MEP dell'emisfero destro calcolata per condizioni self e other, a seguito della stimolazione dell'emisfero sinistro per mano e cellulare (A); per mano e cellulare distinti (B). La linea orizzontale rappresenta la baseline. Gli asterischi indicano le differenze significative fra le condizioni (*= $p < .05$). Le linee verticali indicano il S.E.M.(standard error mean).

Esperimento 3

I partecipanti sono stati molto accurati nello svolgimento del compito (accuratezza media per la Mano= 97% e per il Cellulare= 99%). Un'ANOVA è stata condotta sulla media delle percentuali dei MEP con Stimoli (Mano vs. Cellulare), Appartenenza (Self vs. Other) come variabili a misure ripetute. Nessun effetto principale delle variabili e nessuna delle interazioni è risultata essere significativa.

La duplice interazione che include anche la variabile Stimoli (Mano vs. Cellulare), è lontana dalla significatività ($p=0.72$), come illustrato nella Figura 4.

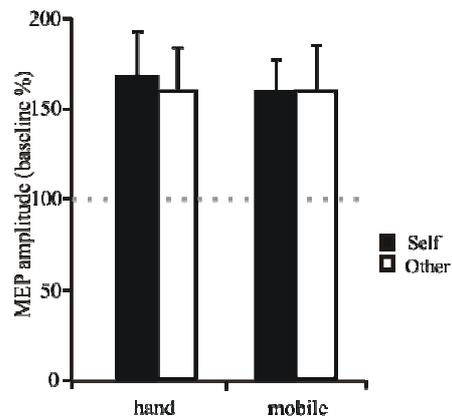


Figura 4

Media dell'ampiezza dei MEP and S.E.M. (standard error mean) a 100 ms, in funzione del tipo di stimolo, a seguito della stimolazione dell'emisfero destro.

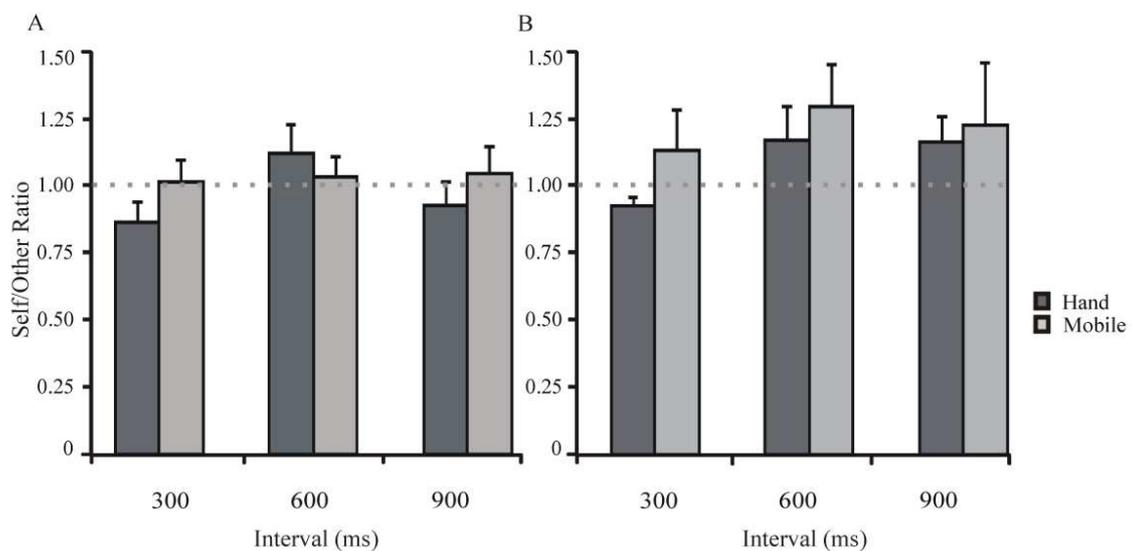


Figura 5

Ratio dei Self-Other MEP calcolati sui dati grezzi per emisfero sinistro (A) ed emisfero destro (B). Le colonne di colore grigio scuro rappresentano la mano e quelle di colore grigio chiaro il cellulare, nei tre intervalli temporali. Le linee verticali indicano il S.E.M. (standard error mean).

2.5. Discussione

La nostra mano rappresenta un effettore particolare la cui rappresentazione neurale appare, almeno parzialmente, distinta nel nostro cervello (Bracci e coll., 2010). Inoltre la mano è la parte del nostro corpo che principalmente contribuisce ad interagire con l'ambiente esterno.

Il primo esperimento descritto si prefiggeva di verificare se la visione della mano propria, rispetto alla mano di un'altra persona, coinvolgeva quei processi legati al sé che sappiamo esistere, nei termini dell'eccitabilità della corteccia motoria, per gli stimoli 'volto' (Keenan e coll., 2001). A tale scopo, in questo primo studio abbiamo utilizzato la tecnica TMS al fine di indurre potenziali evocati motori come misura dell'eccitabilità corticospinale dell'emisfero cerebrale destro e dell'emisfero sinistro mentre venivano presentati ai soggetti immagini raffiguranti mani (proprie o altrui) e immagini di cellulari (propri o altrui). I risultati hanno mostrato un incremento dell'eccitabilità corticospinale della corteccia motoria destra in seguito alla presentazione di stimoli legati al sé. Tale incremento nell'ampiezza dei MEP compariva a 600 ms e veniva mantenuto a 900 ms, mentre era assente negli intervalli precoci (100 e 300 ms).

La modulazione osservata in seguito alla visione di stimoli raffiguranti la propria mano è in accordo con simili effetti trovati da autori precedenti che avevano utilizzato lo stimolo volto (Keenan e coll., 2001; Théoret e coll., 2004). Questi studi antecedenti hanno mostrato come, in seguito alla presentazione di volti propri, i soggetti presentavano un incremento dell'eccitabilità corticospinale misurata dall'emisfero destro (Keenan e coll., 2001; Théoret e coll., 2004). Nello studio presente, la modulazione a seguito della presentazione di stimoli raffiguranti la propria mano mette in evidenza due punti principali. Il primo punto riguarda il fatto che la modulazione dell'eccitabilità corticospinale indotta dalla visione di stimoli propri non è limitata alla visione dei propri volti, ma si estende anche alla visione della propria mano. Il secondo punto cruciale di questo studio mostra come l'elaborazione di stimoli propri raffiguranti mani avrebbe tempi d'elaborazione più tardivi rispetto a quelli messi in evidenza per il volto (Théoret e coll., 2004).

Quando consideriamo il primo punto, ossia indagare la modulazione dell'eccitabilità corticale in seguito alla visione di proprie parti del corpo, pochissimi studi hanno utilizzato come stimolo le mani. Ad esempio, in uno studio in cui è non stata direttamente confrontata la differenza di processi legati al sé e all'altro, Funase e collaboratori (2007) hanno esaminato se l'osservazione diretta (senza specchio) e indiretta (tramite uno specchio) di movimenti compiuti dal soggetto sperimentale (self) era in grado di modificare i potenziali evocati motori (MEP) indotti dalla stimolazione magnetica transcranica (TMS). I ricercatori hanno trovato che l'osservazione di stimoli propri, sia attraverso l'osservazione diretta (senza specchio) e indiretta (tramite uno specchio), determinava un incremento dell'ampiezza dei MEP. In tale lavoro, tuttavia, è sempre stata utilizzata la visione della mano del soggetto sperimentale, ossia sempre e solo la condizione "self". Gli effetti dovuti all'osservazione della propria mano rispetto alla mano di un altro sono stati invece analizzati da Patuzzo e collaboratori nel 2003. In questo studio Patuzzo e colleghi (2003) non mettono in evidenza alcuna differenza significativa in termini di variazione nell'eccitabilità corticale in seguito alla visione della propria mano rispetto a quando veniva presentata la mano di un'altra persona, sempre in movimento. È bene tuttavia notare come in questo studio la TMS sia stata applicata sull'emisfero cerebrale sinistro e che la modulazione osservata fosse strettamente legata all'osservazione di mani presentate in movimento. Il presente studio, invece, è stato appositamente disegnato per testare i processi strettamente legati al sé, applicando pertanto la TMS sull'emisfero cerebrale destro, in linea con gli studi precedenti che hanno mostrato come sia proprio l'emisfero cerebrale destro a rivestire un ruolo cruciale per il sé (Devue e coll., 2007; Hodzic e coll., 2009; Frassinetti e coll., 2008). Ulteriore accorgimento è stato quello di utilizzare in questo studio stimoli statici al fine di evitare effetti dovuti alla visione di una mano in movimento. Si può pertanto argomentare come in questo studio, l'incremento dell'eccitabilità corticale in seguito alla presentazione di mani proprie ma non in seguito a mani altrui, sia direttamente attribuibile ai processi di riconoscimento del sé corporeo. Tali effetti sono dovuti probabilmente all'attivazione del circuito neurale fronto-parietale dell'emisfero destro, il cui coinvolgimento nei processi del sé

corporeo è stato messo in evidenza da studi di risonanza magnetica funzionale (fMRI), TMS nonché da evidenza neuropsicologiche, che hanno consentito di individuare come questo circuito sia cruciale nel codificare le informazioni legate al sé (Frassinetti, e coll., 2008; Prabhu e coll., 2007; Sugiura e coll., 2006). Inoltre, è interessante notare come l'incremento dell'ampiezza dei MEP in seguito alla visione della propria mano non sia specifica per gli stimoli corporei, poiché si osserva una simile modulazione dell'eccitabilità della corteccia motoria anche in seguito alla presentazione del proprio cellulare rispetto a quando veniva presentato il cellulare di qualcun altro. Studi precedenti, esaminando proprio le risposte neurali in seguito alla visione di oggetti (Chao & Martin, 2000; Buccino e coll., 2009), hanno riportato come la visione di oggetti associati a specifici movimenti della mano (ad esempio un martello) possa attivare la corteccia ventrale premotoria (Chao & Martin, 2000). La stessa attivazione non è invece emersa in seguito alla presentazione di oggetti non afferrabili dalla mano (ad esempio una casa), animali e volti. Allo stesso modo, evidenze comportamentali e neuropsicologiche hanno dimostrato come la mera visione di un oggetto attivi i programmi motori necessari ad interagire con quell'oggetto, anche in assenza di un'esplicita richiesta ad interagire con esso. Ad esempio, è stato mostrato come gli aspetti pragmatici di un oggetto attivino automaticamente le componenti per lo svolgimento di specifiche azioni, come l'afferramento ed il raggiungimento di quell'oggetto (Craigheo e coll., 1999; Ellis & Tucker, 2000; Phillips & Ward, 2002; Tucker & Ellis, 1998, 2001, 2004). Alla luce di questi risultati si potrebbe ritenere che l'osservazione di un oggetto che siamo soliti manipolare, moduli l'eccitabilità corticale di parte della corteccia motoria implicata in tali azioni. In questo studio, abbiamo registrato l'attività elettromiografica dal primo muscolo dorsale interosseo (FDI), il quale è parzialmente coinvolto nell'afferramento del cellulare. Il risultato certamente interessante a riguardo è che la modulazione dell'eccitabilità corticale è modulata dall'appartenenza dell'oggetto osservato è maggiore a seguito della presentazione del proprio cellulare rispetto al cellulare di un'altra persona. Tale risultato, che potrebbe suggerire una specifica organizzazione funzionale della corteccia motoria per i propri oggetti, sembra parzialmente inusuale rispetto ad altri studi che

hanno analizzato la diversa eccitabilità corticospinale durante l'osservazione d'oggetti afferrabili e d'oggetti non afferrabili (vedi Buccino e coll., 2005), o che hanno indagato il decorso temporale dei cambiamenti nell'eccitabilità corticale prima dell'esecuzione di un movimento d'afferramento (Prabhu e coll., 2007). Complessivamente, l'attivazione dovuta a processi d'afferramento emerge in finestre temporali estremamente precoci dopo la presentazione di un oggetto afferrabile. Buccino e colleghi (2005), trovano ad esempio, una differenza fra oggetti afferrabili e non 200 ms dopo la presentazione dello stimolo. Prabhu e collaboratori (2007) riportano un incremento dell'eccitabilità corticale solo 100 ms prima dell'effettiva esecuzione dell'azione di afferramento, mentre nessun cambiamento si manifesta durante l'osservazione passiva di un oggetto. Alla luce di queste evidenze, possiamo ipotizzare che l'incremento dell'eccitabilità corticospinale relativamente precoce osservato quando ai soggetti venivano presentate immagini del proprio cellulare o di quello altrui, potrebbe essere riferito ad un generale effetto di afferramento. Sembra tuttavia improbabile che un tale fenomeno possa spiegare l'incremento dell'eccitabilità corticospinale osservato ad intervalli temporali tardivi, dove sia stimoli corporei (mano) che non corporei (cellulare) modulano in maniera simile l'ampiezza dei MEP, provando che essi appartengono all'osservatore (condizione Self). Questi risultati sono inoltre mantenuti ad intervalli più tardivi (ossia a 900 ms dopo l'inizio della presentazione dello stimolo), favorendo l'idea che esista un processo comune legato a stimoli propri, applicabile sia alle parti del corpo (mano) che al cellulare.

Oltre ad estendere le nostre conoscenze in merito ai processi legati al sé a stimoli raffiguranti oggetti fortemente relati alla mano (in questo caso il cellulare), questo studio rivela informazioni importanti circa gli intervalli temporali di questi processi, come mostrato dall'incremento dell'ampiezza dei MEP osservata a intervalli temporali relativamente tardivi. Studi precedenti che hanno preso in esame stimoli come la mano non hanno esplorato in maniera sistematica gli intervalli temporali sottostanti l'elaborazione del sé (Patuzzo e coll., 2003; Funase e coll., 2007). Il profilo temporale dei processi del sé è stato invece preso in esame da studi che hanno utilizzato come stimolo il volto. Théoret e collaboratori (2004) hanno analizzato tre distinti

intervalli (100, 200, 400 ms), senza trovare alcuna differenza fra gli intervalli esaminati. I dati riportati nel presente studio per la mano, sembrano suggerire che l'elaborazione del proprio volto sottenda processi di elaborazione più precoci rispetto a quelli della mano. La consistenza dell'incremento dei MEP osservata ad intervalli temporali tardivi (600 e 900 ms) dopo la presentazione di stimoli legati al sé (mani o cellulari), potrebbe pertanto indicare che la corteccia motoria è stata coinvolta più tardivamente a seguito della presentazione visiva di queste tipologie di stimoli propri. In conclusione, i risultati di questo studio sembrano suggerire un comune profilo temporale per l'elaborazione di stimoli raffiguranti la propria mano ed oggetti fortemente relati con la mano, attraverso una modulazione simile della corteccia motoria in seguito alla presentazione di questi stimoli. Auspichiamo che ulteriori ricerche possano disambiguare se tale processo emerga come risultato di una riorganizzazione funzionale della corteccia motoria dovuta a meccanismo di apprendimento motorio (Classen e coll., 1998; Muellbacher e coll., 2001; Alaerts e coll., 2010), o sia piuttosto dovuto alla conseguenza di un'estensione della propria rappresentazione corporea capace di includere al suo interno anche oggetti di uso comune e frequente nella vita di tutti i giorni come il proprio cellulare (Aglioti e coll., 1996; Cardinali e coll., 2009; Carlson e coll., 2010).

Capitolo 3.

Esperimento: Il contributo del movimento nel riconoscimento del sé corporeo

Il presente esperimento è stato pubblicato nel 2009 sulla rivista *Neuropsychologia* con il titolo e gli autori illustrati sotto.

“Moving your body or mine: Visual facilitation from seeing one’s own action”

Francesca Frassinetti, Francesco Pavani, Elisa Zamagni, Giulia Fusaroli,

Massimiliano Vescovi, Maria Grazia Benassi, Alessandro Farnè

3.1. Abstract

La capacità umana di riconoscere immagini statiche del proprio corpo può essere persa in seguito a lesioni cerebrali a carico dell'emisfero destro (Frassinetti e coll., 2008). Scopo del presente studio è quello di indagare se l'informazione visiva derivante dalle proprie parti del corpo in movimento, può essere elaborata dai pazienti con lesione cerebrale destra e costituire un'informazione aggiuntiva in grado di ridurre il deficit nel riconoscimento delle proprie parti del corpo.

A tale scopo soggetti neurologicamente sani e pazienti con lesione cerebrale destra sono stati sottoposti ad un compito di confronto visivo in cui venivano presentate loro coppie d'immagini in sequenza. Nel presente studio sono state costruite due condizioni sperimentali: dinamica e statica. Nella condizione dinamica, ai partecipanti venivano mostrati video raffiguranti parti del corpo in movimento (mano, piede, braccio e gamba), mentre nella condizione statica, venivano presentate immagini statiche delle stesse parti del corpo. In ciascuna condizione, nella metà delle prove almeno uno stimolo della coppia apparteneva al soggetto sperimentale (Self), mentre nell'altra metà entrambi gli stimoli della coppia appartenevano ad un altro soggetto sperimentale (Other).

I risultati mostrano che i soggetti neurologicamente sani presentavano un vantaggio nell'elaborare le proprie parti del corpo (self-advantage), sia nella condizione statica che nella condizione dinamica, sebbene il vantaggio del self sia maggiore nell'ultima condizione. Nei pazienti con lesione cerebrale destra il self-advantage non emergeva nella condizione statica, ma era presente nella condizione dinamica. Tali risultati suggeriscono come l'informazione visiva derivante dalle proprie parti del corpo in movimento, possa essere elaborata in maniera indipendente rispetto alle proprie parti del corpo statiche. Tale dato sottolinea pertanto un'organizzazione modulare dei processi responsabili della distinzione fra sé ed altro.

3.2. Introduzione

L'esistenza di un circuito cerebrale responsabile del riconoscimento del sé può passare relativamente inosservato nella vita di tutti i giorni. Tuttavia le conseguenze di un danno a carico di tale circuito possono diventare drammaticamente evidenti in seguito di lesioni cerebrali, comportando una perdita della capacità di riconoscere le proprie parti del corpo. Ad esempio, pazienti con lesione cerebrale destra possono essere affetti dalla convinzione confabulatoria che la propria mano e/o gamba sinistra (controlaterale) non appartengano a loro, oppure possono presentare forti sentimenti negativi nei confronti dell'arto affetto (misoplegia, vedi Pearce, 2007).

Si noti inoltre come solo recentemente gli studiosi abbiano iniziato ad indagare i processi inerenti all'elaborazione delle informazioni relative al proprio corpo e quello altrui attraverso studi di neuroimaging (Devue e coll., 2007; Sugiura e coll., 2006) e relative alle parti del corpo proprie ed altrui in pazienti affetti da lesioni cerebrali (Frassinetti e coll., 2008).

Usando un paradigma che indaga implicitamente il riconoscimento del proprio corpo, Frassinetti e collaboratori (2008) hanno messo in evidenza come soggetti neurologicamente sani mostrino una facilitazione nello svolgere un semplice compito di confronto visivo quando sono presenti stimoli raffiguranti parti del proprio corpo rispetto a quando sono presenti parti del corpo altrui.

Tale effetto, denominato "self-advantage" è emerso anche nei pazienti con lesione cerebrale sinistra, ma non in pazienti con lesione cerebrale destra. In altre parole, i pazienti con lesione cerebrale sinistra erano facilitati nello svolgere il compito quanto erano presentate parti del proprio corpo, mentre pazienti con lesione cerebrale destra mostravano lo stesso grado di prestazione nello svolgimento del compito, a prescindere che fossero presenti parti del corpo proprie o altrui.

