



UNIVERSITÀ DI PARMA

DIPARTIMENTO DI MEDICINA E CHIRURGIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN PSICOBIOLOGIA E NEUROSCIENZE COGNITIVE

EFFETTO SIMON ED EFFETTO AFFORDANCE: UN'INDAGINE DEI PROCESSI COGNITIVI SOTTOSTANTI ALLA COMPATIBILITA' MANO-MANICO

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa LUCIA RIGGIO

Correlatore:

Dott. GIOACCHINO GAROFALO

Laureanda:

GIULIA DAFROSO

ANNO ACCADEMICO 2016-2017

INDICE

	Pagina
INTRODUZIONE	6
1. Capitolo 1: INQUADRAMENTO TEORICO	9
1.1. L'effetto Simon	9
1.1.1. Effetto Simon e compito go/no-go.	12
1.1.2. Attenzione, manualità e pseudoneglect.	14
1.2. L'effetto Affordance.	19
1.2.1. Effetto affordance e manualità.	23
2. Capitolo 2: RELAZIONE TRA EFFETTO SIMON ED EFFETTO AFFORDANCE.	25
2.1. L'ipotesi motoria.	25
2.2. L'ipotesi attenzionale.	26
3. Capitolo 3: ESPERIMENTO.	30
3.1. Metodo.	30
3.1.1. Soggetti.	30
3.1.2. Strumentazione e stimoli.	30
3.1.3. Procedura.	31
3.1.4. Disegno sperimentale.	33
3.2. Risultati.	34

3.2.1. Tempi di reazione.	35
3.2.2. Tempi di movimento.	36
3.2.3. Coordinate spaziali.	36
3.2.4. Pseudoneglect.	39
4. Capitolo 4: DISCUSSIONE.	41
BIBLIOGRAFIA.	49
RINGRAZIAMENTI.	59

INTRODUZIONE

L'effetto Simon (SE) è stato descritto per la prima volta da Simon e Rudell nel 1967, in un compito in cui si richiede ai partecipanti di rispondere ad una caratteristica non spaziale dello stimolo. I risultati tipici dimostrano che nel caso in cui la posizione dello stimolo, irrilevante per la risposta, corrisponda alla posizione della risposta richiesta dal compito sperimentale, la prestazione è più accurata e veloce. È quindi possibile definire l'effetto Simon come un effetto dovuto alla compatibilità stimolo-risposta.

L'effetto affordance (AE), relativo alla posizione del manico di un oggetto rispetto alla posizione della risposta, è stato descritto a partire dai lavori di Tucker e Ellis del 1998. Gli autori si rifanno ad un concetto già proposto da Gibson nel 1979, per il quale l'ambiente e quindi gli oggetti ci invitano ad interagire.

Anche l'effetto affordance comporta una facilitazione della performance, questa è dovuta alla pre-attivazione di rappresentazioni motorie elicitate proprio dalle caratteristiche pragmatiche degli oggetti.

I due effetti appena descritti sono stati studiati approfonditamente e poi messi a confronto per capire se i processi cognitivi sottostanti siano gli stessi oppure no. Per questo motivo, in letteratura molti autori hanno proposto e discusso diverse teorie al riguardo. Le principali ipotesi esplicative a cui si fa riferimento in questo lavoro descrivono i due effetti in questione in maniera contrapposta.

Secondo Tucker e Ellis (1998; 2000) alla base dell'effetto affordance ci sarebbe l'attivazione di rappresentazioni motorie e, per questo motivo, è possibile concludere che effetto affordance ed effetto Simon sono differenti e non condividono i processi

sottostanti.

Secondo Cho e Proctor (2010, 2011, 2013) e Anderson, Yamagishi e Karavia (2002) i meccanismi sottostanti ad entrambi gli effetti sarebbero gli stessi e di natura attentiva e, per questo, è possibile affermare che l'effetto affordance sia semplicemente un caso particolare di effetto Simon.

Gli studi condotti in questo ambito hanno portato evidenze a favore di una o dell'altra ipotesi, ma la natura sottostante i due effetti rimane ancora elusiva. Lo scopo del presente lavoro è aggiungere un tassello al quadro teorico appena descritto. Nello specifico verrà indagata la compatibilità mano-manico, facendo riferimento anche alla preferenza manuale e a un fenomeno ad essa connessa, lo pseudoneglect.