Nel presente studio si è voluto indagare se l'informazione visiva derivante da parti del corpo in movimento possa costituire un aspetto funzionalmente distinto dei processi di riconoscimento del proprio corpo statico. Esistono in letteratura alcuni studi condotti su una popolazione neurologicamente sana che suggeriscono che il movimento di parti del corpo possa favorire la distinzione fra sé ed altro. Per esempio, l'informazione visiva derivante dalla contingenza spaziale-

temporale a seguito della presentazione visiva di movimenti facilita l'attribuzione dell'azione al sé o ad un altro (Jeannerod 2003, 2004, Ruby & Decety, 2001). Allo stesso modo le persone sono in grado di distinguere con successo le proprie azioni da quelle altrui, anche quando il movimento delle parti del corpo emerge implicitamente da fotografie statiche (Beardsworth & Buckner, 1981; Johansson 1973; Knoblich & Flach, 2001; Prinz, 2001). Un recente studio fMRI infatti sostiene che esisterebbero molteplici circuiti cerebrali responsabili del riconoscimento visivo del sé (Sugiura e coll., 2006). Sugiura e collaboratori ritengono che esisterebbero due circuiti: un circuito fronto-parietale all'interno dell'emisfero destro, maggiormente sensibile ad immagini dinamiche relate al sé, ed un circuito più posteriore maggiormente sensibile ad immagini statiche. Se applichiamo l'ipotesi di Sugiura e coll., (2006) ai pazienti con lesione cerebrale destra, è possibile ipotizzare che esista una dissociazione nei meccanismi di manifestazione del self-advantage.

Al fine di verificare tale ipotesi abbiamo introdotto un nuovo paradigma, che valuta direttamente i processi di riconoscimento del sé corporeo, sia per immagini statiche che per immagini dinamiche, di parti del corpo. Abbiamo contrastato immagini dinamiche e statiche di parti del corpo proprie ed altrui in 8 pazienti con lesione cerebrale destra e in un gruppo di controllo costituito da 27 soggetti neurologicamente sani che hanno svolto il compito in due condizioni separate (dinamica e statica). Nella condizione dinamica, ai partecipanti venivano mostrate coppie di video raffiguranti parti del corpo in movimento (mano, piede, braccio e gamba), mentre nella condizione statica, venivano presentate coppie di immagini statiche raffiguranti parti del corpo. Il compito sperimentale consisteva nel decidere se le due immagini della coppia erano fisicamente "Uguali" o "Diverse", senza considerare pertanto l'identità (self-other).

3.3. Materiali e metodi

Partecipanti e valutazione neuropsicologica

Ventisette soggetti (età media=60 anni; range=33-74 anni) senza precedenti disturbi neurologici o psichiatrici ed un gruppo di otto pazienti con lesione unilaterale a carico dell'emisfero cerebrale destro, hanno dato il loro consenso a partecipare a questo studio, approvato dalla commissione etica locale. Tutte le procedure utilizzate sono in accordo con la Dichiarazione di Helsinki 1975. I pazienti sono stati reclutati consecutivamente presso l'ospedale Fondazione Maugeri (Castel Goffedo, Italia). L'unico criterio di esclusione dal presente studio era la presenza di deterioramento cognitivo (punteggio corretto inferiore a 24 al Mini-Mental State Examination; Folstein, Folstein & McHugh, 1975). La presenza e la severità di neglect extrapersonale e neglect personale ed anosognosia sono anch'essi stati valutati, così come la presenza di deficit propriocettivi e motori. Vedi tabella 1 nella pagina a fianco per i dati demografici e per i dettagli neuropsicologici e neurologici.

Patient	Age	Sex	Time since onset	Etiology	Neglect ^a		Motor scale ^b		Proprioceptive scale ^b	
					Extraperpersonal	Personal	Upper Limb	Lower Limb	Upper Limb	Lower Limb
C1	36	M	16 years	ICH	6%	7%	1	1	1	1,5
C2	72	F	2 months	ICH	29%	0%	1	1	1	1,5
C3	78	F	5 years	ICH	n.e.	n.e.	1,5	1,5	1,5	2
C4	74	F	10 months	CI	12%	0%	0	0	1,5	2
C5	28	M	1 month	TR	-6%	0%	0	0	1,25	1,25
C6	63	M	1 month	TR	6%	0%	1,5	1,5	1,25	1,5
C7	77	M	3 months	ICH	35%	0%	0,5	1	1,75	1,75
C8	69	F	7 months	ICH	47%	0%	2	2	2	2

Tabella 1: sommario dei dati clinici e dei difetti di campo visivo

dei pazienti con lesione cerebrale destra. Abbreviazioni: F: femmina; M: maschio TR: rimozione di un tumore; CI: ischemia cerebrale; ICH: emorragia intracerebrale.

A La presenza di neglect extrapersonale e personale è stato valutato attraverso il test di cancellazione di campanelle ed il Fluff test, rispettivamente. Il Neglect è stato considerato come presente quando la percentuale di stimoli sinistri meno stimoli destri omessi era >25% (Bell Test) e del 10% (Fluff test). N.e. = test non eseguito.

B La presenza di deficit motori e propriocettivi è stata valutata dall'esame obiettivo neurologico (0 = non compromesso; 1 = compromesso in parte; 2 completamente compromesso). Upper limb =media del punteggio ottenuto per mani e braccia; lower limb =media dei punteggi ottenuti per gamba e piede. Solo il punteggio dell'art controlesionale è stato riportato, essendo quello ipsilesionale sano.

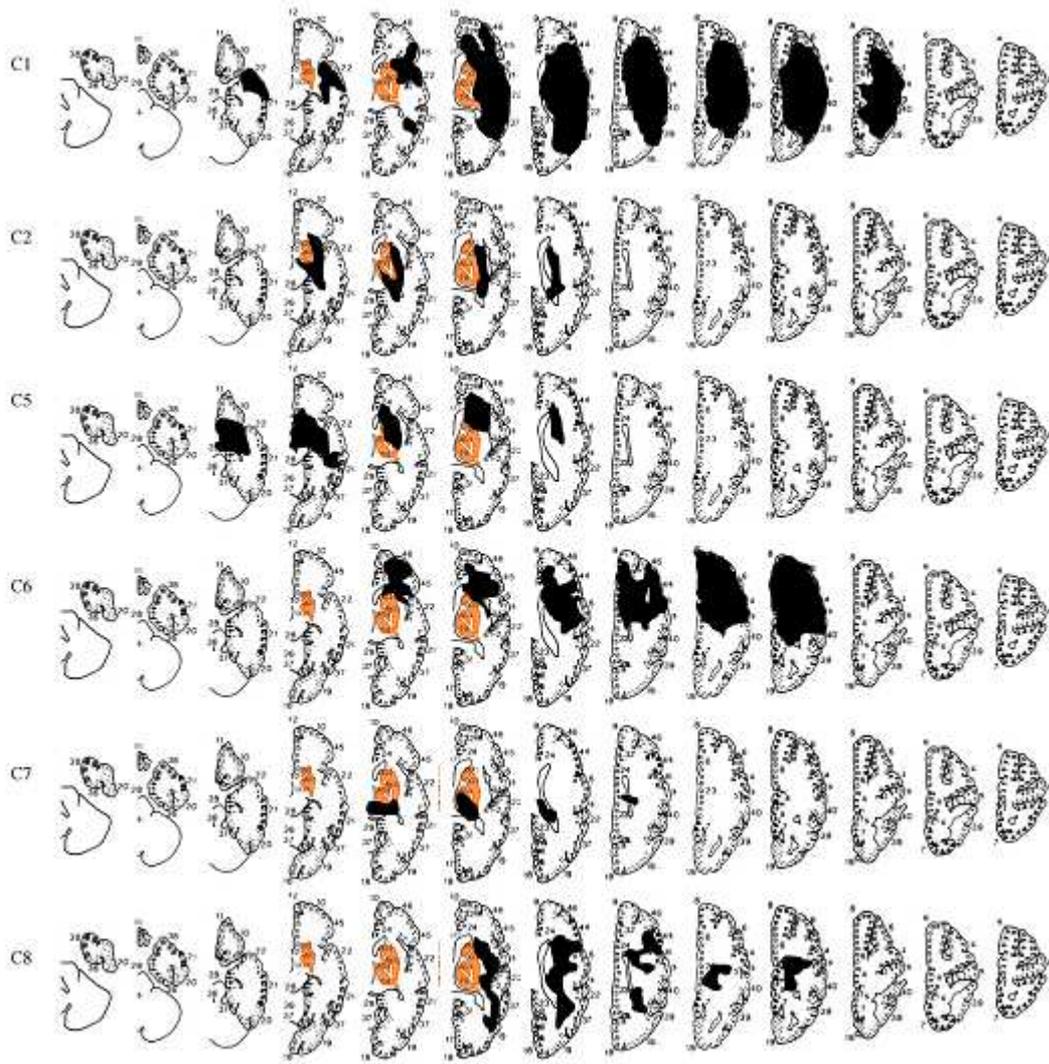


Figura 1: La figura illustra le lesioni (in nero) dei pazienti con lesione cerebrale destra (C1–C2–C5–C6–C7 e C8; C3 e C4 gli esami non erano disponibili), ricostruiti secondo il metodo Damasio E Damasio (1989). I gangli della base e il talamo sono rappresentati in arancione.

Stimoli e procedure

Gli stimoli raffiguravano parti del corpo (mano, braccio, gamba e piede) dei partecipanti o di un altro soggetto in due differenti condizioni: dinamiche e statiche. Nella condizione dinamica gli stimoli erano rappresentati da video che raffiguravano 4 movimenti, uno per ciascuna parte del corpo. Il movimento della mano consisteva nell'estensione delle dita della mano, uno per volta, partendo dal pollice sino al mignolo. Il movimento del braccio illustrava l'estensione del braccio partendo da una flessione del gomito di 90°. Il movimento del piede consisteva in un'estensione plantare, partendo da un'estensione dorsale. Il movimento della gamba mostrava l'estensione della gamba da una posizione con il ginocchio piegato a 90°. Tutti i video avevano una durata di 3300 ms. Nella condizione statica, gli stimoli erano immagine statiche estratte dai corrispondenti video (vedi Figura 2°). Nello specifico le immagini raffiguravano un pugno con il dito pollice esteso, un braccio con il gomito piegato a 135°, una gamba con il ginocchio piegato a 135°, e un piede flesso dorsalmente a 45°. Gli stimoli statici sono stati presentati per la stessa durata degli stimoli dinamici, ossia per 3300 ms.

Tutti i video sono stati registrati in bianco e nero, utilizzando una web-cam in un ambiente con un'illuminazione costante e successivamente elaborate allo scopo di ridurre ogni dissimilarità visiva, come contrasto e luminosità. Inoltre, i video sono stati elaborati (utilizzando Windows® Movie Maker) per uguagliare la grandezza delle parti del corpo fra i partecipanti e per centrare lo stimolo su di uno sfondo nero. Gli stimoli sono stati controbilanciati per genere (maschio/femmina), per lato del corpo (destra/sinistra). Nello specifico, nei soggetti di controllo metà dei video (e delle fotografie) erano state riprese dall'emisoma destro, mentre nella rimanente metà dall'emisoma sinistro. In seguito è stato creato al computer la versione speculare di ciascun emisoma ripreso. La stessa procedura è stata applicata ai pazienti, eccetto che i video (e le fotografie) erano riprese dell'arto ipsilesionale, poiché quello controlaterale alla lesione era plegico o paretico nella maggioranza dei casi.

La strutturale temporale di una prova è illustrata nella Figura 2b sottostante. Ciascuna prova iniziava con un croce di fissazione centrale (500 ms di durata), seguita dalla presentazione sequenziale (500 ms ISI) di una coppia di immagini raffiguranti parti del corpo. La prova terminava appena il partecipante forniva la risposta (non più di 10 s dopo la presentazione del secondo stimolo della coppia). I partecipanti sedevano di fronte allo schermo di un PC, alla distanza di 30 cm e venivano invitati a premere il tasto precedentemente assegnato appena avevano deciso se le due immagini erano “uguali” o “diverse”. Sono stati registrati i tempi di reazione e l’accuratezza nello svolgimento del compito. Gli stimoli sono stati presentati in maniera randomizzata utilizzando il software MATLAB installato sul PC. Una speciale versione dell’esperimento con tutti gli stimoli spostati a destra, è stata preparata per i pazienti che mostravano segni di neglect.

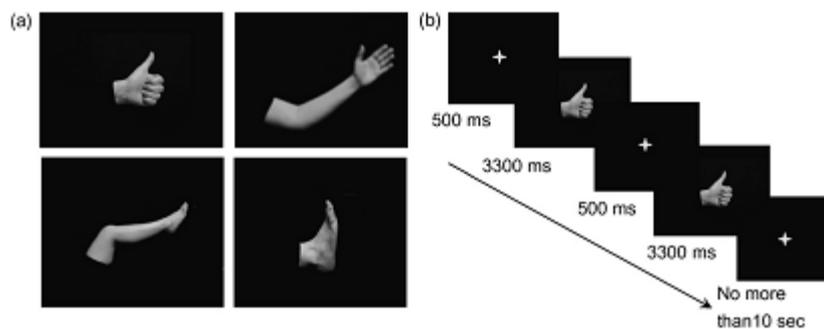


Figura. 2. (a) Esempio di ciascuna delle categorie di stimoli raffiguranti le differenti parti del corpo, così come presentate nella condizione statica. (b) Rappresentazione schematica della sequenza temporale degli eventi di ciascuna prova

In ciascuna prova due stimoli che appartenevano sempre alla stessa parte del corpo (esempio due mani), potevano appartenere alla stessa persona (uguali) o a persone differenti (diversi). Inoltre gli stimoli potevano essere presentati nella condizione dinamica o nella condizione statica. Infine metà delle prove conteneva almeno uno stimolo appartenente al soggetto sperimentale (‘self’), mentre nella restante metà gli stimoli appartenevano ad altre persone (‘other’). Si noti come gli stimoli che fungevano da parti del corpo proprie sono poi servite come parti del corpo altrui per gli altri

soggetti sperimentali. Riassumendo, avevamo un disegno 2X2X2 con Condizione (statica o dinamica), Appartenenza (self o other) e Tipo di stimolo (uguale o diverso) come fattori. Ciascuna cella sperimentale comprendeva 12 prove, per un totale di 96 prove. I fattori tipo di stimolo e appartenenza sono stati randomizzati tra le prove, mentre il fattore condizione è stato randomizzato fra i partecipanti. Tutti i partecipanti hanno svolto il compito in due sessioni distinte, una per la condizione statica ed una per la condizione dinamica, con 6 prova di pratica prima della sessione sperimentale.

3.4. Risultati

I pazienti la cui prestazione differiva significativamente da quella presentata dai soggetti di controllo, sulla base di un t-test modificato (Crawford & Garthwaite, 2002), sono stati inclusi nell'analisi (C1, C2, C3, C4, C7 e C8). Tale test valuta l'anormalità delle prestazioni di ciascun paziente rispetto alla prestazione media ottenuta dal gruppo di controllo.

E' stata condotta un'ANOVA sulla media dei tempi di reazione dei sei pazienti con lesione cerebrale destra e dei soggetti neurologicamente sani con gruppo (pazienti vs. controlli) come variabile tra i soggetti, e con condizione (statica vs. dinamica), appartenenza (self vs. other) e tipo di stimolo (uguale vs. diverso), come variabili a misure ripetute. Una ANOVA simile è stata condotta sull' accuratezza (percentuale di risposte corrette) per i due gruppi. Il "Tukey's Honest Significant Difference (HSD) test for unequal N" è stato utilizzato per i tutti i confronti post-hoc.

Tempi di Reazione

L'ANOVA sui tempi di reazione mostra un effetto significativo della variabile condizione [$F(1,31)=76.6, p<.00001$], poiché i tempi di reazione erano più brevi nella condizione statica (1698 ms) rispetto alla condizione dinamica (2677 ms). Inoltre, anche la variabile appartenenza è risultata essere significativa [$F(1,31)=14.7, p<.0006$] poiché i partecipanti erano più veloci nell'elaborare le proprie parti del corpo (2073 ms) rispetto a quando erano presenti stimoli raffiguranti parti del corpo altrui (2302 ms). Da qui in poi ci riferiremo a questa differenza con il termine "self-advantage". Infine, anche la variabile gruppo raggiungeva la significatività [$F(1,31)=60.3, p<.00001$], poiché i pazienti presentavano tempi di reazione più lunghi rispetto ai soggetti di controllo (4068 vs. 1770).

La triplice interazione fra gruppo, condizione e appartenenza è risultata significativa [$F(1,31)=15.6, p<.0004$]. I soggetti di controllo presentavano il self-advantage sia nella condizione statica (1283 ms vs. 1416 ms, $p<.05$) sia in quella dinamica (2081 ms vs. 2298 ms, $p<.0004$). Inoltre, i soggetti di controllo erano più veloci a elaborare le immagini "self" nella condizione dinamica (217 ms)

rispetto alla condizione statica (133 ms; $p < .05$). I pazienti con lesione cerebrale destra erano più veloci con le proprie parti del corpo nella condizione dinamica (4477 ms vs. 5263 ms, $p < .0001$), ma non nella condizione statica (3185 ms vs. 3349 ms, $p = .6$). Questa triplice interazione è illustrata nella Figura 3.

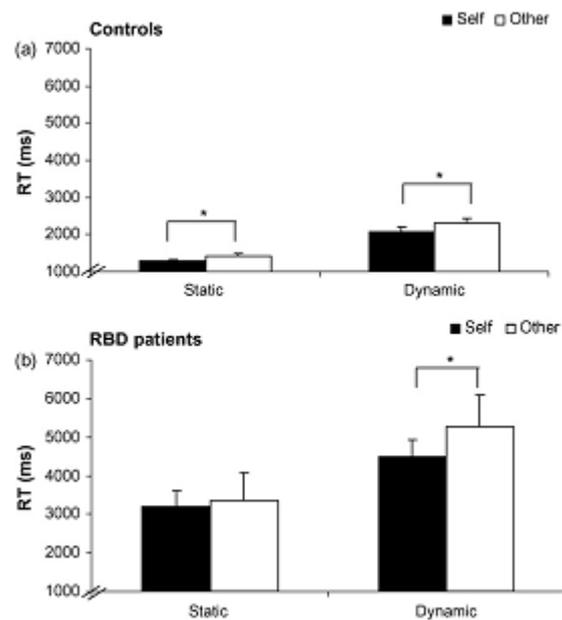


Figura 3. Media dei tempi di reazione dei soggetti neurologicamente sani (a) e dei pazienti con lesione cerebrale focale destra (b) al compito di matching visivo. I risultati sono presentati in funzione della variabile appartenenza (self e other) e della condizione visiva (statica e dinamica). Le barre rappresentano la media degli standard error (SEM) fra i soggetti. Le differenze significative ($p < .05$) sono indicate da un asterisco.

La quadrupla interazione fra gruppo, condizione, appartenenza e tipo di stimolo era significativa [$F(1,31)=4.38$, $p < .04$]. Per meglio studiare questa interazione, abbiamo condotto due ANOVA separate per stimoli uguali e stimoli differenti con gruppo, appartenenza e condizione come

variabili. Queste ulteriori analisi hanno mostrato come la triplice interazione descritta sopra era ascrivibile alla condizione in cui gli stimoli erano differenti [$F(1,31)=12.87$, $p<.001$], e non quando gli stimoli erano uguali [$F(1,31)=1.26$, $p=.3$]. Tutte le interazioni (ad eccezione dell'interazione condizione per tipo di stimolo) sono risultate significative ($F_s<3$), ma dovute all'alto grado d'interazione riportato sopra.

Accuratezza

L'ANOVA condotta sulle percentuali di risposte corrette mostra un effetto significativo della variabile condizione [$F(1,31)=28.3$, $p<.00001$], poiché c'era una maggiore accuratezza nella condizione statica (90%) rispetto alla condizione dinamica (82%). Inoltre, anche la variabile appartenenza è risultata essere significativa [$F(1,31)=55.6$, $p<.00001$] poiché i partecipanti erano più accurati nell'elaborare le proprie parti del corpo (91%) rispetto a quelle altrui (81%). Risultava significativa anche la variabile tipo di stimolo [$F(1,31)=5.9$, $p<.02$], essendo migliorare la prestazione quando i partecipanti giudicavano stimoli uguali (87%) piuttosto che diversi (85%). Infine anche la variabile gruppo raggiungeva la significatività [$F(1,31)=116.5$, $p<.00001$], poiché i pazienti erano meno accurati rispetto ai soggetti di controllo nello svolgimento del compito (60% vs. 92%).

Come nell'analisi condotta sui tempi di reazione, la triplice interazione fra gruppo, condizione e appartenenza è risultata significativa [$F(1,31)=4.36$, $p<.05$]. I soggetti di controllo presentavano il self-advantage sia nella condizione statica (99% vs. 91%, $p<.02$) che in quella dinamica (94% vs. 84%, $p<.0004$). In contrasto i pazienti con lesione cerebrale destra erano più accurati a svolgere il compito quando erano presenti le proprie parti del proprio corpo rispetto a quando erano presenti parti del corpo altrui nella condizione dinamica (65% vs. 39%, $p<.0002$) ma non nella condizione statica (72% vs. 63%, $p=.6$), rilevando ancora l'asimmetria nel self-advantage per i pazienti con lesione cerebrale destra. Questa triplice interazione è illustrata nella Figura 4.

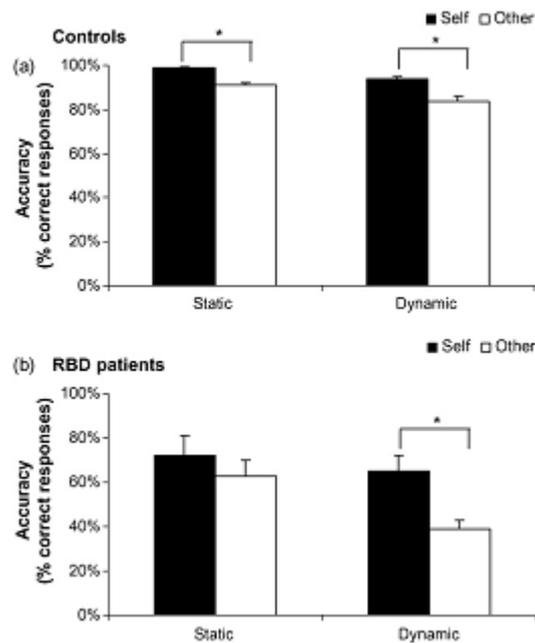


Figura 4. Accuratezza (espressa in percentuale di risposte corrette) dei soggetti neurologicamente sani (a) e dei pazienti con lesione cerebrale focale destra (b) al compito di matching visivo. I risultati sono presentati in funzione della variabile appartenenza (self e other) e della condizione visiva (statica e dinamica). Le barre rappresentano la media degli standard error (SEM) fra i soggetti. Le differenze significative ($p < .05$) sono indicate da un asterisco.

La quadrupla interazione fra gruppo, condizione, appartenenza e tipo di stimolo è solo marginalmente significativa [$F(1,31)=3.8, p=.09$]. Tuttavia l'interazione fra gruppo, condizione e tipo di stimolo raggiunge la significatività [$F(1,31)=9.0, p<.005$] a causa di una peggiore prestazione con le prove composte da stimoli diversi rispetto alle prove costruite da stimoli uguali nella condizione dinamica (43% vs. 61%, $p<.0003$), selettiva per i pazienti con lesione cerebrale destra.

3.5. Discussione

Il secondo esperimento mette in evidenza come l'informazione visiva derivante dalle proprie parti del corpo in movimento, costituisca un aspetto funzionalmente distinto nei processi di riconoscimento del sé corporeo. Tale dissociazione comportamentale evidenzia la capacità dei pazienti con lesione cerebrale destra a mostrare un vantaggio nell'elaborazione di parti del proprio corpo presentate in condizione dinamica, ma non nella condizione statica, a supporto dell'idea di modularità nei processi del sé corporeo, ipotesi messa già in evidenza da Sugiura e colleghi (2006). A tale riguardo il nostro studio mette in luce diversi risultati salienti. Il primo risultato emerge confrontando la prestazione dei pazienti con lesione cerebrale destra e quella dei soggetti di controllo. I pazienti sono complessivamente più lenti e meno accurati dei controlli nello svolgimento del compito. L'aspetto però più cruciale è che la presenza del self-advantage nei due gruppi è nettamente distinta in funzione del fatto che gli stimoli vengano presentati in condizione statica o dinamica. Nei soggetti di controllo il self-advantage è presente sia nella condizione statica sia nella condizione dinamica (sebbene sia maggiore nella condizione dinamica). Nei pazienti con lesione cerebrale destra il self-advantage emerge selettivamente quando vengono utilizzati stimoli dinamici di parti del corpo, mentre è assente quando vengono impiegate immagini del proprio corpo statiche. Tali risultati, confermano ed estendono i risultati ottenuti da Frassinetti e coll. (2008), mostrando che il deficit dei pazienti con lesione cerebrale destra nell'elaborazione del proprio corpo può essere modulato dalla presenza di immagini statiche o dinamiche. Questa conclusione è ancora più interessante se si pensa che la condizione dinamica risulta più difficile per tutti i partecipanti (sia in termini di tempi di reazione sia di accuratezza), rispetto alla condizione statica. Tale dato dimostra pertanto che la condizione dinamica non determina di per sé un effetto generico facilitante, ma che incrementa selettivamente l'abilità di distinguere sé dagli altri. Prima di discutere ulteriormente la possibilità di una distinzione funzionale fra riconoscimento del sé statico e dinamico dovrebbe essere considerata una possibile alternativa.

Tale alternativa potrebbe consistere nel fatto che l'informazione visiva proveniente da uno stimolo in movimento determini un indizio aggiuntivo in grado di facilitare la distinzione fra sé ed altro (vedi studi di Lander e coll., 1999; van den Bos & Jeannerod 2002). In tale prospettiva, l'informazione visiva derivante dalla condizione dinamica potrebbe quindi costituire un'informazione aggiuntiva cruciale per la distinzione fra sé ed altro, senza però costituire un processo a sé stante. La prestazione dei soggetti di controllo è compatibile con entrambe queste due possibilità. Tuttavia, il pattern di risultati mostrato dai pazienti con lesione cerebrale destra, ossia la mancanza di self-advantage nella condizione statica e la presenza di tale effetto nella condizione dinamica, sembra favorire maggiormente l'idea di modularità dei processi sottostanti il riconoscimento del sé corporeo, statico e dinamico. Come detto precedentemente il compito era maggiormente complesso nella condizione dinamica per tutti i partecipanti. Per tale ragione appare contro intuitivo ipotizzare che il processo di distinzione fra sé ed altro possa operare meglio quanto gli stimoli appaiono più complessi da un punto di vista visivo.

Con riferimento ai correlati neurali della possibile organizzazione modulare del sé corporeo, Sugiura e coll. (2006) identificano tramite la tecnica fMRI un network fronto-parietale dell'emisfero destro come maggiormente sensibile ai video piuttosto che a immagini statiche ed un circuito più posteriore maggiormente sensibile a fotografie rispetto che ai video. Tale ipotesi è in linea con l'idea che le aree anteriori del cervello siano deputate alla distinzione di movimenti propri ed altrui proposta dallo studio di Berti e collaboratori (2005) su pazienti con lesione cerebrale e da studi TMS di Théoret e colleghi (2004). Tale tesi potrebbe quindi implicare che se i pazienti che presentano un deficit nell'elaborazione delle proprie parti del corpo statiche (Frassinetti e coll., 2008), presentassero una lesione che coinvolgesse anche le aree più anteriori, dovrebbero mostrare un deficit nell'elaborazione delle proprie parti del corpo sia nella condizione statica che nella condizione dinamica. Considerato l'esiguo numero di pazienti di questo studio e sulla base dei dati anatomici disponibili, non è al momento possibile verificare tale ipotesi. Pertanto, la dissociazione che è stata riportata va considerata in termini più funzionali che anatomici.

In conclusione, i risultati di questo secondo studio provano che il riconoscimento visivo statico e dinamico del proprio corpo appaiono funzionalmente distinti. È inoltre importante notare che sebbene i pazienti mostrino il self-advantage nella condizione dinamica, la loro prestazione risulta comunque patologica rispetto ai soggetti neurologicamente sani. Nel caso in cui fosse inserita la presenza concomitante del movimento dell'arto dei pazienti durante lo svolgimento del compito di confronto da noi proposto, si potrebbe assistere ad un ulteriore incremento della prestazione dei pazienti. Tale possibilità dovrebbe essere verificata in futuri studi.

Capitolo 4

Esperimento – Il linguaggio dei corpi propri ed altrui - il ruolo delle emozioni nel riconoscimento del corpo proprio ed altrui-

Questo studio è stato pubblicato su Neuropsychology con il titolo e gli autori posti sotto.

Scared by you: modulation of bodily-self by emotional body-postures in autism.

Elisa Zamagni, Camilla Dolcini, Erica Gessaroli, Erica Santelli,
Francesca Frassinetti

4.1. Abstract

Il riconoscimento del proprio corpo costituisce un aspetto della nostra abilità di distinguere sé stessi dagli altri e rappresenta un punto centrale ai fini di un'efficace socializzazione. In questo studio viene esplorata l'influenza delle posture corporee emotive in bambini con sviluppo tipico (TD) ed in bambini con disturbo dello spettro autistico ad alto funzionamento (ASD). I corpi dei partecipanti sono stati fotografati mentre esprimevano posture emotive in maniera endogena (generate spontaneamente dal soggetto- Esperimento 1) e in maniera esogena (generate su imitazione di un modello fornito – Esperimento 2). Le posture esprimevano emozioni con valenza positiva (felicità), negativa (paura) o neutrale. Tali immagini sono state utilizzate in un compito visivo di “matching to sample”, in cui venivano presentate immagini del soggetto sperimentale (self) o d'altri partecipanti (other). I risultati mostrano un vantaggio (tempi di reazione più brevi) nello svolgere il compito quando sono presenti posture corporee proprie rispetto a quando sono presenti posture corporee altrui, sia nei bambini TD che ASD. Tale effetto è presente quando le posture esprimono l'emozione “felicità” e “neutra”, ma non quando le posture esprimono “paura”, suggerendo che il self-advantage sia modulato dalla valenza emotiva delle posture generate spontaneamente dal soggetto. Questa modulazione è maggiore quando le posture sono generate spontaneamente dal soggetto piuttosto che quando le posture vengono generate su imitazione. Inoltre, con riferimento alle posture altrui, tutti i partecipanti mostravano tempi di reazione più brevi a rispondere a posture esprimenti paura, rispetto alle altre due emozioni prese in esame (felicità e neutra). In conclusione tali risultati evidenziano come il riconoscimento del sé corporeo sia una funzione di basso livello, presente sia in bambini con sviluppo tipico che affetti da disturbo dello spettro autistico ad alto funzionamento. Le posture emotive, specialmente quando generate spontaneamente dal soggetto sperimentale, modulano i processi di riconoscimento sé/altro. Il vantaggio nell'elaborare i corpi altrui quando esprimono l'emozione di paura rispetto alle emozioni di felicità e a posture neutrali, potrebbe essere spiegato da un vantaggio evolutivo nel riconoscimento della paura negli altri per la sopravvivenza della specie.

4.2. Introduzione

L'abilità di distinguere sé stessi dagli altri, così come l'esistenza di un vantaggio ad elaborare le proprie parti del corpo rispetto a quelle altrui (self-advantage) è stata largamente dimostrata in soggetti adulti (Frassinetti e coll., 2008; 2009; 2010; Jeannerod 2003; Decety & Sommerville, 2003). La questione riguardante lo sviluppo del sé corporeo e delle sue disfunzioni rimane tuttavia poco indagato. Diversi studi in ambito evolutivo hanno indagato il riconoscimento del sé corporeo focalizzandosi sul riconoscimento di sé allo specchio (Berenthal & Fisher, 1978; Amsterdam, 1972). Il riconoscimento di sé allo specchio non rappresenta tuttavia il modo in cui, nella vita di tutti i giorni, percepiamo e riconosciamo il nostro corpo (Knoblich, 2002). Rispetto agli studi che hanno indagato il riconoscimento di sé allo specchio, veramente poco è noto sulla capacità dei bambini di discernere tra il corpo proprio e quello altrui.

Kanner (1943) e Asperger (1944), hanno interpretato l'autismo come un'eccessiva focalizzazione su di sé o come un estremo egocentrismo. Dati più recenti mostrano come questo egocentrismo possa manifestarsi come una mancata rappresentazione di sé in un ambiente sociale e in un'incapacità di distinguere sé stessi dagli altri (Lee & Hobson, 2006; 1998; Mitchell & O'Keefe, 2008). Inoltre, gli individui con autismo hanno difficoltà in diversi compiti cognitivi autoreferenziali. Nello specifico queste difficoltà possono riguardare deficit in molti dei processi autoreferenziali, determinando l'ipotesi che in tale patologia il sé sia assente ("absent self" hypothesis) (Frith, 2003; Happé, 2003; Baron-Cohen, 2005; Frith & Vignemont, 2005; Hobson e coll., 2006). Secondo l'ipotesi dell'assenza del sé, nell'autismo ci sarebbe un deficit di consapevolezza di sé di alto livello con notevoli conseguenze sulla vita sociale.

L'importanza del corpo come canale per la socializzazione e la comunicazione delle emozioni (linguaggio emotivo del corpo) in tutte le fasi della vita, durante l'infanzia e l'adolescenza e fino alla vita adulta, è ben nota. Inoltre le posture emotive incrementano l'attivazione di aree cerebrali (come EBA e FBA), coinvolte nell'elaborazione di corpi e di parti del corpo (Hadjikhani & de Gelder, 2003; Gèzes, Pichon & de Gelder, 2007).

Sebbene il deficit nell'elaborazione delle emozioni rappresenti uno degli aspetti dell'autismo, il livello al quale tale deficit si manifesta rimane al momento sconosciuto. Una mancata elaborazione dei volti che esprimono emozioni è ben documentata in numerosi compiti sperimentali, come il matching e la denominazione di emozioni (Celani e coll., 1999; Hobson e coll., 1988; Tantam e coll., 1989). Tuttavia, altri studi dimostrano che non ci sono differenze fra bambini affetti da disturbo dello spettro autistico e bambini con sviluppo tipico nel discriminare espressioni emotive (Grossman e coll., 2000; Robel e coll., 2004; Loveland e coll., 1997).

Pochi studi hanno esplorato la percezione di segnali emotivi espressi dal corpo intero in persone con disturbo dello spettro autistico. Attraverso misure comportamentali e di risonanza magnetica funzionale Hadjikhani e collaboratori (2009) hanno confrontato la percezione di posture corporee emotive in soggetti adulti affetti da autismo ed in soggetti di controllo. I ricercatori hanno messo in evidenza come nei soggetti affetti da autismo si osservi un'anormalità nel funzionamento delle aree coinvolte nella percezione di espressioni corporee emotive. Inoltre, i pattern di attivazione neurale nei soggetti con autismo non mostrano differenze in termini di attivazione quando vengono presentate loro immagini che esprimono paura o stati emotivi neutrali. Tali risultati sono in linea con studi comportamentali che riportano come i bambini con autismo siano in grado, così come i bambini con sviluppo tipico, di riconoscere correttamente punti luminosi raffiguranti il cammino umano, mentre presentano difficoltà quando devono commentare spontaneamente ed in maniera soggettiva gli stati emotivi presentati (Moore e coll., 1997). Hubert e collaboratori hanno dimostrato che adulti affetti da autismo presentano una prestazione significativamente peggiore dei soggetti di controllo nel riconoscimento di emozioni espresse attraverso punti luminosi, sebbene la loro prestazione non differisca da quella dei controlli in compiti di riconoscimento di semplici azioni o di manipolazione di oggetti. Gli autori interpretano tali risultati come evidenza di una difficoltà nella percezione delle emozioni non ristretta ai volti, ma estesa anche alla percezione di posture corporee emotive.

Nel presente studio formuliamo l'ipotesi che il sé corporeo possa essere modulato da posture associate a differenti stati emotivi. Il modo tipico in cui ciascuno di noi esprime le emozioni è piuttosto differente dal modo in cui le esprimono gli altri. Pertanto, il modo speciale in cui noi esprimiamo le emozioni attraverso il corpo dovrebbe costituire un'informazione aggiuntiva per il riconoscimento del sé corporeo. Noi ipotizziamo che i bambini con sviluppo tipico mostrino una modulazione del riconoscimento del sé corporeo quando le posture emotive sono generate in maniera endogena, ossia spontanea, ma non quando le posture emotive vengono semplicemente riprodotte sulla base di un'imitazione della postura emotiva generata da un'altra persona. Per quanto riguarda i bambini affetti da disturbo dello spettro autistico è possibile formulare almeno due tipi di ipotesi. La prima è che il riconoscimento implicito delle posture corporee emotive avvenga in maniera differente nei bambini con autismo rispetto ai bambini con sviluppo tipico. Se questa ipotesi fosse vera, l'influenza delle posture corporee emotive sul riconoscimento del sé corporeo dovrebbe essere diversa nei due gruppi presi in esame. In alternativa, se il riconoscimento implicito delle posture corporee emotive è simile nei due gruppi di partecipanti, ci si potrebbe aspettare una simile modulazione delle posture corporee emotive sui processi di riconoscimento del sé corporeo nei due gruppi. Al fine di verificare tali ipotesi abbiamo contrastato, in due esperimenti separati, gli effetti delle posture emotive nel riconoscimento implicito del sé corporeo in 16 bambini affetti da autismo ad alto funzionamento e in un gruppo di 16 bambini con sviluppo tipico di pari età e QI, in un compito di "matching to sample". Le emozioni selezionate a questo scopo potevano essere positive (felicità), negative (paura) o neutra. Nell'esperimento 1, i soggetti venivano ripresi mentre esprimevano spontaneamente le tre emozioni selezionate di "felicità", "paura" e "neutra" (posture emotive generate in maniera endogena), mentre nell'esperimento 2 i bambini venivano ripresi mentre esprimevano le stesse tre emozioni imitando delle posture presentate loro dall'esaminatore (posture emotive generate in maniera esogena su imitazione di un modello fornito). In ciascun esperimento, al soggetto sperimentale venivano mostrate stimoli raffiguranti il proprio corpo o il corpo di un altro soggetto, al fine di verificare se la presenza di un vantaggio

nello svolgere il compito quando sono presenti stimoli proprio vs. altrui fosse presente sia nel gruppo dei soggetti di controllo sia in quello di bambini affetti da autismo. Scopo ulteriore era quello di indagare il ruolo delle emozioni nella modulazione del sé corporeo.

4.3. Materiali e metodi

Partecipanti e valutazione neuropsicologica

Due gruppi sperimentali hanno partecipato a questo studio. Il primo gruppo comprendeva 16 bambini affetti da autismo ad alto funzionamento (ASD), reclutati presso il Centro per l'Autismo di Reggio Emilia. I pazienti sono stati diagnosticati da un esaminatore esperto, in base ai criteri diagnostici del DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994) e della scala ADOS (Lord e coll., 2000). La prestazione del gruppo di pazienti è stata confrontata con un gruppo di 16 bambini con sviluppo tipico (TD). I due gruppi non differivano né per età (ASD: media =11 anni; deviazione standard=2 anni; TD: media= 11 anni; deviazione standard=2 anni; $p=.77$) né per QI (ASD: media =91; deviazione standard=15.3; TD: media= 98; deviazione standard=14.6; $p=.16$). Tutti i genitori dei partecipanti hanno dato il loro consenso affinché i propri figli partecipassero allo studio. Tutte le procedure sono in accordo con la Dichiarazione di Helsinki del 1975.

Stimoli

Gli stimoli erano costituite da fotografie a colori raffiguranti posture corporee estratte da video dei partecipanti, realizzati attraverso l'utilizzo di una telecamera. I partecipanti indossavano una maglietta nera e un paio di pantaloni neri e sono stati ripresi in posizione frontale mentre restavano in piedi di fronte ad uno sfondo bianco. Le fotografie estratte dai video sono state successivamente elaborate utilizzando il programma Adobe Photoshop CS3 ®, al fine ometterne la testa, uniformare la dimensione del corpo fra i partecipanti, e centrare gli stimoli su uno sfondo nero.