Nel primo capitolo viene approfondito il quadro teorico a cui si fa riferimento. Vengono infatti descritti l'effetto Simon, l'effetto affordance e il fenomeno dello pseudoneglect.

Nel secondo capitolo vengono illustrate le principali teorie e i due diversi punti di vista che cercano di spiegare la relazione tra effetto Simon ed effetto affordance.

Il terzo capitolo descrive il lavoro di ricerca che è stato eseguito, descrivendone la procedura e i risultati ottenuti.

Il quarto e ultimo capitolo contiene la discussione dei dati dell'esperimento condotto e suggerisce alcuni spunti per gli studi futuri.

INQUADRAMENTO TEORICO

1.1. L'effetto Simon

L'effetto Simon (SE) è un fenomeno studiato nell'ambito dell'attenzione, generalmente utilizzando come misura i tempi di reazione (TR) (Simon, 1969).

In un compito Simon classico è chiesto al partecipante di rispondere a una caratteristica non spaziale dello stimolo, ad esempio rispondere con la mano destra ad un quadrato e con la mano sinistra ad un cerchio, premendo un tasto a sinistra o a destra rispetto alla linea mediana del corpo. È importante notare che per emergere, questo effetto, ha bisogno di due stimoli a cui rispondere e due possibilità di risposta lateralizzate.

L'effetto Simon consiste in una prestazione più accurata e veloce quando la posizione dello stimolo, anche se non è rilevante per il compito, corrisponde alla posizione di risposta. È sostanzialmente riconducibile ad un effetto di compatibilità stimolo-risposta

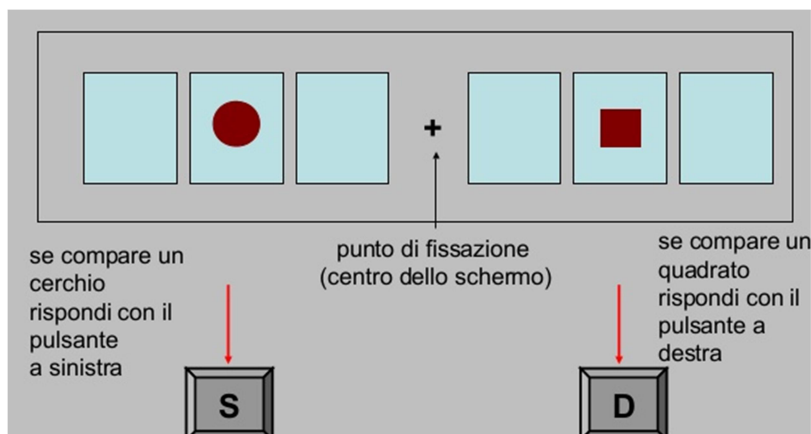


Figura 1- Esempio compito Simon.

Storicamente è stato descritto per la prima volta da Simon e Rudell (1967) e successivamente da Simon e Small (1969), specificando che l'effetto in questione si manifesta anche nella modalità acustica e con stimoli non verbali.

Nel paradigma di compatibilità stimolo-risposta (SRC), classicamente utilizzato per indagare l'effetto Simon, vengono a crearsi prove definite congruenti e prove definite incongruenti.

La congruenza a cui si fa riferimento è rispetto alla posizione spaziale: quando la posizione della risposta corrisponde anche alla posizione dello stimolo si ha un effetto di facilitazione, quindi tempi di risposta più brevi. Per le prove incongruenti, invece, non vi è la corrispondenza spaziale tra stimolo e risposta e di conseguenza non vi è l'effetto di facilitazione, presentando quindi tempi di risposta più lunghi. È importante sottolineare che al partecipante non viene specificatamente chiesto di rispondere alla posizione spaziale dello stimolo, infatti la consegna è si riferisce a una caratteristica non spaziale dello stimolo (la forma, per esempio). Nonostante ciò, la posizione spaziale viene elaborata implicitamente, modulando la risposta.

Una prima spiegazione classica dell'effetto Simon si riferisce alla reazione di orientamento che lo stimolo comporta, "*natural tendency to react toward the source of stimulation*" (Simon 1969; 1990). In altri termini, lo stimolo influenza l'orientamento della risposta del soggetto, *attirando* l'attenzione verso lo spazio in cui si trova. La conseguenza è che nel caso in cui la posizione dello stimolo e quella della risposta non coincidano, il tempo di risposta del soggetto è maggiore, poiché esso deve inibire la risposta inappropriata suggerita proprio dallo stimolo.