Registrazione delle emozioni corporee:

I partecipanti sono stati ripresi in due differenti condizioni: mentre esprimevano emozione generate spontaneamente (endogene) e su imitazione di uno stereotipo presentato loro come modello (esogene). Tali emozioni esogene sono state selezionate da un precedente studio pilota (vedi sotto).

Nell'esperimento 1 (posture emotive generate in maniera endogena) il soggetto veniva video-ripreso mentre esprimeva le tre emozioni di felicità, paura e neutra attraverso posture corporee. In questa condizione i soggetti erano liberi di interpretare liberamente le emozioni così come le

sentivano, attraverso una guida minima da parte dell'esaminatore che forniva loro solo qualche esempio di situazione in cui i bambini potevano aver esperito tale emozione (ad esempio per la felicità veniva suggerito al bambino a come avrebbe espresso la felicità in seguito ad una vincita ad un gioco o dopo aver ottenuto un buon voto a scuola). Un'espressione per ciascuna delle tre emozioni target è stata registrata, per un totale di tre foto per ciascun soggetto. Tali immagini sono state abbinate, per ciascuna emozione, con quelle di altri due bambini. Per ottenere le foto degli altri due bambini sono state mostrate loro le foto del soggetto sperimentale (self), e sono stati quindi ripresi mentre imitavano la postura adottata dal soggetto sperimentale. Pertanto, in questo esperimento, tutte le emozioni erano espresse sulla base della modalità in cui il soggetto sperimentale le esprimeva, rendendo tutte le immagini molto simili fra loro (vedi Figura 1a).

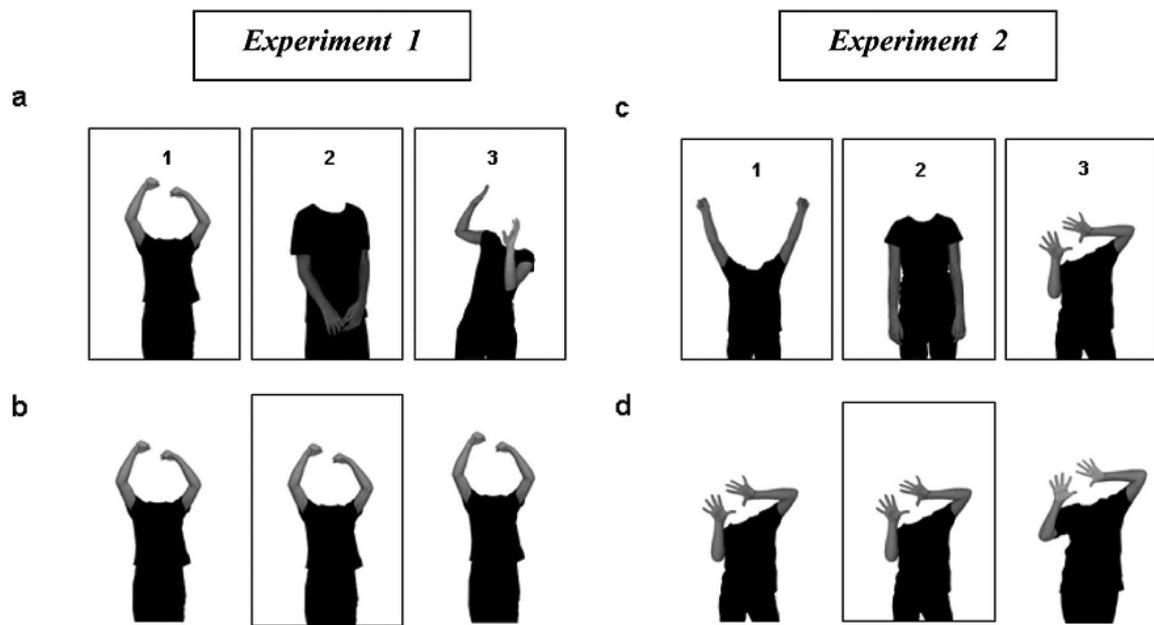


Figura 1: a) Stimoli per l'Esperimento 1 _posture corporee emotive generate in maniera endogena, spontaneamente 1) Felicità; 2) Neutra; 3) paura. B) Un esempio di una singola prova dell'Esperimento 1. Ai partecipanti veniva chiesto di decidere quale delle due immagini laterali (destra o sinistra) era uguale al target presentata al centro. C) Stimoli per l'Esperimento 2 _posture corporee emotive generate in maniera esogena, su imitazione 1) Felicità; 2) Neutra; 3) paura. B) Un esempio di una singola prova dell'Esperimento 2. Ai partecipanti veniva chiesto di decidere quale delle due immagini laterali (destra o sinistra) era uguale al target presentato al centro.

Nell'esperimento 2 (posture emotive generate in maniera esogena su imitazione di un modello fornito) i bambini venivano ripresi mentre esprimevano le tre emozioni imitando posture standard ricavate da un precedente studio pilota e presentate loro dall'esaminatore (vedi Figura 1c). Come conseguenza le emozioni erano espresse in un modo che non corrispondeva a quello in cui il soggetto sperimentale avrebbe espresso quell'emozione. Per entrambi gli esperimenti, in ciascuna prova, tre immagini rappresentanti la stessa postura emotiva venivano presentate allineate

orizzontalmente sullo schermo, finché il soggetto non forniva la risposta. Si noti che i tre stimoli erano simili fra loro da un punto di vista visivo, poiché nell'esperimento 1 gli altri due soggetti (other) imitavano la postura del soggetto sperimentale (self) (vedi Figura 1b), e nell'esperimento 2 tutti i soggetti imitavano la postura del modello ricavato dallo studio pilota (vedi Figura 1d).

Lo stimolo centrale presentato all'interno di una cornice nera rappresentava lo stimolo "sample". In metà delle prove, almeno una delle tre immagini presentate apparteneva al soggetto sperimentale (prove self), mentre nella restante metà tutte le immagini appartenevano ad altri soggetti (prove other). Gli stimoli che hanno funto da self sono stati poi utilizzati come other con altri partecipanti.

Procedura

I soggetti sedevano di fronte ad un PC ad una distanza di circa 30 cm. Ai soggetti veniva chiesto di decidere: "Quale delle due immagini laterali, quella a destra o quella a sinistra, corrisponde al target presentato al centro?" Nelle istruzioni non veniva specificato se l'abbinamento dovesse avvenire in termini d'appartenenza o di espressione emotiva. A tale riguardo, è importante precisare che non veniva richiesto nessun riconoscimento esplicito delle due variabili appartenenza ed emozione. I soggetti venivano istruiti a premere il pulsante in precedenza assegnato al fine di registrare tempi di reazione ed accuratezza nello svolgimento del compito. Gli stimoli sono stati randomizzati e presentati su PC all'interno di un blocco grazie all'utilizzo del software E-PRIME V1.1 (Psychology Software Tools, Pittsburg, PA). Ciascun esperimento era costituito da 24 prove: 12 contenenti il corpo del soggetto sperimentale (in 6 prove il corpo del soggetto sperimentale era il target e nelle restanti 6 era o lo stimolo posto a destra o quello posto a sinistra) e 12 prove contenenti due corpi altrui (A e B, in 6 prove il corpo A era lo stimolo bersaglio ed in 6 prove il corpo B era lo stimolo bersaglio). Le variabili Appartenenza ed Emozione sono state randomizzate fra le prove. Tutti i partecipanti hanno svolto entrambi gli esperimenti in un'unica sessione, con 5 prove di pratica prima dell'inizio della sessione sperimentale. Gli esperimenti sono stati somministrati controbilanciando l'ordine fra i partecipanti.

Studio Pilota

Un gruppo di bambini neurologicamente sani (età media = 11 anni; range= 9-12 anni) sono stati video-ripresi mentre esprimevano attraverso il corpo ciascuna di quattro emozioni: felicità, paura, rabbia e neutra. Al fine di facilitare l'espressione di tali emozioni in ciascun soggetto, sono state raccontate ai bambini brevi storie a carattere emotivo. Un totale di 16 fotografie, rappresentanti le quattro emozioni estratte dai video ed elaborate al computer come descritto precedentemente, sono state selezionate e presentate ad un altro gruppo di 13 bambini (età media = 11 anni; range= 9-14 anni) con sviluppo tipico. I bambini venivano invitati a categorizzare le emozioni mostrate loro in una delle quattro emozioni target, attribuendo anche un punteggio per il grado di intensità dell'immagine presentata (1= bassa, 2=media, 3=alta). Quando i soggetti non riconoscevano correttamente l'emozione veniva dato loro un punteggio pari a zero. Le posture emotive che hanno ottenuto un punteggio più alto sono state selezionate per l'esperimento 2. Poiché l'emozione rabbia, indipendentemente dal tipo di postura, era l'emozione riconosciuta peggio, è stata scartata e lo studio si è concentrato sulle tre emozioni riconosciute correttamente (felicità, paura, neutra).

4.4. Risultati

Due ANOVA distinte sono state condotte per i tempi di reazione e per la percentuale di risposte corrette, per ciascuno dei due esperimenti, con gruppo (ASD e TD) come variabili fra i soggetti e emozione (neutra, felicità e paura) e appartenenza (self e other) come variabili a misure ripetute. Il test post hoc Newman-Keuls è stato utilizzato tutte le volte in cui è stato necessario impiegarlo.

Esperimento 1

L'analisi condotta sui tempi di reazione ha mostrato un effetto significativo della variabile gruppo [$F(1,30)=5.43$, $p<.03$] poiché il gruppo TD di controllo era più veloce a svolgere il compito del gruppo di bambini ASD (2383 ms. vs. 3397 ms). La variabile appartenenza è risultata essere significativa [$F(1,30)=12.68$, $p<.001$], essendo i partecipanti più veloci ad elaborare stimoli propri piuttosto che altrui (2600 ms. vs. 3180 ms). L'interazione emozione X appartenenza è risultata essere significativa [$F(2,60)=6.72$, $p<.001$]. L'analisi post hoc ha rivelato che il self-advantage era presente con stimoli neutri (2511 ms. vs. 3263 ms, $p<.001$) ed esperimenti felicità (2503 ms. vs. 3479 ms, $p<.0002$), ma non stimoli esperimenti paura (2787 ms. vs. 2797 ms, $p=.96$).

Inoltre, con i corpi altrui, i partecipanti erano più veloci con stimoli raffiguranti paura rispetto a quando erano presenti stimoli neutri o esperimenti felicità ($p<.02$ e $p<.001$ rispettivamente). Con i corpi propri, invece, la prestazione dei soggetti non differiva statisticamente nelle tre diverse emozioni. Questo pattern di risultati è simile sia nei bambini con sviluppo tipico sia in quelli affetti da disturbo dello spettro autistico, poiché la triplice interazione non è risultata essere significativa ($p=.13$) (vedi figura 2°-b). Una simile ANOVA condotta sulla percentuale delle risposte corrette ha mostrato un effetto significativo della variabile appartenenza [$F(1,30)=14.6$, $p<.001$], essendo i soggetti più accurati a svolgere il compito quando erano presenti parti del corpo proprie (97%) piuttosto che altrui (92%). La variabile gruppo (ASD= 94%, TD=95%) e la variabile emozione (N=95%, H=94%, F=95%) e le loro interazioni non sono risultate essere significative.

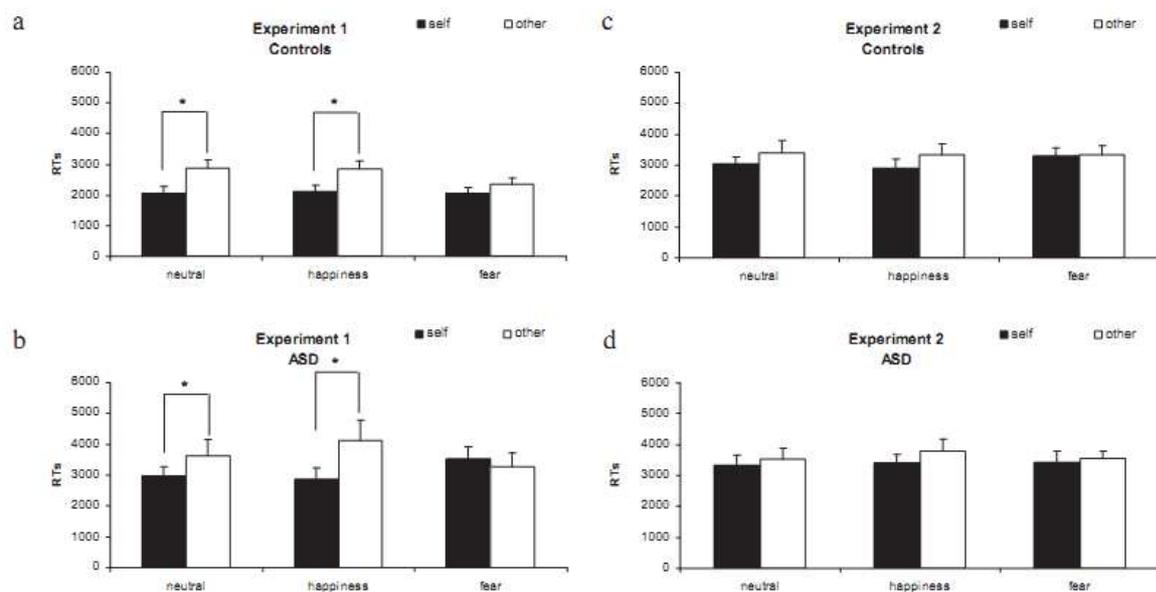


Figura 2: media dei tempi di reazione dei bambini con sviluppo tipico (a–c) e dei bambini affetti da disturbo dello spettro autistico (b–d) nel compito di matching visivo, nell’Esperimento 1 (a–b, posture corporee emotive generate in maniera endogena, spontaneamente e nell’Esperimento 2 (c–d, posture corporee emotive generate in maniera esogena, su imitazione). I risultati sono presentati in funzione dell’appartenenza (self, other) e dell’emozione (neutra, felicità, paura). Le barre rappresentano lo SEM (standard error mean) fra i soggetti. Le differenze significative ($p < .05$) sono indicate da un asterisco.

Esperimento 2

L'analisi condotta sui tempi di reazione ha mostrato un effetto significativo della sola variabile appartenenza [$F(1,30)=5.70$, $p<.02$,], essendo i partecipanti più veloci ad elaborare stimoli propri piuttosto che altrui (3230 ms. vs. 3488 ms). La variabile gruppo e la variabile emozione e le loro interazioni non sono risultate essere significative (vedi figura 2c-d).

Quando una simile ANOVA è stata condotta sulla percentuale delle risposte corrette le variabili gruppo (ASD= 96%, TD=98%), emozione (N=97%, H=97%, F=95%) e appartenenza (self=97% e other=96%) e le loro interazioni non sono risultate significative.

La differenza di risultati nei due esperimenti potrebbe essere dovuta ad una riduzione delle variabilità delle posture quando sono state generate in maniera esogena (esperimento 2), rispetto a quando sono generate in maniera endogena (esperimento 1). Per escludere tale possibilità è stata condotta un'ulteriore ANOVA sulle deviazioni standard dei due esperimenti con gruppo con (ASD e TD) come variabili fra i soggetti e esperimento (esperimento 1 e esperimento 2), emozione (neutra, felicità e paura) e appartenenza (self e other) come variabili a misure. Solo la variabile gruppo è risultata essere significativa [$F(1,30)=10.17$, $p<.003$] poiché la variabilità era complessivamente maggiore nel gruppo di bambini ASD rispetto al gruppo di bambini TD (1522 ms vs. 835 ms), senza differenze fra le varie posture ($p=.66$).

4.5. Discussione

Questo esperimento ha messo in evidenza prima di tutto la presenza dell'effetto self-advantage sia nei bambini con sviluppo tipico sia in bambini affetti da disturbo dello spettro autistico ad alto funzionamento. Si sottolinea come questo vantaggio ad elaborare le proprie posture corporee rispetto alle posture corporee altrui sia stato messo in evidenza con un compito di tipo implicito, senza richiedere quindi un riconoscimento esplicito delle proprie posture corporee. La presenza di un riconoscimento del sé e in età evolutiva è in linea con studi in psicologia dello sviluppo (vedi studi di Rochat e coll., 2003 per i 5 livelli di consapevolezza del sé). Inoltre, è ben noto come i bambini già dal secondo anno di vita siano in grado di riconoscere sé stessi allo specchio, utilizzino pronomi personali e mettano in atto giochi di ruolo (Bertenthal & Fisher, 1978; Lewis & Ramsey, 2004). L'aspetto di certo interessante è che il self-advantage sia stato trovato anche nel gruppo di bambini affetti da autismo. Ricerche precedenti avevano invece messo in luce come gli individui affetti da autismo mostrino una riduzione dei processi autoreferenziali (Lombardo e coll., 2007; Henderson e coll., 2009). Inoltre, studi di neuroimaging mostrano come i circuiti neurali sottostanti alla rappresentazione di sé siano organizzati in maniera atipica nelle persone affette da autismo. A tale riguardo Lombardo e collaboratori (2010) hanno condotto uno studio di risonanza magnetica funzionale dove i partecipanti (adulti affetti da autismo e adulti neurologicamente sani) venivano sottoposti a risonanza magnetica funzionale mentre riflettevano su sé stessi o su personaggi famosi (ad esempio, la Regina d'Inghilterra) sia da un punto di vista fisico che mentale. Gli studi hanno trovato un pattern di attivazione neurale atipico nelle persone affette da autismo, in maniera specifica nelle aree deputate a codificare le informazioni riguardo a sé stessi. Inoltre, è stata messa in evidenza una riduzione della connettività fra le aree cerebrali deputate sia agli alti ordini di concettualizzazione della propria rappresentazione, sia agli ordini di rappresentazione più bassi. Tuttavia, è importante precisare come nello studio appena descritto siano stati impiegati compiti molto complessi, come la mentalizzazione e/o giudizi inerenti sé stesso e gli altri. Nel nostro esperimento, invece, i partecipanti hanno svolto compiti di confronto visivo, che erano già stati

dimostrati in grado di mettere in evidenza l'effetto self-advantage (Frassinetti e coll., 2008). Il riconoscimento corporeo indagato in questo studio concerne quindi un livello di consapevolezza del sé corporeo di più basso livello, che potrebbe essere preservato nei soggetti con autismo ad alto funzionamento. Inoltre, è noto che non esista un singolo senso di sé o un specifico sistema neurale del sé (vedi revisione di Tsakiris 2010). Piuttosto, il self è un complesso costruito multidimensionale, dove il sé corporeo rappresenterebbe una delle componenti del sé. È possibile che nell'autismo alcune componenti del sé siano deficitarie mentre altre siano preservate. Inoltre, non tutti gli studi mostrano un deficit nei processi legati al sé in individui affetti da autismo. Ad esempio, Williams e Happé (2009) hanno messo in evidenza come partecipanti affetti da autismo fossero in grado di richiamare le azioni compiute da loro stessi piuttosto che da altri, mostrando il cosiddetto vantaggio nei processi referenziali del sé. Sebbene i nostri dati non sembrino essere in favore di tale ipotesi, è importante considerare come la gravità del deficit nei processi legati al sé possa essere legata alle difficoltà nelle relazioni sociali delle persone affette da autismo, così come trovato per altri aspetti legati al sé (Lombardo e coll., 2010).

Il secondo risultato di questo studio è che il riconoscimento del sé corporeo è modulato dalle posture corporee emotive. Tale modulazione è più forte quando le posture emotive sono generate in maniera endogena (spontanea), piuttosto che esogena (su imitazione). Questa modulazione del sé è presente sia nei bambini con sviluppo tipico sia nei bambini affetti da autismo. Il self-advantage è inoltre emerso in entrambi i gruppi di partecipanti con posture emotive neutre ed esprimenti felicità, mentre non emerge con le espressioni emotive di paura. La presenza del self-advantage con posture neutre dimostra come le posture corporee emotive possano influenzare o modulare il riconoscimento del sé corporeo, senza costituire però un fattore necessario perché avvenga un riconoscimento del sé corporeo. La mancanza di self-advantage con le posture corporee esprimenti paura è compatibile con l'idea che gli esseri umani elaborino allo stesso livello le posture proprie ed altrui quando esprimono paura, proprio per la valenza che il corretto riconoscimento di quest'emozione ha per la nostra sopravvivenza. Inoltre, è presente un vantaggio selettivo

nell'elaborare posture corporee altrui quando esprimono paura sia rispetto alle posture neutre che esprimenti felicità, mentre non emerge nessuna differenza con le posture corporee proprie. Per l'evoluzione della specie, il riconoscimento dei segnali di paura negli altri è di notevole importanza e proprio per questo potrebbe temporaneamente imporsi sul vantaggio ad elaborare le proprie parti del corpo rispetto a quelle altrui. Inoltre, le posture corporee altrui esprimenti paura ci forniscono informazioni sulla provenienza del pericolo stesso, fornendoci quindi importanti informazioni su come evitare o allontanarci dal pericolo, così come suggerito da alcuni studi condotti sulle scimmie (de Gelder e Partan, 2009). Considerate tali osservazioni, è di notevole interesse che studi di risonanza magnetica funzionale abbiamo evidenziato un incremento dell'attività dell'amigdala in compiti in cui i partecipanti vedevano espressioni di paura, mentre non emerge alcuna attività a livello dell'amigdala in seguito alla presentazione di espressioni di felicità (Vuilleumier e coll., 2001; Morris e coll., 1998; Hadjikan e coll., 2009; de Gelder e coll., 2004). È interessante notare che l'amigdala svolge un ruolo centrale nel collegare i segnali di paura con risposte difensive, attentive e comportamentali più appropriate (Vuilleumier e coll., 2004).

Il risultato cruciale di questo studio è che, sebbene i bambini affetti da autismo siano complessivamente più lenti nello svolgimento del compito rispetto ai bambini con sviluppo tipico, i due gruppi di partecipanti presentano lo stesso pattern di risultati in termini qualitativi. Inoltre, le posture corporee emotive modulano i processi di distinzione fra sé ed altro sia nei bambini con autismo che in quelli con sviluppo tipico. Tali risultati sono chiaramente in favore dell'ipotesi che sia il riconoscimento del proprio corpo e di quello altrui, sia la modulazione delle posture corporee emotive, rappresentino funzioni di basso livello, che possono essere preservate nelle persone affette da autismo. Il presente risultato è solo in apparente contrasto rispetto agli studi precedentemente condotti sulla percezione di emozioni corporee nell'autismo (Hadikani e coll., 2009; Hubert e coll., 2007). Nello studio di Hubert e collaboratori (2007), infatti, i compiti impiegati erano differenti rispetto a quelli utilizzati nel nostro studio. Inoltre, Hadikani e colleghi (2009) hanno mostrato differenti pattern di attivazione corticale e sottocorticale in soggetti affetti da disturbo dello spettro

autistico e in soggetti neurologicamente sani. Pertanto, è possibile che la simile modulazione delle emozioni sui processi di riconoscimento del corpo proprio ed altrui riscontrata nel nostro studio, sia sotteso da circuiti neurali parzialmente differenti nei due gruppi presi in esame. Ulteriori studi potranno chiarire le basi neurali della modulazione delle emozioni nel riconoscimento del proprio corpo ed in quell'altrui in bambini con sviluppo tipico e atipico.

Capitolo 5. Esperimento – I gesti nella distinzione fra sé ed altro

Studio in preparazione per la pubblicazione

5.1. Abstract

La comunicazione fra gli individui è possibile attraverso un canale verbale, ma anche attraverso un canale non verbale, gestuale. Questi sistemi possono lavorare separatamente od in sinergia fra loro. Infatti, i gesti hanno un ruolo diretto nel comunicare le intenzioni altrui e possono anche disambiguare le informazioni uditive che gli altri ci forniscono, consentendo così all'ascoltatore di comprendere pienamente il messaggio del parlante. Lo scopo del presente studio è di esplorare l'influenza di due variabili e la loro interazione sulla nostra capacità di elaborare i gesti. La prima variabile è rappresentata dal *significato* dei gesti, compiuti nel nostro studio con la mano. Infatti, se i gesti sono cruciali nella nostra interazione con le altre persone, i gesti comunicativi dovrebbero essere elaborati in maniera differente dai gesti non comunicativi. La seconda variabile oggetto del presente studio è rappresentata dall'*appartenenza* della mano che compie il gesto. A tale riguardo, è cruciale comprendere il messaggio trasmesso dalla mano di un altro piuttosto che il gesto compiuto dalla propria mano. Pertanto abbiamo ipotizzato che l'elaborazione dei gesti altrui dovrebbe essere facilitata quando questi gesti esprimono un contenuto comunicativo rispetto a quando non comunicano alcun messaggio. Abbiamo esaminato queste ipotesi attraverso un compito in cui i partecipanti venivano invitati a compiere un compito visivo di "matching-to-sample", in cui gli stimoli raffiguravano gesti compiuti con la mano, comunicativi e non comunicativi, che potevano appartenere al soggetto sperimentale (self) o ad altri partecipanti (other). In linea con le nostre ipotesi, i risultati dello studio hanno mostrato come i gesti comunicativi altrui siano elaborati più velocemente rispetto a quando i gesti altrui non comunicano nessun messaggio significativo per l'interlocutore.

5.2. Introduzione

Gli esseri umani sono una specie altamente sociale. Come parte del nostro essere animali sociali, siamo soliti porre notevole attenzione al comportamento delle altre persone. Nel dominio della cognizione sociale, molti studi precedenti si sono focalizzati sulla percezione dei volti, sebbene esistano evidenze recenti che hanno messo in luce come tutto l'intero corpo contribuisca a comunicare informazioni sostanziali in merito agli altri individui, inclusi l'identità, il genere e le emozioni (Van den Stock e coll., 2011; Zamagni e coll., 2011). In tale contesto, le posture corporee ed in modo particolare i gesti, contribuiscono notevolmente a fornirci informazioni sulle intenzioni delle azioni altrui. I gesti, inoltre, innalzano la fluenza verbale, ad esempio quando un parlante ha difficoltà a tradurre il proprio pensiero in un messaggio, ed arricchiscono notevolmente il messaggio da trasmettere all'interlocutore (Krauss e coll., al. 1996; Melinger e Levelt 2004, Wu e Coulson 2007b)). Siamo soliti produrre movimenti con le mani, con la bocca e con il corpo al fine di far sì che l'ascoltatore comprenda appieno il nostro messaggio.

Infine, i gesti assistono le informazioni acustiche, disambiguando ad esempio messaggi verbali in parte non percepiti a causa di un'interferenza (Goldin-Meadow 1999). Nello specifico, le posture comunicative compiute con la mano, o "emblemi", rappresentano ausili interessanti, capaci di tradurre contenuti verbali complessi in un solo semplice gesto. Questi gesti simbolici d'uso familiare includono il gesto del "pollice verso l'alto", del "ciao", del "pugno verso l'alto" e vengono utilizzati in maniera intenzionale al fine di chiarire l'informazione comunicativa. Ciascuna cultura possiede un ventaglio di gesti simbolici familiari alla maggior parte dei suoi membri. È interessante notare come gesti molto simili fra loro possano avere significati completamente differenti fra le diverse culture (Ekman 1969).

Come recentemente messo in evidenza da Daprati e colleghi (2011), ai fini dell'elaborazione di un gesto osservato, assume notevole importanza "chi" compie quel gesto. Nello studio di Daprati e coll. i partecipanti venivano sottoposti ad un compito in cui venivano presentati brevi video di gesti compiuti da una mano virtuale. La mano virtuale si muoveva in base alla cinematica

precedentemente registrata del soggetto sperimentale (self) o di un'altra persona (other). In metà delle prove, il video del gesto originale veniva manipolato ed il soggetto sperimentale doveva dire se il video era stato manipolato oppure no. I risultati mostrano come i soggetti tendano a considerare i gesti altrui come sempre genuini, mentre la tendenza opposta è emersa con i gesti propri, i quali venivano maggiormente classificati come artificiali. Gli autori concludono affermando che sebbene all'osservatore non venisse richiesto di discriminare l'agente dei gesti, i partecipanti applicavano comunque a livello implicito criteri differenti di discriminazione fra gesti propri e gesti altrui. Questo risultato è in linea con studi che mostrano come le parti del corpo proprie ed altrui siano elaborate separatamente. Inoltre, distinguere il sé dall'altro rappresenta un aspetto chiave della cognizione sociale (Decety & Sommerville 2003; Adolphs 2003; Frith & Frith 2010). Esistono tuttavia pochissimi studi che si sono occupati di indagare l'interazione fra corpo proprio ed altrui, quando le parti del corpo sono impegnate a trasmettere un messaggio sociale rilevante (Daprati e coll., 2011).

A tale riguardo, nel presente studio abbiamo preso in esame se l'elaborazione visiva della mano propria ed altrui possa essere influenzata dal significato espresso dal gesto compiuto con la mano. Abbiamo ipotizzato che un gesto comunicativo sia più importante da elaborare correttamente quando viene compiuto dalle persone che osserviamo piuttosto che quando viene compiuto da noi. Quindi, la natura comunicativa o non comunicativa dei gesti compiuti con la mano potrebbe avere un effetto sulla nostra capacità di distinguere fra corpo proprio ed altrui (Daprati e coll., 2011; Frassinetti e coll., 2011). Nel presente studio abbiamo testato questa ipotesi reclutando un gruppo di partecipanti che sono stati sottoposti ad un compito visivo di "matching-to-sample", in cui gli stimoli raffiguravano posture comunicative e o non comunicative compiute con la mano dei soggetti sperimentali (self) o d'altri partecipanti (other). Ulteriore scopo dello studio era indagare il ruolo della prospettiva nei processi di distinzione fra parti del corpo proprie ed altrui. A tale scopo, ciascun tipo di postura è stato presentato in due differenti prospettive: Egocentrica (dal punto di vista dell'agente che compie il gesto) e Allocentrica (dal punto di vista di chi osserva il gesto). Sulla

base della nostra ipotesi abbiamo predetto la possibilità di osservare tempi di risposta nello svolgimento del compito più veloci in seguito alla presentazione di gesti comunicativi altrui rispetto a gesti altrui non comunicativi, in particolare nella prospettiva allocentrica. Tale predizione è in linea con il valore che i gesti comunicativi altrui rivestono nell'interazione sociale. Inoltre, in base a recenti evidenze che hanno impiegato il medesimo paradigma (Frassinetti e coll., 2011), ci aspettiamo che i partecipanti siano più veloci ad elaborare stimoli raffiguranti gesti non comunicativi propri rispetto a gesti non comunicativi altrui, in particolare nella prospettiva egocentrica.

5.3. Materiali e metodi

Partecipanti

Quarantasette partecipanti (19 maschi-28 femmine, età media 28 anni; range 21–39 anni), neurologicamente sani, non affetti da disturbi psichiatrici e naïve rispetto allo scopo dello studio, hanno fornito il loro consenso informato a partecipare all’esperimento. Lo studio è stato approvato dal comitato etico locale e tutte le procedure sono in linea con la dichiarazione di Helsinki del 1975.

Stimoli e Procedura

Gli stimoli erano costituiti da fotografie che raffiguravano mani, destre o sinistre, durante l’esecuzione di gesti intransitivi, comunicativi e non comunicativi, ripresi da due differenti punti di vista: egocentrica (punto di vista di compie il gesto) e allocentrica (punto di vista di chi osserva il gesto). I gesti comunicativi rappresentavano gesti del linguaggio non verbale d’interazione sociale (gesto di “ok” e gesto di “vittoria”). I gesti non comunicativi sono stati ricavati dai gesti comunicativi introducendo piccole variazioni come, ad esempio, piegare od estendere un dito.

In 27 partecipanti le foto sono state scattate mentre i soggetti compievano i gesti con la mano destra, mentre nei rimanenti 20 partecipanti, le foto sono state scattate mentre i gesti venivano compiuti con la mano sinistra.

In ciascuna prova venivano presentate tre immagini, raffiguranti la stessa tipologia di gesto, allineate orizzontalmente al centro dello schermo (vedi Figura 1).

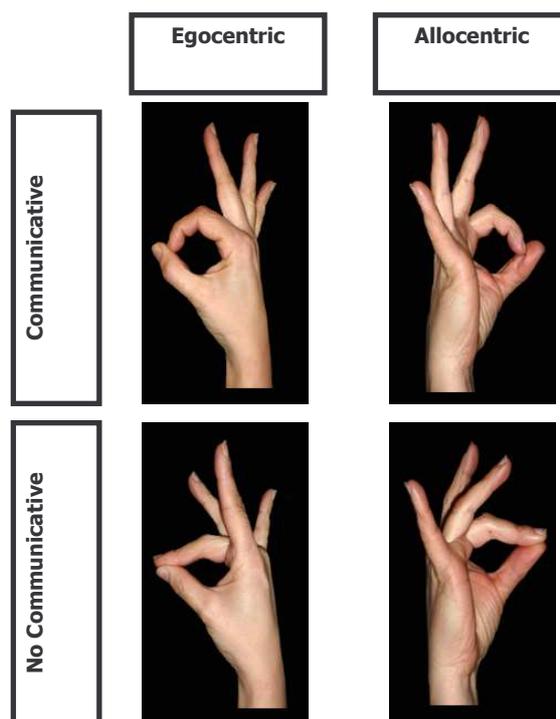


Figura 1: un esempio del gesto “OK” e del corrispondente gesto non comunicativo, in prospettiva egocentrica ed allocentrica.

Il soggetto doveva dire quale immagine, fra quella posta a destra o a sinistra, era uguale allo stimolo bersaglio presentato al centro, premendo un tasto con l’indice della mano destra o della mano sinistra (vedi Figura 2). In metà delle prove almeno una delle tre immagini apparteneva al soggetto sperimentale (condizione self) nell’altra metà tutte le immagini presentate appartenevano ad altri soggetti sperimentali (condizione other).



Figura 2: un esempio di una prova sperimentale

I soggetti sono stati fatti sedere davanti allo schermo di un computer alla distanza di circa 30 cm.

Nelle istruzioni non veniva specificato se il compito di match dovesse essere fatto in termini d'appartenenza (proprio o altrui) o del tipo di gesto (comunicativo o non comunicativo). È importante precisare che non veniva richiesto nessun riconoscimento esplicito delle variabili appartenenza e tipo di gesto. Per ogni prova sono stati registrati i tempi di reazione e l'accuratezza. La presentazione degli stimoli è stata randomizzata con l'utilizzo del programma E-prime V1.1 (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). L'esperimento consisteva in 64 prove: 32 prove contenenti gesti comunicativi (16 per ciascuno dei due gesti) e 32 prove contenenti gesti non comunicativi (16 per ciascuno dei due gesti). Per ciascun tipo di gesto (comunicativo e non comunicativo), metà delle prove conteneva almeno uno stimolo rappresentante la mano del soggetto sperimentale (condizione self), mentre l'altra metà delle prove conteneva stimoli rappresentanti tre mani di altri soggetti (condizione other). Al fine di evitare che la ripetizione degli stesse prove inducesse un effetto di facilitazione durante il compito, in ciascun blocco gli stimoli self apparivano lo stesso numero di volte degli stimoli other. Tutti i partecipanti hanno svolto il compito in una singola sessione, con 10 prove di pratica prima della sessione sperimentale.

I partecipanti sono stati divisi in 4 gruppi:

- Congruenti destri (C-R) (17 partecipanti): quando i partecipanti rispondevano con la mano destra a gesti compiuti con la mano destra

- Non Congruenti destri (NC-R) (10 partecipanti): quando i partecipanti rispondevano con la mano sinistra a gesti compiuti con la mano destra
- Congruenti sinistri (C-L) (10 partecipanti): quando i partecipanti rispondevano con la mano sinistra a gesti compiuti con la mano sinistra;
- Non Congruenti sinistri (NC-L) (10 partecipanti): quando i partecipanti rispondevano con la mano destra a gesti compiuti con la mano sinistra;

5.4. Risultati

I partecipanti sono stati molto accurati nello svolgimento del compito (percentuale di risposte corrette = 97%), perciò l'analisi è stata condotta sulla media dei tempi di reazione delle risposte corrette.

Per prima cosa abbiamo condotto un'ANOVA con Gruppo (C-R; NC-R; C-L; NC-L) come variabile fra i soggetti e Significato (comunicativi vs. non-comunicativi), Prospettiva (egocentrica vs. allocentrica) e Appartenenza (self vs. other) come variabili a misure ripetute. L'interazione Gruppo X Significato X Appartenenza non è risultata essere significativa ($F(3,43)=0.51$ $p=.68$). Pertanto, abbiamo collassato i dati in due gruppi: Congruente e Non Congruente.

Abbiamo condotto un'ANOVA con Gruppo (Congruente=C e Non Congruente=NC) come variabile fra i soggetti e Significato (comunicativi vs. non comunicativi), Prospettiva (egocentrica vs. allocentrica) e Appartenenza (self vs. other) come variabili a misure ripetute. Il test Tukey HSD per gruppi ineguali è stato utilizzato per i confronti post-hoc.

La variabile Gruppo è risultata essere significativa [$F(1,45) = 4.27$, $p < .05$] poiché i partecipanti del gruppo Congruente erano più veloci a svolgere il compito rispetto ai partecipanti del gruppo Non Congruente (1228 ms vs. 1426 ms). Anche la variabile Prospettiva è risultata essere significativa [$F(1,45) = 10,4$, $p < .002$], perché i soggetti erano più veloci ad elaborare gli stimoli nella prospettiva egocentrica piuttosto che allocentrica (1295 ms vs. 1359 ms). Inoltre, anche la variabile Appartenenza è risultata essere significativa [$F(1,45) = 21.67$, $p < .0001$], essendo i soggetti più veloci ad elaborare i gesti propri rispetto ai gesti altrui (1295 ms vs. 1359 ms). In maniera cruciale l'interazione Significato X Appartenenza è risultata essere significativa [$F(1,45) = 14.48$, $p < .0001$]. Come illustrato in Figura 3, con gli stimoli altrui i partecipanti erano più veloci con i gesti comunicativi (1342 ms) che con i gesti non-comunicativi (1419 ms, $p < .01$), mentre non sono emerse differenze significative fra gesti comunicativi (1296 ms) e non comunicativi con gli stimoli propri (1253 ms, $p=.22$). Inoltre, con i gesti non comunicativi i partecipanti erano più veloci con gli

stimoli self piuttosto che con gli stimoli other ($p < .0001$), mentre con i gesti comunicativi non si osservano differenze significative fra stimoli propri ed altrui ($p = .18$), vedi Figura 3.

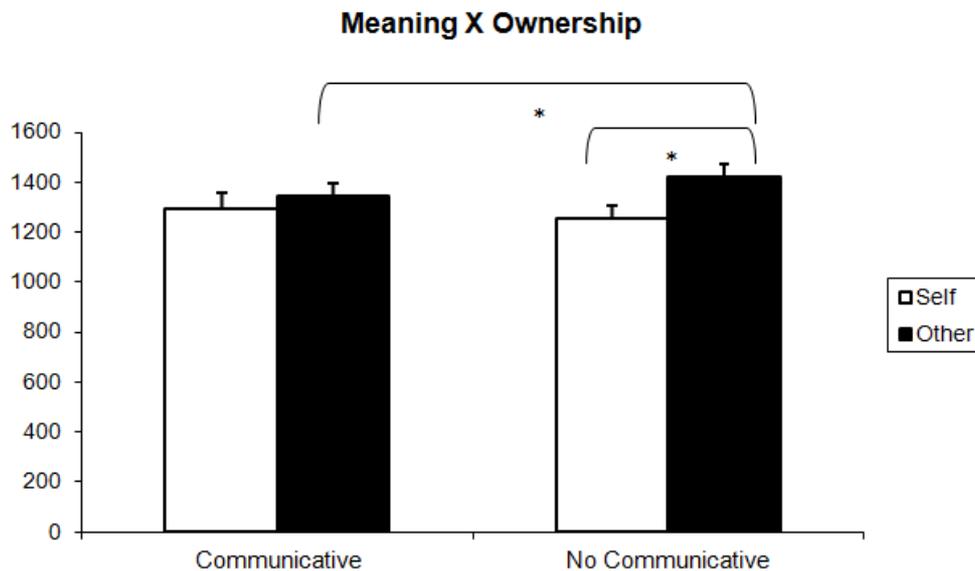


Figura 3: Media dei tempi di reazione in funzione del Significato (Comunicativo, non comunicativo) e Appartenenza (Self, Other). Le barre rappresentano il SEM (standard error mean) fra i soggetti. Le differenze significative inferiori a $p < .05$ sono contrassegnate da un asterisco.