Attualmente, si ritiene che questo vantaggio nei TR per le prove congruenti sia originato a livello di selezione della risposta e che sia il risultato dell'interazione tra due codici di

risposta paralleli ed indipendenti (Proctor, & Vu, 2006; Rubichi, Nicoletti, Umiltà, & Zorzi, 2000; De Jong, Liang, & Lauber, 1994).

Più nello specifico, il *dual-routes model* (De Jong, Liang, & Lauber, 1994; Kornblum, 1994), propone che nell'elaborazione dello stimolo a cui il partecipante risponderà, si verrebbero a creare due codici di risposta, uno diretto e l'altro indiretto. Tali codici si attivano in maniera contemporanea e rispettivamente: uno è automatico, o incondizionale, ed elabora un codice di risposta in base alla posizione congruente dello stimolo; l'altro è volontario, o condizionale, ed elabora un codice di risposta in base alla richiesta del compito. Secondo questa visione, i due codici di risposta, elicitati simultaneamente, attivano nel caso di prove congruenti, la stessa risposta e quindi determinano l'effetto di facilitazione con tempi di reazione brevi (Umiltà, Rubichi & Nicoletti, 1999); coerentemente, entrano in conflitto nel caso delle prove incongruenti, determinando quindi un ritardo della risposta.

Alcuni studi riportano evidenze psicofisiologiche che sostengono il modello dei due codici (Rubichi & Nicoletti, 2006). Nello specifico, studiando i potenziali evento-correlati (ERP) tramite l'EEG, è possibile rilevare una forte attivazione della corteccia motoria. Tale attivazione è correlata con la localizzazione dello stimolo-target a cui bisogna rispondere e viene considerata come indice di preparazione motoria (*lateralized readiness potential*).

Dagli studi che considerano il compito Simon, emergono due componenti rilevabili con l'EEG al momento della selezione della risposta (De Jong et al., 1994; Eimer, 1995; Valle-Inclán, 1996): una è la LRP (*lateralized readiness potential*), che è precoce, automatica e preparatoria, e che rappresenta il grado in cui viene pre-attivato il codice destro o sinistro, riflettendo quindi il codice automatico. L'altra invece è più tardiva e

riflette l'attivazione del codice condizionale attivato dalle consegne del compito. In questo ultimo caso, l'attivazione è rappresentata dalla riduzione in ampiezza e latenza della componente P300, particolarmente evidente nel caso delle prove incongruenti (Valle-Inclàn, 1996). Inoltre, l'attivazione precoce della LRP è stata confermata anche da studi successivi che considerano anche potenziali motori evocati (MEP) (Hasbroucq, Passamai, Bonnet, & Vidal, 1999; Sturmer, Siggelkow, Dengler, & Leuthold, 2000).

Il modello dei due codici prevede quindi che l'elaborazione sia stimolo-dipendente, ovvero si basa sulla risposta attivata dal codice automatico (Ansorge, & Wühr, 2004). A sottolineare questo fatto vi sono evidenze che la posizione dello stimolo attiva, nella corteccia motoria primaria, aree della mano corrispondente (De Jong et al., 1994; Valle-Inclàn, Hackeley, & de Labra 2002).

Infine viene proposta l'ipotesi dello shift attenzionale (Stoffer, 1991; Umiltà & Nicoletti, 1992; Nicoletti & Umiltà, 1994; Stoffer & Umiltà, 1997), la quale cerca di unire la spiegazione classica dell'effetto Simon alla teoria dei due codici di risposta. La posizione dello stimolo, secondo questa ipotesi, viene codificata in base a dove si trova il focus dell'attenzione quando lo stimolo appare. La risposta che viene facilitata è quella nello spazio verso cui viene diretto il focus attenzionale.

1.1.1. Effetto Simon e compito go/no-go

Il compito go/no-go prevede che vengano presentati due o più stimoli, ma è solo uno quello target a cui il soggetto deve rispondere.

Normalmente l'effetto Simon è assente o significativamente ridotto, in un compito go/no-go, nonostante vengano comunque riprodotte le condizioni congruenti e incongruenti (Lugli, Iani, Nicoletti, & Rubichi, 2013). Ciò è spiegato facendo

riferimento al meccanismo di selezione della risposta, sopra citato. Infatti, in un compito con consegna go/no-go, ai soggetti non è richiesta la selezione della risposta poiché è solo una quella possibile e quindi precedentemente specificata (Berlucchi, Crea, Di Stefano, & Tassinari, 1977; Lu & Proctor, 1995).