Inoltre, anche l'interazione Prospettiva X Appartenenza è risultata essere significativa [$F(1,45) = 6,77, p < .01$]. Come illustrato in Figura 4, l'effetto self-advantage era presente solo nella prospettiva egocentrica. Inoltre, nella prospettiva egocentrica i partecipanti erano più veloci con gli stimoli propri piuttosto che con gli stimoli altrui (1215 ms vs 1376, $p < .0001$), mentre nella prospettiva allocentrica non sono state messe in evidenza differenze fra stimoli propri ed altrui (1334 ms vs 1384, $p = .33$). Con gli stimoli propri i partecipanti erano più veloci nella prospettiva egocentrica (1215 ms) che allocentrica (1334 ms, $p < .001$), mentre non sono emerse differenze significative fra la prospettiva egocentrica (1376 ms) e allocentrica con stimoli altrui (1384 ms, $p = .33$). Questo è vero solo per i gesti non comunicativi, come suggerito dalla triplice interazione Prospettiva X Significato X Appartenenza ([$F(1,45) = 4.72, p < .04$]). Per i gesti non comunicativi i

partecipanti hanno mostrato il self advantage solo con stimoli in prospettiva egocentrica (self=1187 ms vs. other=1438, $p<.0001$), ma non con stimoli in prospettiva allocentrica (1318 ms vs. 1399, $p=.09$). Per i gesti comunicativi, l'effetto self-advantage non emerge né in prospettiva egocentrica (self=1243 ms vs. other=1314, $p<.18$) né in prospettiva allocentrica (1349 ms vs. 1370, $p=.99$), vedi Figura 5. Infine l'interazione Gruppo X Prospettiva X Significato X Appartenenza non è risultata essere significativa ($F(1,45)=0,34$, $p=.56$), vedi Figura 4 e 5.

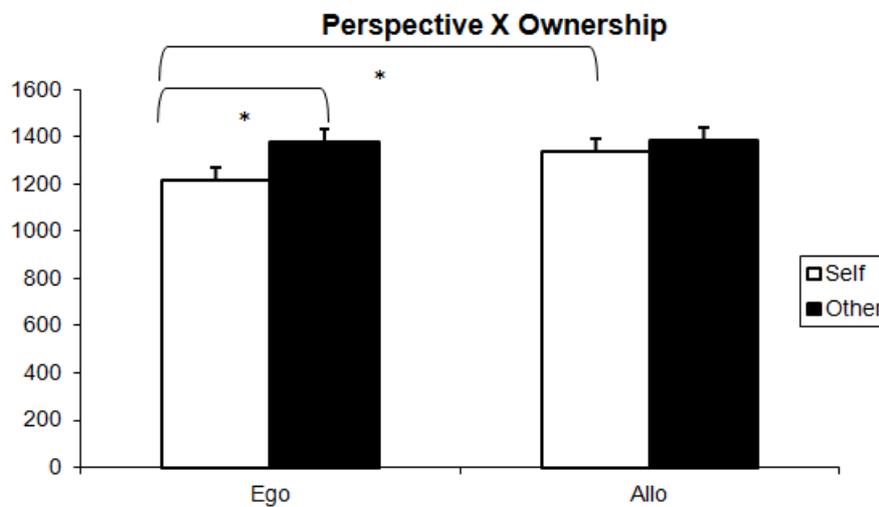


Figura 4: Media dei tempi di reazione in funzione della Prospettiva (Egocentrica, Allocentrica) e Appartenenza (Self, Other) nella prospettiva egocentrica e allocentrica. Le barre rappresentano il SEM (standard error mean) fra i soggetti. Le differenze significative inferiori a $p<.05$ sono contrassegnate da un asterisco.

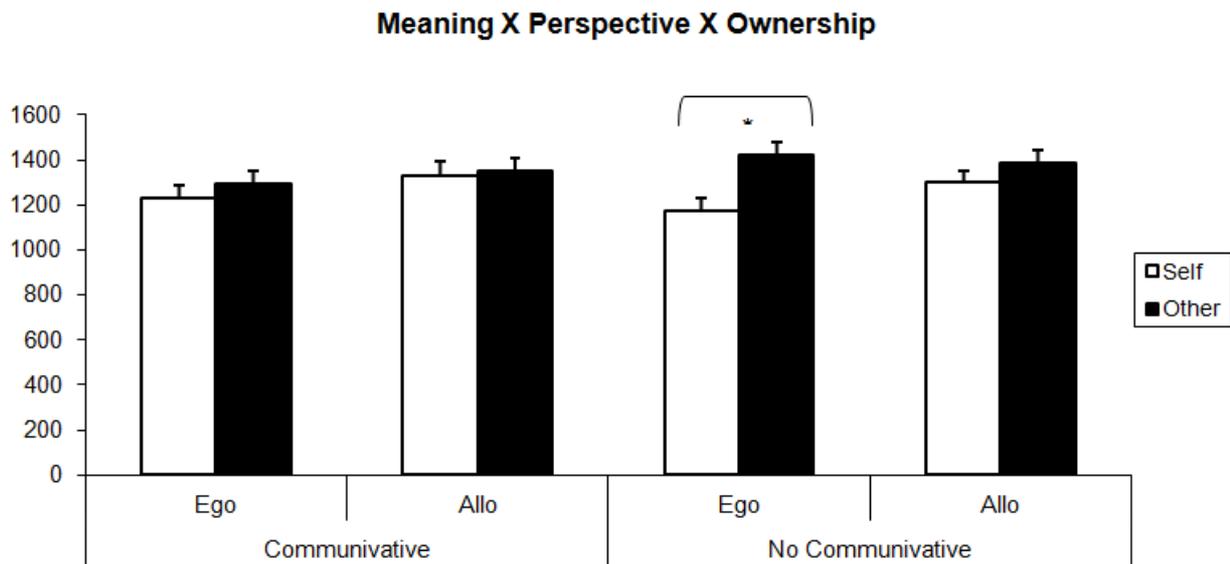


Figura 5: Media dei tempi di reazione in funzione del Significato (Comunicativi, non comunicativi), Prospettiva (Egocentrica, Allocentrica) e Appartenenza (Self, Other) per i gesti comunicativi e non comunicativi. Le barre rappresentano il SEM (standard error mean) fra i soggetti. Le differenze significative inferiori a $p < .05$ sono contrassegnate da un asterisco.

5.5. Discussione

Scopo dello studio era esplorare se il significato veicolato da gesti compiuti con la mano, poteva interagire con l'abilità di elaborare il proprio corpo e quell'altrui. A tale scopo, ai partecipanti veniva richiesto di compiere un compito di "matching-to-sample" in cui gli stimoli raffiguravano gesti, comunicativi e non comunicativi, appartenenti al soggetto sperimentale (self) o ad altri partecipanti (other). I partecipanti, prima suddivisi in quattro gruppi in base a due criteri, mano osservata e mano usata per fornire la risposta, sono stati poi collassati in due gruppi: il gruppo congruente (quando il lato della mano osservata era lo stesso del lato della mano di risposta) ed il gruppo non congruente (quando il lato della mano osservata era diverso dal lato della mano di risposta).

Il primo risultato dello studio è un effetto principale della congruenza fra mano osservata e mano di risposta poiché i partecipanti del gruppo congruente erano più veloci di quelli del gruppo non congruente. È ben noto come l'osservazione di un'azione compiuta con una mano moduli l'eccitabilità corticale determinando un incremento dell'ampiezza dei potenziali evocati motori (MEPs, vedi Fadiga e coll., 1995). Queste evidenze suggeriscono pertanto come il sistema motorio non sia soltanto deputato alla produzione di movimenti, ma sia coinvolto anche nel riconoscimento delle azioni (Fadiga e coll., 1995). Come regola generale, sappiamo che il movimento di un arto è controllato dall'emisfero cerebrale controlaterale. In uno studio di Parsons e coll., (1998) è stato dimostrato come la rappresentazione motoria della mano destra e della mano sinistra siano lateralizzate in maniera separata nei due emisferi. Nello studio di Parson (1998), pazienti callosotomizzati dovevano compiere un giudizio di lateralità di mani destre e sinistre presentate per 150 ms e in varie posizioni dell'emicampo visivo destro o sinistro. I risultati hanno mostrato una doppia dissociazione nell'accuratezza dei pazienti nello svolgimento del compito in funzione della lateralizzazione dello stimolo e dell'emicampo visivo in cui veniva presentato lo stimolo. Tale effetto sarebbe dovuto secondo gli autori al fatto che le rappresentazioni motorie della mano destra e della mano sinistra sarebbero lateralizzate nei due emisferi cerebrali, in modo che in ciascun

emisfero cerebrale sia contenuta la rappresentazione della mano controlaterale, ma non di quella ipsilaterale (Parsons e coll., 1998). Allo stesso modo, le risposte comportamentali ottenute ad esempio con la mano destra, inducono un'attivazione della corteccia motoria nell'emisfero controlaterale, in questo caso, l'emisfero sinistro.

Tali evidenze possono spiegare l'effetto di congruenza trovato nel presente studio in cui le risposte comportamentali dei partecipanti erano facilitate da immagini statiche aventi la stessa lateralità della mano utilizzata per fornire la risposta. Ad esempio, quando un soggetto vedeva una mano destra e rispondeva con la mano sinistra la sua prestazione mostrava un ritardo, poiché la rappresentazione della mano osservata (in questo caso la mano destra che attivava quindi la corteccia motoria dell'emisfero sinistro) interferiva con la rappresentazione motoria attivata dalla mano di risposta (in questo caso mano sinistra, che attivava quindi la corteccia motoria dell'emisfero destro).

Il secondo risultato dello studio, in accordo con le nostre ipotesi, è che l'elaborazione della mano altrui è facilitata in seguito alla presentazione di gesti comunicativi rispetto a quando erano presentati gesti non comunicativi. Inoltre, è interessante notare come i gesti comunicativi altrui vengano elaborati non solo meglio dei gesti non comunicativi altrui, ma anche con la stessa rapidità di elaborazione dei gesti propri. L'osservazione di un gesto comunicativo presuppone sempre la presenza di un secondo agente (Clark 1992; Bara, 2010). Per tale ragione, quando un gesto trasmette un messaggio significativo ai fini comunicativi, siamo soliti prepararci ad osservare tale gesto. La percezione di un gesto comunicativo è cruciale poiché attraverso l'uso di tali segnali siamo in grado di comprendere le intenzioni di un secondo agente (l'altro). In particolare, la corretta interpretazione dei gesti altrui ci consente anche di predire quale azione l'altra persona compierà in seguito (Sebanz e coll., 2006), preparando il nostro corpo a rispondere in maniera più idonea al comportamento dell'altro.

Queste evidenze implicherebbero tuttavia l'esistenza di un circuito neurale distinto e specifico per le azioni altrui. Tale idea è in linea con un recente studio condotto sulle scimmie da Yoshida e

colleghi (2011). In questa ricerca gli autori hanno sviluppato un compito nel quale una di due scimmie, sedute una di fronte all'altra, svolgeva un compito di scelta forzata mentre l'altra fungeva da osservatore. Le due scimmie venivano istruite poi ad invertire i ruoli: quella che prima fungeva da attore diventava poi osservatore. Dopo che la scimmia attore aveva premuto il tasto d'avvio, due bottoni di risposta erano illuminati in verde ed in giallo. La posizione dei due bottoni gialli e verdi era modificata in maniera randomizzata tra le prove. L'attore doveva scegliere uno dei due bottoni al fine di ottenere un premio, mentre l'osservatore era allenato ad osservare la scimmia attore. In ciascuna prova solo uno dei bottoni consentiva di ricevere il premio. L'associazione fra colore del bottone e premio rimaneva invariata durante un blocco di 5-17 prove, dopodiché l'associazione fra colore del bottone e premio cambiava improvvisamente. Quando la scimmia attore sceglieva il bottone corretto, entrambe le scimmie ricevevano un premio, mentre in caso di scelta errata da parte dell'attore, nessuna delle due scimmie riceveva un premio. Il ruolo d'attore e osservatore fra le due scimmie veniva alternato ogni due prove, dando così ai due animali la stessa possibilità di compiere il movimento di scelta. I risultati rilevano l'esistenza di neuroni della corteccia mediale frontale (MFC), che si attivano in maniera selettiva durante l'osservazione di azioni compiute dall'altra scimmia. È interessante notare che gli stessi neuroni non si attivano durante l'osservazione della propria azione. Tali dati proverebbero che gli esseri umani e altri animali come le scimmie pongono attenzione agli altri individui al fine di acquisire informazioni valide da un punto di vista sociale e che a tale compito sarebbe deputata un'area cerebrale selettiva per i movimenti altrui (Yoshida e coll., 2011).

La questione fondamentale circa quale meccanismo neurale sia in grado di distinguere le azioni degli altri dalle proprie è stata affrontata solo di recente tramite la risonanza magnetica funzionale nell'uomo e l'elettrofisiologia nell'animale e necessita di paradigmi utili a poter determinare questa distinzione a livello comportamentale. L'obiettivo del nostro studio era proprio quello di indagare quale informazione ci consente di distinguere il nostro corpo da quello altrui, in particolare nell'ambito di un contesto gestuale comunicativo o non comunicativo. Studi precedenti di

Frassinetti e colleghi hanno messo in evidenza un processo di riconoscimento implicito del proprio corpo attraverso l'effetto self-advantage (vedi Frassinetti e coll., 2008; 2009; 2010; 2011). I dati qui riportati suggeriscono che la presenza del significato in una postura gestuale possa sovrascrivere l'effetto self-advantage emerso negli studi precedenti, forse allo scopo di meglio permettere la comprensione del gesto altrui isolandolo da un processo concomitante di riconoscimento del proprio corpo. In questi termini, è possibile paragonare quest'effetto al famoso effetto Stroop. Nell'effetto Stroop il significato espresso della parola interferisce con la denominazione del colore con cui la parola è scritta. In questo studio, in modo analogo, il significato espresso dal gesto interferisce con l'elaborazione dell'appartenenza della mano, anche se non viene richiesto nessun processo esplicito di riconoscimento. L'importante differenza fra questo compito e l'effetto Stroop è infatti che in quest'ultimo la denominazione del colore con cui le parole sono scritte è richiesta esplicitamente.

Il terzo risultato dello studio è che, come in altri studi precedenti (vedi Frassinetti e coll., 2011; Ferri e coll., 2011), l'effetto self-advantage è modulato dalla prospettiva. Questo studio è in linea con evidenze precedenti (Frassinetti e coll., 2011; van den Bos e Jeannerod, 2002). Frassinetti e colleghi (2011) hanno riportato che l'effetto self-advantage è presente solo quando le immagini sono presentate in prospettiva egocentrica. Questo risultato è anche in linea con la facilitazione ad elaborare parti del corpo proprie in prospettiva egocentrica messa in evidenza da van den Bos e Jeannerod (2002). A tale riguardo è importante notare che la prospettiva non sembra modulare i processi di riconoscimento delle parti proprie ed altrui con i gesti comunicativi, ma solo nei gesti non comunicativi. Tale evidenza suggerisce che la facilitazione nell'elaborare mani proprie nella prospettiva egocentrica non vince la possibile competizione con l'effetto dato dal significato dei gesti, e potrebbe implicare che tale processo di riconoscimento implicito delle proprie parti del corpo risulta comunque meno automatico di quanto non sia l'estrazione del significato dalla postura gestuale.

La novità principale del presente studio è che in un contesto sociale l'altro diventa particolarmente importante per noi, per tale ragione gli stimoli raffiguranti l'altro sono elaborati con la stessa accuratezza e con la stessa velocità delle immagini raffiguranti parti del proprio corpo. Il contesto diventa sociale grazie alla presenza di differenti fattori. Nel presente studio il contesto sociale è rappresentato dal contenuto comunicativo espresso dai gesti. In uno studio precedente (Zamagni e coll., 2011), il valore sociale era dato dal contenuto emotivo espresso dalla postura corporea. In questo studio, dimostriamo come i gesti comunicativi altrui siano elaborati con la stessa velocità dei gesti comunicativi propri e più velocemente dei gesti non comunicativi altrui. Allo stesso modo, nello studio di Zamagni e colleghi (2011) le posture corporee altrui esprimenti paura venivano elaborate con la stessa velocità delle proprie posture esprimenti la medesima emozione, ma anche più velocemente rispetto alle posture altrui neutre ed esprimenti felicità. Nel loro insieme, questi dati sottolineano che la nostra capacità di cogliere alcuni elementi salienti, da un punto di vista comunicativo, determina un incremento della nostra capacità di elaborare e comprendere l'altro. Sarebbe quindi possibile ipotizzare che il successo delle interazioni sociali dipenda non solo dalla nostra abilità di identificarsi con gli altri, ma anche dalla nostra capacità di individuare rapidamente quegli elementi che ci consentono di interpretare l'intento comunicativo altrui.

Capitolo 6.

Discussione generale

La tematica del Sé, ed in particolare del sé corporeo, è oggetto di notevole interesse nel dibattito attuale delle neuroscienze. Tale interesse nasce dal ruolo cruciale che il corpo riveste nella nostra vita, basti pensare a come attraverso di esso interagiamo con le altre persone e con il mondo circostante. Il nostro corpo funge da una parte come sorta di “confine” tra noi e l’altro, ma al contempo attraverso di esso agiamo, esprimiamo e percepiamo emozioni e stati d’animo. Inoltre, in base alla distanza che manteniamo fra il nostro corpo e quello altrui stabiliamo il grado di intimità delle relazioni interpersonali sino a percepire noi stessi e l’altro come un unico insieme quando siamo innamorati (Hodges, 2002).

Il sé corporeo è stato inoltre indagato in pazienti con lesione cerebrale ed in persone affette da disturbo dello spettro autistico e da schizofrenia. In tali patologie emergono infatti difficoltà nella rappresentazione e nella consapevolezza del proprio corpo, nonché nel stabilire in maniera efficace i confini tra corpo proprio e corpo altrui. In particolare, pazienti affetti da schizofrenia possono manifestare difficoltà nel distinguere le proprie azioni da quelle altrui, attribuendo ad esempio azioni proprie come compiute da altre persone (Frith e coll., 1992; Blakemore e coll., 2002).

Altri aspetti riguardano lo sviluppo della rappresentazione del sé corporeo in età evolutiva, le basi neurali che sottendono tale funzione, e le modificazioni della rappresentazione del sé corporeo in seguito a lesione cerebrale acquisita.

Il progetto di ricerca oggetto della mia tesi di dottorato in Psicologia Generale e Clinica si inserisce all’interno di un programma triennale di dottorato in cotutela articolato in tre assi principali: Sviluppo, Basi neurali e Patologie del Sé corporeo. Tale progetto ha avuto come scopo quello di

indagare alcuni degli aspetti e delle problematiche del sé corporeo che non avevano ancora trovato risposta nella letteratura esistente.

In particolare, il primo studio riportato nella tesi ha permesso di contribuire a chiarire la specializzazione emisferica del sé corporeo. Tale studio, condotto presso il centro di ricerca francese Inserm (Lione, Francia) tramite la registrazione dei potenziali evocati motori indotti dalla stimolazione magnetica transcranica (TMS), ha consentito di indagare l'eccitabilità della corteccia motoria nei processi legati al sé. I risultati dello studio mostrano che la stimolazione dell'emisfero destro induce un incremento dell'eccitabilità corticospinale in seguito alla presentazione di stimoli propri rispetto a stimoli altrui. Tale modulazione dell'eccitabilità corticospinale appare a 600 ms ed è mantenuta a 900 ms, ma non si osserva ad intervalli temporali più precoci (100 e 300 ms). Lo stesso pattern di risultati è stato osservato sia in seguito alla presentazione della mano che in seguito alla presentazione del telefono cellulare, suggerendo una base neurale, almeno parzialmente comune, per ciò che ci appartiene. Per verificare se l'effetto di appartenenza, ovvero la facilitazione nell'elaborazione dell'oggetto "cellulare", dipenda dalle caratteristiche dell'oggetto stesso in quanto afferrabile e manipolabile, in futuro potrebbe essere interessante prendere in esame anche altre tipologie di oggetti, propri ed altrui, non afferrabili, come ad esempio case e/o automobili.