Ansorge e Wühr (2004) precisano che il classico compito Simon prevede che vi siano due risposte possibili, cosa che ovviamente non avviene per il compito go/no-go. Di conseguenza se non vi è la discriminazione della risposta, non c'è nemmeno la codifica spaziale di questa e sostanzialmente non è possibile che emerga l'effetto Simon.

Tuttavia ci sono alcune evidenze a favore della presenza dell'effetto Simon anche se di intensità ridotta, in compiti Simon con consegna go/no-go (Ansorge, & Wühr, 2004, 2009; Callan, Klisz, & Parsons, 1974; Dittrich, Rothe, & Klauer, 2012). Nei lavori di Ansorge & Wühr (Esperimento 4, 2004; 2009) viene chiesto ai partecipanti di eseguire un *two-choice response time* task (CRT) prima della versione go/no-go del compito Simon, mantenendo tra i due compiti sperimentali lo stesso mapping stimolo-risposta. Con questo paradigma l'effetto Simon emerge, grazie alla rappresentazione spaziale della risposta che si forma nel primo compito, la quale viene sostanzialmente "trasferita" al secondo. È importante sottolineare che tra il primo e il secondo compito devono essere utilizzati gli stessi stimoli e lo stesso mapping: questa è la condizione necessaria e sufficiente affinché l'effetto in questione sia riscontrabile. Proprio adottando un paradigma di questo tipo è possibile la formazione di una rappresentazione di natura spaziale durante il primo compito CRT, questa viene immagazzinata nella working memory e viene successivamente utilizzata per il secondo compito sperimentale (Ansorge, & Wühr, 2009).

L'effetto Simon è presente anche nella variante "sociale" del compito, con consegna go/no-go (Lugli, et al., 2013). In questo caso il compito Simon è condiviso da due partecipanti che lo eseguono contemporaneamente, uno accanto all'altro; la presenza dell'effetto Simon per entrambi i partecipanti dimostra che si crea una co-rappresentazione condivisa della risposta dell'altro (Ferraro, Iani, Mariani, Nicoletti, Gallese, & Rubichi, 2012; Milanese, Iani, Rubichi, 2010; Milanese, Iani, Sebanz, & Rubichi, 2011; Sebanz, Bekkering, & Knoblich, 2006; Sebanz, Knoblich, & Prinz, 2003; Mussi, Marino, & Riggio, 2015).

Considerando complessivamente i dati presenti in letteratura, viene suggerito che l'effetto di compatibilità spaziale emerge nella variante go/no-go del compito Simon, solo quando questo è preceduto da un compito che permette di creare una mappatura spaziale stimolo-risposta o quando lo spazio di esecuzione del compito viene co-rappresentato con un altro partecipante. Infatti, in queste due condizioni la posizione spaziale della risposta viene codificata o perché era stata già codificata nel compito precedente o perché viene rappresentata rispetto alla risposta dell'altro partecipante.

1.1.2. Attenzione, manualità e pseudoneglect

L'effetto Simon e la manualità sono stati correlati a processi attenzionali (Nicoletti & Umiltà, 1989).

Per quanto riguarda l'effetto Simon, ci sono evidenze a favore della comparsa di tale effetto in relazione allo shift attenzionale che determina il codice spaziale dello stimolo e quindi l'attivazione della risposta corrispondente (Nicoletti & Umiltà, 1994; Rubichi, Iani, Nicoletti, & Umiltà, 1997; Van der Lubbe & Woestenburg, 1999). Ci sono infatti evidenze che l'effetto Simon non si manifesta in assenza di shift dell'attenzione spaziale

(Nicoletti & Umiltà, 1994; Notabaert, Soetens & Melis, 2001; Stoffer, 1991). Indicando perciò che il coinvolgimento di processi attenzionali è necessario per la manifestazione di questo effetto.

A partire dallo studio di Simon e Rudell (1967), che per primi hanno descritto l'effetto Simon, si è iniziato ad indagare anche il rapporto tra l'orientamento dell'attenzione spaziale e la manualità. Per quanto riguarda la manualità, si fa riferimento ad uno studio di Steven e Ducasse (1912), il quale è stato molto importante nel fornire una prospettiva di riferimento per gli studi successivi. Il suddetto lavoro ha evidenziato come la distanza tra il punto di fissazione centrale e un punto variabile ai lati di essa, viene sovrastimata se il punto variabile in questione si trova nell'emispazio visivo di destra.