Il secondo studio ha invece voluto indagare il contributo del movimento nel riconoscimento del sé corporeo sia in soggetti neurologicamente sani, sia in pazienti con lesione cerebrale. I risultati dello studio mostrano come i soggetti neurologicamente sani presentino un vantaggio nell'elaborare le proprie parti del corpo (self-advantage), sia nella condizione statica che nella condizione dinamica, sebbene il vantaggio del self emerga maggiormente nell'ultima condizione. Nei pazienti con lesione cerebrale destra il self-advantage, assente nella condizione statica, era presente nella condizione dinamica. Tali risultati suggeriscono come l'informazione visiva derivante dalle proprie parti del corpo in movimento possa essere elaborata in maniera indipendentemente dall'elaborazione delle proprie parti del corpo statiche. Tale dato sottolinea pertanto un'organizzazione modulare dei

processi responsabili della distinzione fra sé e un'altra persona. Se esiste una modulazione dei processi legati al sé, si potrebbe ipotizzare che esistano pazienti neurologici che mostrano un vantaggio nell'elaborare parti del corpo statiche ma non nell'elaborare parti del corpo dinamiche, confermando l'idea di una doppia dissociazione. Esiste tuttavia un'altra possibile spiegazione al fenomeno osservato. Se si osservano infatti i tempi di reazione nello svolgimento del compito emerge come lo svolgimento del compito con stimoli dinamici richieda più tempo rispetto allo svolgimento del compito con stimoli statici. Tale aspetto lo si osserva sia nei soggetti di controllo che nei pazienti. Tuttavia, nonostante il compito sia più difficile nella condizione dinamica, il self-advantage emerge in maniera molto più marcata proprio con stimoli dinamici. Questo dato dimostra quindi come il movimento non faciliti di per sé l'esecuzione del compito, ma fornisca un apporto cruciale proprio alla distinzione fra sé e un'altra persona. Tale dato non stupisce se si pensa al fatto che nella vita di tutti i giorni siamo maggiormente soliti a osservare il nostro corpo e quello dell'altro in movimento piuttosto che in condizione statica. I risultati del terzo esperimento mostrano come il riconoscimento del sé corporeo sia una funzione di basso livello, presente sia in bambini con sviluppo tipico che affetti da disturbo dello spettro autistico ad alto funzionamento. Le posture emotive, specialmente quando generate spontaneamente dal soggetto sperimentale, modulano i processi di riconoscimento implicito del sé. Il vantaggio nell'elaborare immagini di corpi altrui quando esprimono l'emozione di paura rispetto alle emozioni di felicità e a posture neutre, potrebbe avere implicazioni nel ruolo evolutivo che il riconoscere correttamente la paura e le situazioni di pericolo riveste ai fini della sopravvivenza della specie. Tale studio ha inoltre messo in evidenza come alcuni aspetti dell'elaborazione del sé corporeo possano essere preservati anche in patologie come l'autismo. Il porre l'accento sugli aspetti preservati nell'autismo, come ad esempio il riconoscimento implicito del sé corporeo e delle emozioni veicolate dal corpo, potrebbe consentire a ricerche future la messa a punto di interventi riabilitativi che si basino proprio su canali comunicativi preservati.

L'esperimento appena descritto mette inoltre in luce come la rappresentazione del sé corporeo possa essere costituita da differenti livelli di complessità e che tali livelli potrebbero essere intaccati in maniera differente da patologie come l'autismo. Infine, i risultati del quarto studio mostrano come i gesti altrui siano elaborati più velocemente quando contengono un messaggio rispetto a quando non comunicano nessun messaggio significativo per l'osservatore. Tale studio potrebbe essere sottoposto anche ad una popolazione di pazienti con lesione cerebrale focale al fine di indagare le basi neurali che sottendono al riconoscimento dei gesti comunicativi e non comunicativi, propri ed altrui.

La serie di studi condotti all'interno del mio progetto di Dottorato si è sviluppato lungo un continuum che va dagli aspetti fisiologici agli aspetti sociali del sé corporeo. Negli studi condotti si è cercato di indagare il sé in contesti vicini alla realtà. a questo scopo è stato studiato l'apporto del movimento, delle emozioni, e della comunicazione non verbale attraverso l'utilizzo dei gesti alla conoscenza del sé. Il lavoro di dottorato mi ha consentito, nel corso dei tre anni, di mettere a confronto diverse metodologie di indagine (stimolazione magnetica transcranica, correlazioni anatomiche delle lesioni dei pazienti), facendone esperienza in centri di ricerca italiani ed esteri, nonché confrontandomi con ricercatori e studiosi di varia formazione (psicologi, ingegneri, medici). La varietà metodologica e di figure professionali coinvolte negli studi presentati, così come la varietà dei soggetti di controllo e delle popolazioni di pazienti indagate (bambini, adulti, pazienti affetti da autismo e pazienti con lesione cerebrale focale), mi hanno consentito di sviluppare appieno il tema oggetto del dottorato. Gli strumenti acquisiti mi hanno infatti permesso di indagare il sé corporeo in diverse modalità nell'ambito della ricerca di base, senza perdere mai di vista gli aspetti più clinici della ricerca, attraverso lo studio dei pazienti.

BIBLIOGRAFIA

- Adolphs, R. (2003) Cognitive neuroscience of human social behavior. *Neurosci*, 4, 165-178
- Aglioti, S., Smania, N., Manfredi, M. & Berlucchi, G. (1996) Disownership of left hand and objects related to it in a patient with right brain damage. *NeuroReport* 8, 293-296
- Alaerts, K., Senot, P., Swinnen, S.P., Craighero, L., Wenderoth, N. & Fadiga, L. (2010) Force requirements of observed object lifting are encoded by the observer's motor system: a TMS study. *Eur. J. of Neurosci.*, 31, 1144-1153
- Allison, T., Ginter, H., McCarthy, G., Nobre, A.C. Puce, A., Luby, M., and Spencer, D.D. (1994). Face recognition in human extrastriate cortex. *Journal of Neurophysiology*, 71, 821-825
- American Psychiatric Association. (1994). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4th ed.). Washington, DC: Author
- Amsterdam, B. (1972). Mirror self-image reactions before age two. *Developmental Psychobiology*, 5, 297–305
- Andrews, T. J., Ewbank, M. P. (2004) Distinct representations for facial identity and changeable aspects of faces in the human temporal lobe. *Neuroimage* 23, 905 – 913
- Asperger, H. (1944). Die autistischen Psychopathen im Kindesalter, *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* (Vol. 117, pp. 76–136)
- Bara, B.G. (2010) *Cognitive Pragmatics*. CambridgeMA: MIT Press, 296
- Baron-Cohen, S. (2005). Autism -“autos”: Literally, a total focus on the self? In T. E. Feiberg & J. P. Keenan, (Eds.), *The lost self: Pathologies of the brain and identity*. New York: Oxford University Press
- Beardsworth, T., & Buckner, T. (1981). The ability to recognize oneself from a video recording of one's movements without seeing one's body. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18, 19–22

- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, A., McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience* 8, 551 – 565
- Bertenthal, B. I., & Fischer, K. W. (1978). The development of self-conscious behavior of infants: A videotape study. *Developmental Psychology*, 14, 44–50
- Bertenthal, B. I. (1996). Origins and early development of perception, action and representation. *Annual Review of Psychology* 47, 431 – 459
- Bertenthal, B. I., Proffitt, D., Kramer, S., Spenter, N. (1987). Infants' encoding of kinetic display varying in relative coherence. *Developmental Psychology* 23, 213 – 230
- Bertenthal, B.I., & Fisher, K.W. (1978). Development of self-recognition in the infant. *Developmental Psychology*, 14, 44–50
- Berti, A., Bottini, G., Gandola, M., Pia, L., Smania, N., Stracciari, A., et al. (2005). Shared cortical anatomy for motor awareness and motor control. *Science*, 309, 488–491
- Blakemore, S.J., Wolpert, D.M., Frith, C.D. (2002). Abnormalities in the awareness of action. *Trends in Cognitive Sciences* 6, 237-242
- Blanke, O., Ortigue, S., Landis T., Seeck, M. (2002). Stimulating illusory own-body perceptions. *Nature*, 419, 269-270
- Bracci, S., Ietswaart, M., Peelen, M.V. & Cavina-Pratesi, C. (2010). Dissociable neural responses to hands and non-hand body parts in human left extrastriate visual cortex. *J Neurophysiol.*, 103, 3389-3397
- Bruce, V., Young, A. V. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology* 77, 305 – 327
- Buccino, G., Sato, M., Cattaneo, L., Rodà, F., Riggio, L. (2009) Broken affordances, broken object: A TMS study *Neuropsychologia*, 47, 3074-3078
- Bushnell, I.W.R., Sai, F., & Mulin, J.T. (1989). Neonatal recognition of the mother face. *British Journal of Developmental Psychology*, 7, 3-15

- Cardinali, L., Frassinetti, F., Brozzoli, C., Urquizar, C., Roy, A.C. & Farnè, A. (2009a). Tool-use induces morphological updating of the body schema. *Curr. Biol.*, 19, R478-479. Erratum in *Curr. Biol.*, 19, 1157
- Carlson, T.A., Alvarez, G., Wu, D.A. & Verstraten, F.A. J. (2010). Rapid Assimilation of external object into the body schema, *Psychol Sci*, 21, 1000-1005
- Celani, G., Battacchi, M.W., & Arcidiacono, L. (1999). The understanding of the emotion meaning of facial expressions in people with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29, 57–66
- Chao, L. L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *NeuroImage*, 12, 478-484
- Clark, H.H. (1992). *Arenas of Language Use*. ChicagoIL: The University of Chicago Press, 440
- Clark, V.P., Keil, K., Maisog, J.M., Courtney, S., Ungerleider, L.G. and Haxaby, J.V. (1996). Functional magnetic resonance imaging of human visual cortex during face matching: A comparison with positron emission tomography. *NeuroImage*, 4, 1-15
- Classen, J., Liepert, J., Wise, S.P., Hallet, M. & Cohen, L.G. (1998) Rapid Plasticity of Human Cortical Movement Representation Induced by Practice. *J. Neurophysiol.* 79,117-1123
- Cocchini, G., Beschin, N., & Jehkonen, M. (2001). The fluff test: A simple task to assess body representation neglect. *Neuropsychological Rehabilitation*, 11, 17–31
- Craighero, L., Fadiga, L., Rizzolatti, G., Umiltà, C. (1999) Action for perception: A motor-visual attentional effect. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 25, 1673-1692
- Crawford, J. R., & Garthwaite, P. H. (2002). Investigation of the single case in neuropsychology: Confidence limits on the abnormality of test scores and test score differences. *Neuropsychologia*, 40, 1196–1208

- Damasio, A.R., Tranel, D., and Damasio, H. (1990). Face agnosia and the neuronal substrates of memory. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 89-109
- Damasio, H., & Damasio, A. R. (1989). *Lesion analysis in neuropsychology*. New York: Oxford University Press
- Daprati, E. (2000). Recognition of self-produced movement in a case of severe neglect. *Neurocase*, 6, 477-486
- Daprati, E., Wriessnegger, S., Lacquaniti, F. (2011). Dealing with individual variability: when telling what is real depends on telling who is acting. *Neurosci Lett.*, 498(1),6-9
- De Gelder B., Vroomen, J., Pourtoins G., Weiskrantz L. (1999). Non-conscious recognition of affect in the absence of striate cortex. *Neuroreport*, 10(18), 3759-3763
- de Gelder, B., & Partan, S. (2009). The neural basis of perceiving emotional bodily expressions in monkeys. *Neuroreport*, 20, 642–646
- de Gelder, B., Snyder, J., Greve, D., Gerard, G., & Hadjikhani, N. (2004). Fear fosters flight: A mechanism for fear contagion when perceiving emotion expressed by a whole body. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 16701–16706
- de Haan, M., Johnson, M. H., Halit, H. (2003). Development of face sensitive event-related potentials during infancy: a review. *International Journal of Psychophysiology* 51, 45 – 58
- Decety, J. and Sommerville, J.A. (2003). Shared representations between self and other; a social cognitive neuroscience view. *Trend Cogn. Sci*, 7, 527-533
- Decety, J., & Chaminade, T. (2003). When the self represents the other: A new cognitive neuroscience view on psychological identification. *Consciousness and Cognition*, 12(4), 577–596
- Devue, C., Colette, F., Balteau, E., Degueldre, C., Lusen, A., Maquet, P. & Brédart, S. (2007). Here I am: the cortical responses of visual self-recognition. *Brain Res.*, 1143, 169-182

- Downing, P. E., Jiang, Y., Shuman, M., Kanwisher, N. (2001). A cortical area selective for visual processing of the human body. *Science* 293, 2470 - 2473
- Ekman, P. and Friesen, W.V. (1969). The repertoire of Nonverbal Behavior: Categories, Origins, usage and Coding. *Semeiotica* 37, 129-163
- Ellis, R., & Tucker, M. (2000) Micro-affordance: The potentiation of components of action by seen objects. *Br. J. Psychol.*, 91, 451-471
- Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G., & Rizzolatti, G. (1995) Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *J neurophysiol.*, 73,2608-2611
- Fantz, R. L. (1964). Visual experience in infants: Decreased attention to familiar patterns relative to novel ones. *Science*, 146, 668–670
- Farrer, C., Frank, N., Paillard, J., and Jeannerod, M. (2003). The role of proprioception in action recognition. *Consciousness and Cognition*, 12, 609-619
- Ferri, F., Frassinetti, F., Costantini, M., & Gallese, V. (2011). Motor simulation and the bodily self. *PLoS One*, 6(3), e17927
- Fink, G. R., (1996). Cerebral representations of one's own past: neural networks involved in autobiographical memory. *Journal of Neuroscience* 16, 4275 – 4282
- Fischler, I., Bloom, P., Childers, D., Arroyo, A. & Perry, N. (1984). Brain potentials during sentence verification: late negativity and long-term memory strength. *Neuropsychologia* 22, 559-568
- Fischler, I., Jin, Y-S, Boaz, T. L., Perry, N.W. Jr, & Childers, D.G. (1987). Brain potentials related to seeing one's own name. *Brain and Language* 30, 245-262
- Folstein, R. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198

- Frassinetti F., Pavani F, Zamagni E. , Fusaroli G. , Vescovi M. , Benassi MG., Avanzi S. & Farnè A. (2009). Moving your body or mine: visual facilitation from seeing one's own action. *Neuropsychologia*, 47, 1988-1993
- Frassinetti, F., Ferri, F., Maini, M., Benassi, M.G., Gallese, V. (2011). Bodily self: an implicit knowledge of what is explicitly unknown. *Exp Brain Res.* 212(1),153-160
- Frassinetti, F., Fiori, S., D'Angelo, V., Magnani, B., Guzzetta, A., Brizzolara, D., Cioni, G. (2012). Body knowledge in brain-damaged children: A double-dissociation in self and other's body processing *Neuropsychologia*, 50(1), 181-188
- Frassinetti, F., Maini, M., Benassi, M., Avanzi, S., Cantagallo, A., & Farnè, A. (2010). Selective impairment of self body-parts processing in rightbrain damage patients. *Cortex*, 46, 322–328
- Frassinetti, F., Maini, M., Romualdi, S., Galante, E. & Avanzi, S. (2008). Is it mine? Hemispheric asymmetries in corporeal self recognition. *J. Cogn. Neurosci.*, 20,1507-1516
- Frith, C.D. (1992). *The Cognitive Neuropsychology of schizophrenia*. *British Journal of Psychiatry*, 153, 437-443
- Frith, U. (2003). *Autism: Explaining the enigma* (2nd ed.). Oxford: Blackwell
- Frith, U. and Frith, C. (2010). The social brain: Allowing humans to bodily go where no other species has been. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci*, 365, 165-176
- Frith, U., & Vignemont, F. (2005). Egocentrism, allocentrism, and Asperger syndrome. *Consciousness and Cognition*, 14, 719–738
- Frye, D. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cogn. Dev.*, 10, 483-527
- Funase, K., Tabira, T., Higashi, T., Liang, N. & Kasai, T. (2007). Increased corticospinal excitability during direct observation of self-movement and indirect observation with a mirror box. *Neurosci. Lett.* 419, 108-112

- Gauthier, L., Dehaut, F., & Joanette, Y. (1989). The bells' test: A quantitative and qualitative test for visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 11, 49–54
- Gillihan, S. J., & Farah, M. J. (2005). Is self special? A critical review of evidence from experimental psychology and cognitive neuroscience. *Psychological Bulletin*, 131(1), 76–97
- Gliga, T., Dahene-Lambertz, G. (2005). Structural encoding of body and face in human infants and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience* 17(8), 1328 – 1340
- Goldin-Meadow S. (1999). The role of gestures in communication and thinking. *Trends Cogn. Sci.* 3, 419-429
- Gopnik, A., and Meltzoff, A.N. (1994). Minds, bodies, and persons: young children's understanding of the self and others as reflected in imitation and theory of mind research. In *Self-Awareness in Animals and Humans: Development Perspectives* (Parker S.T. et al., eds), 166-186 Cambridge University Press
- Grezes, J., Pichon, S., & de Gelder, B. (2007). Perceiving fear in dynamic body expressions. *Neuroimage*, 35, 959–967
- Grossmann, J. B., Klin, A., Carter, A. S., & Volkmar, F. R. (2000). Verbal bias in recognition of facial emotions in children with Asperger Syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41, 369–379
- Hadjikhani, N., & De Gelder, B. (2003). Seeing fearful body expressions activates the fusiform cortex and amygdala. *Current Biology*, 13, 2201–2205
- Hadjikhani, N., Joseph, R. M., Manoch, D. S., Naik, P., Snyder, J., Dominick, K., de Gelder, B. (2009). Body expressions of emotion do not trigger fear contagion in autism spectrum disorder. *Social Cognitive Affective Neuroscience*, 4, 70–8
- Halit, H., deHaan, M., Johnson, M. H. (2000). Modulation of event – related potentials by prototypical and atypical faces. *Neuro Report* 11, 1871 – 1875

- Happè, F. (2003). Theory of mind and the self. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1001, 134–144
- Harel, H., Gordon, I., Geva, R., & Feldman, R. (2010). Gaze behaviors of preterm and full-term infants in nonsocial and social contexts of increasing dynamics: Visual recognition, attention regulation, and gaze synchrony. *Infancy*, 16, 69–90
- Henderson, H. A., Zahka, N. E., Kojkowski, N. M., Inge, A. P., Schwartz, C. B., Hileman, C. M., Mundy, P. C. (2009). Self-referenced memory, social cognition, and symptom presentation in autism. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50, 853–861
- Hill, E., Berthoz, S., & Frith, U. (2004). Brief report: Cognitive processing of own emotions in individuals with autistic spectrum disorder and in their relatives. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34, 229–235
- Hobson, R. P., Chidambi, G., Lee, A., & Meyer, J. (2006). Foundations for self-awareness: An exploration through autism. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 71, 167–186
- Hobson, R. P., Ouston, J., & Lee, T. (1988). Emotion recognition in autism: Coordinating faces and voices. *Psychological Medicine*, 18, 911–323
- Hodges, S.D. (2002). It's different when I do it: feature matching in self-other comparisons. *Per Soc. Psychol. Bull.*, 28, 40-53
- Hodzic, A., Muckli, L., Singer, W. & Stirn, A. (2009). Cortical Responses to Self and Others. *Hum. Brain Mapp.*, 30, 951-962
- Hofmann, E.A., Haxby, J.V. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nature Neuroscience*, 7, 457-478
- Hubert, B., Wicker, B., Moore, D. G., Monfardini, E., Duverger, H., Da Fonseca, D., & Deruelle, C. (2007). Brief report: Recognition of emotional and non-emotional biological