Successivamente, Smith (1914), aggiunge che gli oggetti che vengono percepiti più grandi nell'emispazio visivo destro attirano maggiormente l'attenzione visiva, facilitando tra l'altro i movimenti di *grasping* della mano destra verso essi.

Il lavoro di revisione di Peters (1995) riassume la relazione tra attenzione e manualità.

L'autore asserisce che nel caso in cui entrambe le mani di un soggetto siano in competizione durante un compito attenzionale, l'attenzione è distribuita asimmetricamente; nello specifico viene favorita la mano destra per i destrimani.

I risultati dello studio di Nishimura & Yokosawa (2006) assieme a quelli di Iani, Milanese & Rubichi (2014) dimostrano che la rappresentazione spaziale orizzontale è fortemente influenzata dalla manualità del soggetto, supportando l'ipotesi che appunto, la manualità, interferisca con le modalità con cui si interagisce con il mondo e di conseguenza anche con la modalità di codifica e rappresentazione delle informazioni (Casasanto, 2009).

Date queste premesse, secondo Rubichi e Nicoletti (2006) è ragionevole ipotizzare che la manualità del singolo soggetto possa influenzare la maniera personale di codificare lo spazio; infatti, sempre gli stessi autori, riferiscono che quando vengono selezionati soggetti destrimani, l'intensità dell'effetto Simon è asimmetrica: maggiore per l'emispazio visivo destro rispetto al sinistro.

Il modello classico di Mesulam (1981; 1999; 2002) offre una spiegazione in merito a come l'attenzione venga controllata a livello cerebrale, che sembra essere supportata da osservazioni sperimentali sia in soggetti sani che patologici. Nello specifico, l'emisfero destro controllerebbe gli spostamenti attenzionali rivolti sia verso l'emispazio sinistro che verso l'emispazio destro; invece, l'emisfero sinistro controllerebbe solo gli shift verso l'emispazio destro.

Il modello appena descritto viene utilizzato in ambito di ricerca clinica, in particolare come spiegazione di una patologia conseguente ad un danno cerebrale, l'eminegligenza spaziale unilaterale. Ai fini del presente studio, si tengono in considerazione solamente i risultati ottenuti in soggetti sani, i quali presentano un fenomeno parallelo all'eminegligenza, in quanto è stato spiegato a partire dal modello di Mesulam. Il fenomeno in questione è lo pseudoneglect, esso è strettamente connesso sia alla possibile influenza della manualità, sia alla specializzazione dell'emisfero destro per l'attenzione visuospaziale. Di seguito sarà descritto brevemente: i soggetti sani tendono a ignorare una piccola porzione di spazio a destra; di conseguenza quando viene loro chiesto, ad esempio, di bisecare una linea, tendono a spostare il centro veridico sistematicamente verso sinistra (si veda ad esempio: Bisiach, Capitani, Colombo & Spinnler, 1976; Bowers & Heilman, 1980; Heilman, Bowers & Watson, 1984; Bradshaw, Nettleton, Nathan & Wilson, 1985; Luh 1995; Halligan & Marshall, 1989;

Harvey, Milner & Roberts, 1995; McCourt & Olafson, 1997; McCourt & Jewell, 1999; McCourt & Garlinghouse, 2000; McCourt, Freeman, Tahmahkera-Stevens & Chaussee, 2001; McCourt, Garlinghouse & Butler, 2001; McCourt, Garlinghouse & Slater, 2000).



Figura 2- Esempio di bisezione di linea nel caso di eminegligenza unispaziale laterale e pseudoneglect.

Lo pseudoneglect è sostanzialmente un bias attenzionale, il quale rifletterebbe a livello comportamentale, l'organizzazione corticale dei meccanismi dell'attenzione spaziale. Questi sarebbero evidenziati da una sovrastima dello spazio di destra nei soggetti destrimani quando la mano destra viene a bisecare una linea.