- motion in individuals with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 1386–1392
- Itier, R. J., Taylor, M. J. (2004b). N170 or N1? Spatiotemporal differences between object and face processing using ERPs. *Cerebral Cortex* 14, 132 – 142
 - Jeannerod, M. (2003). The mechanism of self recognition in humans. *Behavioral Brain Research*, 142(1–2), 1–15
 - Jeannerod, M. (2004). Visual and action cues contribute to self–other distinction. *Nature Neuroscience*, 7(5), 422–423
 - Johansson, G. (1973). Visual perception of biological and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14, 201–211
 - Johnson, M.H., Dziurawiec, S., Ellis, H., & Morton, J. (1991). Newborn’s preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline. *Cognition*, 40, 1-19
 - Kanner, L. (1943). Autistic disturbance of affective contact. *Nervous Child*, 2, 217–250
 - Kanwisher, N., Yovel, G. (2006). The fusiform area: a cortical region specialized for the perception of faces. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 361, 2109 – 2128
 - Keenan J.P., Ganis G., Freund S., Pascual-Leone A. (2000b). Self-face identification is increased with left hand responses. *Laterality*, 5, 259-268
 - Keenan J.P., Wheeler M.A., Gallup G.G. Jr, Pascual-Leone A. (2000a). Self-recognition and the right prefrontal cortex. *Trends Cogn. Sci.*, 4 338-344
 - Keenan, J. P., McCutcheon, B., & Pascual-Leone, A. (2001). Functional magnetic resonance imaging and event related potentials suggest right prefrontal activation for self-related processing. *Brain and Cognition*, 47, 87–91
 - Keenan, J. P., Wheeler, M. A., Gallup, G. G., and Pascual-Leone, A. (2000). Self-recognition and the right prefrontal cortex. *Trends in cognitive science*, 4, 338-344

- Keenan, J.P., McCutcheon, B., Freund, S., Gallup, G.G., Sanders, G., Pascual-Leone, A. (1999). Left hand advantage in a self-face recognition task. *Neuropsychologia*, 37, 1421–1425
- Keenan, J.P., Nelson, A., O'Connor, M. & Pascual-Leone, A. (2001). Self-recognition and the right hemisphere. *Nature* 409, 305
- Kircher, T.T.J., Senior, C., Phillips, M.L., Benson, P.J., Bullmore, E.T., Brammer, M., Simmons, A., Williams, S.C.R., Bartels, M., David, A.S. (2000). Towards a functional neuroanatomy of self processing: effects of faces and words. *Cogn. Brain Res.*, 10, 133–144
- Kircher, T.T.J., Senior, C., Phillips, M.L., Benson, P.J., Bullmore, E.T., Brammer, M., Simmons, A., Williams, S.C.R., Bartels, M., David, A.S., (2000). Towards a functional neuroanatomy of self processing: effects of faces and words. *Cogn. Brain Res.*, 10, 133–144
- Kircher, T.T.J., Senior, C., Phillips, M.L., Rabe-Hesketh, S., Benson, P.J., Bullmore, E.T., Brammer, M., Simmons, A., Bartels, M., David, A.S. (2001). Recognizing one's own face. *Cognition*, 78, B1–B15
- Knoblich, G. (2002). Self-recognition: Body and action. *Trends in Cognitive Science*, 6(11), 447–449
- Knoblich, G., & Flach, R. (2001). Predicting the effects of actions: Interaction of perception and action. *Psychological Science*, 12(6), 467–472.
- Knoblich, G., & Prinz, W. (2001). Recognition of self-generated actions from kinematic displays of drawing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 456–465
- Krauss, R.M., Chen, Y., and Chawla, P. (1996). Nonverbal behaviour and non verbal communication: what do conversational hand gestures tell us? *Adv. Exp. Psychol*, 28, 389–450

- Lander, K., Christie, F., & Bruce, V. (1999). The role of movement in the recognition of famous faces. *Memory & cognition*, 27(6), 974–985
- Lee, A., & Hobson, R. P. (1998). On developing self-concepts: A controlled study of children and adolescents with autism, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39, 1131–1144
- Lee, A., & Hobson, R. P. (2006). Drawing self and other: How do children with autism differ from those with learning difficulties. *British Journal of Developmental Psychology*, 24, 547–565
- Lewis, M (1991). Ways of knowing: object self-awareness or consciousness. *Dev. Rev.*, 11, 231-243
- Lewis, M., & Brooks, J. (1978). *Self knowledge and emotional development*. New York: Plenum
- Lewis, M., & Ramsay, D. (2004). Development of self-recognition, personal pronoun use, and pretend play during the 2nd year. *Child Development*, 75, 1821–31
- Lewis, M., Sullivan, M. W., Stanger, C., Weiss, M. (1989). Self-development and self-conscious emotions. *Child Development* 60, 146 – 156
- Liu, J., Harris, A., Kanwisher, N. (2002). Stages of processing in face perception: an MEG study. *Nature Neuroscience* 5, 910 – 916
- Liu, J., Harris, A., Mangini, M., Wald, L., Kwong, K., Kanwisher, N. (2003). Distinct representations of faces in the FFA and the OFA: an fMRI study. In *Society for Neuroscience*. New Orleans, LA
- Lombardo, M., Barnes, J. L., Wheelwright, S. J., & Baron-Cohen, S. (2007). Self referential cognition and empathy in autism. *PLoS One*, 2, e883
- Lombardo, M., Chakrabarti, B., Bullmore, E. T., Sadek, S. A., Pasco, G., Wheelwright, S. J., Baron-Cohen S. (2010). Atypical neural self-representation in autism. *Brain*, 133, 611–624

- Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook, E. H., Levanthal, B. L., & Dilavore, P. C. (2000). The Autism Dagnostic Observation Schedule Generic: A standrad measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35, 695–708
- Loveland, K. A., Tunali-Kotoski, B., Chen, Y. R., Ortegon, J., Pearson, D. A., Brelsford, K. A., & Gibbs, M. C. (1997). Emotion recognition in autism: Verbal and nonverbal information. *Development and Psychopathology*, 9, 597–593
- Markowitsch, H.J., Calabrese, P., Fink, G.R., Durwen, H.F., Kessler, J., Härting, C. et al. (1997). Impaired episodic memory retrieval in a case of probable psychogenic amnesia. *Psychiatry Research* 74, 119-126
- Markowitsch, H.J., Calabrese, P., Haupts, M., Durwen, H.F., Liess, J., Gehlen, W. (1993). Searching for the anatomical basis of retrograde amnesia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychologia* 15, 947-967
- Marsh, H. W., Ellis, L. A., & Craven, R. G. (2002). How do preschool children feel about themselves? Unravelling measurement and multidimensional self concept structure. *Developmental Psychology*, 38, 376–393.
- Melinger, A. And Levelt, W. (2004). Gesture and the communication intention of the speaker. *Gesture*, 4, 119-141
- Meltzoff, A.N., and Brooks, R. (2001). ‘Like me’ as a building block for understanding other minds: bodily acts, attention and intention. In *Intentions and Intentionaly: Foundations for Social Cognition* (Malle, B.F. et al., eds), 171-192
- Miller, B. L., Seeley, W. W., Mychack, P., Rosen, H. J. Mena, I., Boone, K. (2001). Neuroanatomy of the self: evidence from patients with frontotemporal dementia. *Neurology* 57, 817 - 821

- Mitchell, P., & O’Keefe, K. (2008). Brief report: Do individuals with autism spectrum disorder think they know their own minds? *Journal of Autism and Developmental Disorder*, 38, 1591–1597
- Moore, D. G., Hobson, R. P., & Lee, A. (1997). Components of person perception: An investigation with autistic, non-autistic retarded and typically developing children and adolescents. *British Journal of Developmental Psychology*, 15, 401–423
- Morris, J. S., Ohman, A., & Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 393, 467–470
- Morton, J., & Johnson, M.H. (1991). CONSPEC and CONLEARN: a two-process theory of infant face recognition. *Psychological Review*, 98, 164–181
- Muellbacher, W., Ziemann, U., Boroojerdi, B., Cohen, L. & Hallett, M. (2001). Role of the human motor cortex in rapid motor learning. *Exp. Brain Res.*, 136, 431-438
- Myers, A. & Sowden, P. T. (2008). Your hand or mine? The extrastriate body area. *Neuroimage*, 42(4), 1669–1677
- Nelson, C. A. (2001.) The development and neural bases of face recognition. *Infant and Child Development*, 10, 3–18
- Parsons, L.M., Gabrieli, J.D.E., Phelps, E.A. & Gazzaniga, M.S. (1998). Cerebrally lateralized mental representations of hand shape and movement. *Journal of Neuroscience*, 18, 6539-6548
- Patuzzo, S., Fiaschi, A. & Manganotti, P. (2003). Modulation of motor cortex excitability in the left hemisphere during action observation: a single - and paired- pulse transcranial magnetic stimulation study of self-and non-self-action observation. *Neuropsychologia* 41, 1272-1278
- Pearce, S. M. (2007). Misoplegia. *European Neurology*, 57(1), 62–64

- Peelen, M. V., Wigget, A.J., and Downing, P.E. (2006). Pattern of fMRI activity dissociate overlapping functional brain areas that respond to biological motion. *Neuron*, 49, 815-822
- Peelen, M. V., Downing, P. E. (2005) Selectivity for the human body in the fusiform gyrus. *Journal of Neurophysiology* 93, 603 – 608
- Peelen, M. V., Downing, P. E. (2007). The neural basis of visual body perception. *Nature* 8, 636 – 648
- Philipps, J. C., & Ward, R. (2002). S-R correspondence effects of irrelevant visual affordance: Time course and specificity of response activation. *Vis. Cogn.*,9, 540-558
- Platek, S.M., Gallup, G.G. (2002). Self-face recognition is affected by schizotypal personality traits. *Schizophr. Res.*, 57, 81–85
- Platek, S.M., Keenan, J.P., Gallup, G.G., Mohamed, F.B. (2004). Where am I? The neurological correlates of self and other. *Cogn. Brain Res.*, 19, 114–122
- Platek, S.M., Loughhead, J.W., Busch, S., Ruparel, K., Phend, N., Panyavin, I.S., Langleben, D.D. (2006). Neural substrates for functionally discriminating self-face from personally familiar faces. *Hum. Brain Mapp.*, 27, 91–98
- Prabhu, G., Voss, M., Brochier, T., Cattaneo, L., Haggard, P., Lemon, R. (2007). Excitability of human motor cortex inputs prior to grasp. *J. Pshysiol.*, 581.1, 189-201
- Ramachandran, V.S. and Rogers- Ramachandran, D. (1996). Denial of disabilities in anosognosia. *Nature*, 382, 501
- Reed, C. L., & Farah, M. J. (1995). The psychological reality of the body schema: A test with normal participants. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception Performance*, 21(2), 334–343
- Reed, C. L., Stone, V. E., Bozova, S., Tanaka, J. (2003). The body – inversion effect. *Psychological Science* 14, 302 – 308

- Reid, V. M., Hoel, S., Striano, T. (2005). The perception of biological motion by infants: an event – related potential study. *Neuroscience Letters* 395, 211 – 214
- Robel, L., Ennouri, K., Piana, H., Vaivre-Douret, L., Perier, A., Flament, M. F., & Mouren-Sime ´oni, M. C. (2004). Discrimination of face identities and expressions in children with autism: Same or different? *European Child & Adolescent Psychiatry*, 13, 227–233
- Rochat, P. (2003). Five levels of self-awareness as they unfold early in life. *Consciousness and Cognition*, 12, 717–731
- Rochat, P., & Striano, T. (2002). Who’s in the mirror? Self-other discrimination in specular images by four and nine months old infants. *Child Development*, 73(1), 35–46
- Rossion, B., Caldara, R., Seghier, M., Schuller, A. M., Lazeyras, F., Mayer, E. (2003). A network of occipito – temporal face – sensitive areas besides the right middle fusiform gyrus is necessary for normal face processing. *Brain* 126, 2381 - 2395
- Rotshtein, P., Henson, R. N., Treved, A., Driver, J., Dolan, R. J. (2005). Morphing Marilyn into Maggie dissociates physical and identity face representations in the brain. *Nature Neuroscience* 8, 107 - 113
- Rousselet, G. A., Mace, M. J. M., Fabre – Thorpe, M. (2004). Animal and human faces in natural scenes: how specific to human faces is the N170 ERP component? *Journal of Vision* 4, 13 – 21
- Ruby, P., and Decety, J. (2001). Effect of subjective perspective taking during simulation and action: a PET investigation of agency. *Nat. Neurosci.*, 4, 546-550
- Ruby, P., and Decety, J. (2003). What you believe versus what you think they believe: a neuroimaging study of conceptual perspective taking. *Eur. J. Neurosci.*, 17, 2475-2480
- Schwarzlose, R.F., Baker, C.I., and Kanwisher, N. (2005). Separate face and body selectivity on the fusiform gyrus. *J. Neurosci.*, 25, 11055-11059

- Sebanz, N., Bekkering, H., Knoblich, G. (2006). Joint action: bodies and minds moving together. *Trends Cogn Sci.*, 10(2), 70-6
- Silani, G., Bird, G., Brindley, R., Singer, T., Frith, C., & Frith, U. (2008). Levels of emotional awareness and autism: An fMRI study. *Social Neuroscience*, 3, 97–112
- Slaughter, V., Heron, M., Sim, S. (2002). Development of preferences for human body shape in infancy. *Cognition* 85, B71 – B81
- Spinazzola, C., Pia, L., Folegatti, A., Marchetti, C., & Berti, A. (2008). Modular structure of awareness for sensorimotor disorders: Evidence from anosognosia for hemiplegia and anosognosia for hemianestesi. *Neuropsychologia*, 46, 915–926
- Sugiura, M., Kawashima, R., Nakamura, K., Okada, K., Kato, T., Nakamura, A., Hatano, K., Itoh, K., Kojima, S., Fukuda, H. (2000). Passive and active recognition of one's own face. *NeuroImage*, 11, 36–48
- Sugiura, M., Sassa, Y., Jeong, H., Horie, K., Sato, S., & Kawashima, R. (2008). Face specific and domain-general characteristics of cortical responses during self-recognition. *Neuroimage*, 42(1), 414–422
- Sugiura, M., Sassa, Y., Jeong, H., Miura, N., Akatsuky, Y., Horie, K., Sato, S. & Kawashima, R. (2006). Multiple brain networks for visual self-recognition with different sensitivity for motion and body part. *Neuroimage*, 32, 1905-1917
- Sugiura, M., Watanabe, J., Maeda, Y., Matsue, Y., Kukuda, H., Kawashima, R. (2005). Cortical mechanisms of visual self-recognition. *NeuroImage* 24, 143–149
- Tantam, D., Monaghan, L., Nicholson, H., & Stirling, J. (1989). Autistic children's ability to interpret faces: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30, 623–630
- Taylor, J., Wigget, A., and Downing, P. (2007). fMRI analysis of body and body part representations in the extrastriate and fusiform body areas. *J. Neurophysiol.*, 98(3), 1626-1633

- Taylor, M. J., Baldeweg, T. (2002). Application of EEG, ERP and intracranial recordings to the investigation of cognitive function in children. *Developmental Science* 5, 318 – 334
- Théoret, H., Kobayashi, M., Merabet, L., Wagner, T., Tormos, J.M. & Pascual-Leone, A. (2004). Modulation of right motor cortex excitability without awareness following presentation of masked self-images. *Cogn. Brain Res.*, 20, 54-57
- Thierry, G., Pegna, A. J., Dodds, C., Roberts, M., Basan, S., Downing, P. (2006). An event-related potential component sensitive to images of the human body. *Neuroimage* 32, 871 – 879
- Translated by Frith U. (1991). In *Autism and Asperger Syndrome* Cambridge: Cambridge University Press, 37–92
- Tsakiris, M. (2010). My body in the brain: A neurocognitive model of body-ownership. *Neuropsychologia*, 48, 703–712
- Tucker, M., & Ellis, R (1998). On the relations between seen objects and components of potential action. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 24, 830-846
- Tucker, M., & Ellis, R (2001). The potentiation of grasp types during visual object categorization. *Vis. Cogn.*,8, 769-800
- Tucker, M., & Ellis, R (2004). Action priming by briefly presented objects. *Acta Psychol.*, 116, 185-203
- Turk, D. J., Todd, F. H., Macrae, C. N., Kelley, W. M., Gazzaniga, M. S. (2003). Out of Contact, Out of Mind: The Distributed Nature of the Self. *New York Academy of Sciences*, 1001, 65-78
- Uddin, L. Q., Raiman, J., Zaidel, E. (2005). Split-brain reveals separate but equal self-recognition in the two cerebral hemispheres. *Consciousness and cognition*, 14, 633-640

- Uddin, L.Q., Kaplan, J. T., Molnar-Szakacs, I., Zaidel, E., & Iacoboni, M. (2005). Self-face recognition activates a frontoparietal “mirror” network in the right hemisphere: An event-related fMRI study. *Neuroimage*, 25(3), 926–935
- Uddin, L.Q., Molnar-Szakacs, I., Zaidel, E. & Iacoboni, M. (2006). rTMS to the right inferior parietal lobule disrupts self-other discrimination. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 1, 65-71
- Urgesi, C., Berlucchi, G., Aglioti, S. M. (2004). Magnetic stimulation of extrastriate body area impairs visual processing of nonfacial body parts. *Current Biology* 14, 2130 – 2134
- Urgesi, C., Candidi, M., Ionta, S. & Aglioti, S.M. (2007). Representation of body identity and body action in extrastriate body area and ventral premotor cortex. *Nat. Neurosci.*, 10, 30-31
- Urgesi, C., Maieron, M., Avenanti, A., Tidoni, E., Fabbro, F. & Aglioti, S.M. (2010). Simulating the future of actions in the human corticospinal system. *Cereb. Cortex*, 20, 2511-2521
- Van den Bos, E., & Jeannerod, M. (2002). Sense of body and sense of action both contribute to self-recognition. *Cognition*, 85(2), 177–187
- Van den Stock, J., Tamietto, M., Sorger, B., Pichon, S., Grézes, J., de Gelder, B. (2011). Cortico-subcortical visual, somatosensory, and motor activations for perceiving dynamic whole-body emotional expressions with and without striate cortex (V1). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 27; 108(39), 16188-93
- Van Lancker, D.R., Canter, G.J. (1982). Impairment of voice and face recognition in patients with hemispheric damage. *Brain and Cognition*, 1, 185-195
- Van Lancker, D.R., Cummings, J.L. Kreiman J., Dobkin, B.H. (1988). Phonagnosia: a dissociation between familiar and unfamiliar voices. *Cortex*, 24, 195- 209

- Van Lancker, D.R., Kreiman, J. (1987). Voices discrimination and recognition are separate abilities. *Neuropsychologia*, 25, 829-834
- Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: An event-related fMRI study. *Neuron*, 30, 829–841
- Vuilleumier, P., Richardson, M. P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2004). Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing. *Nature Neuroscience*, 7, 1271–1278
- Williams, D., & Happé, F. (2009). Pre-conceptual aspects of self-awareness in autism spectrum disorder: The case of action-monitoring. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39, 251–259
- Wu, Y.C. and Coulson, S. (2007b). How iconic gestures enhance communication: an ERP study. *Brain Lang.* 101, 234-245
- Yoshida, K., Saito, N., Iriki, A., Isoda, M. (2011). Representation of Others' Action by Neurons in Monkey Medial Frontal Cortex. *Current Biology* 21, 249–253
- Yovel, G., Kanwisher, N. (2005). The neural basis of the behavioral face – inversion effect. *Current Biology* 15, 2256 – 2262
- Zamagni, E., Dolcini, C., Gessaroli, E., Santelli, E. & Frassinetti F. (2011). Scared by you: modulation of bodily-self by emotional body-postures in autism. *Neuropsychology*, 25(2):270-276