Jewell e McCourt (2000) in una meta-analisi di 73 studi hanno evidenziato i diversi aspetti che modulano lo pseudoneglect, considerandolo, in accordo con le teorie già presenti in letteratura, come strettamente connesso all'eminegligenza unispaziale unilaterale (*visuospatial neglect syndrome*). Questo fenomeno clinico è dovuto a lesioni cerebrali e nella maggior parte dei casi il danno si trova in aree temporo-parietali destre (ma non solo; per ulteriori approfondimenti si veda: Heilman, & Valenstein, 1972; Damasio, & Damasio, 1980; Mesulam, 1981; Watson, Valenstein, & Heilman, 1981; Rosselli, Rosselli, Vergara, & Ardila, 1985; Halligan, Manning, & Marshall, 1991). Sempre Jewell e McCourt (2000) definiscono la sindrome da neglect visuospatiale come un quadro clinico molto interessante poiché, studiando le aree cerebrali coinvolte e i conseguenti segni e deficit dei pazienti, potrebbe dare indicazioni circa la locazione

dei circuiti cerebrali deputati all'attenzione spaziale.

Il lavoro di review in questione ha inoltre, un altro scopo, cioè quello di elencare i possibili fattori che contribuiscono e modulano il fenomeno dello pseudoneglect. Nello specifico gli autori discutono 26 fattori; di seguito vengono riportati alcuni esempi, inerenti allo scopo generale del presente lavoro.

- **Manualità:** i soggetti destrimani riportano una differenza dal centro veridico verso sinistra maggiore rispetto ai soggetti mancini, nonostante anch'essi mostrino il fenomeno in questione (Luh, 1995). Inoltre, i destrimani confermano questa differenza nella performance indipendentemente dalla mano che utilizzano per eseguire il compito sperimentale; i mancini invece sbagliano a indicare il centro veridico di una linea con una deviazione verso sinistra quando utilizzano la mano sinistra e con una deeviazione verso destra quando utilizzano la mano destra (Bradshaw, Nettleton, Wilson & Bradshaw, 1987).
- **Età dei soggetti:** combinando l'effetto dell'età dei diversi studi presi in considerazione, gli autori concludono che lo pseudoneglect sia presente per i soggetti definiti "giovani" (criterio da loro definito per i partecipanti con meno di 40 anni) e, invece, per i soggetti più vecchi si assiste ad un'inversione: l'errore di stima rispetto al centro veridico va verso destra. Questo dato comporta delle implicazioni rispetto al campionamento dei soggetti che, spesso essi sono studenti universitari (quindi quasi solo "giovani"). Inoltre si confermerebbe l'ipotesi secondo cui l'emisfero destro, principale deputato dell'attenzione spaziale, invecchierebbe prima rispetto al sinistro (Goldstein & Shelly, 1981; Meudell & Greenhalgh, 1987; Robinson & Kertzman, 1990).

- Direzione dello scanning: dalla metanalisi emerge che la direzione verso cui si procede, eseguendo il compito di bisezione di linee, ha una forte influenza.

Nello specifico, l'errore di stima del centro veridico, concorda con la posizione da cui lo *scan* della linea inizia: quindi i soggetti che procedono da sinistra verso destra, tendono a sbagliare la stima verso sinistra; coerentemente, i soggetti che procedono da destra verso sinistra, tendono a sbagliare la verso destra.

1.2. L'effetto Affordance

Il concetto di affordance proposto inizialmente da Gibson (1979) si è modificato nel tempo. La proposta faceva riferimento alle capacità di un ambiente, di influenzare un soggetto percepente, offrendo e potenziando azioni specifiche da eseguire come possibilità di interazione con esso. Ellis & Tucker nel 2000, a seguito di diversi studi, riformularono il concetto originario di affordance con quello di *micro-affordance*. Con *micro-affordance* si fa riferimento alla congiunzione nel cervello di esperienze motorie e visive. In altre parole, la visione di un oggetto genererebbe una specifica attivazione motoria in base alle caratteristiche pragmatiche dell'oggetto stesso (per esempio, la visione di un oggetto piccolo come una moneta, o il manico di una tazza, richiamerebbero un particolare tipo di presa come quella di precisione con indice e pollice). Questa visione permette di includere nel concetto di affordance anche ciò che avviene a livello cerebrale ("*brain assemblies*", Ellis & Tucker, 2000). Questo ampliamento della prospettiva sulle affordance ha prodotto negli ultimi anni un'incredibile mole di studi comportamentali. Ellis e Tucker (1998; 2000) hanno mostrato che principalmente due caratteristiche pragmatiche sono utili a studiare la risposta

motoria a seguito della semplice vista di un oggetto afferrabile. Le due principali caratteristiche pragmatiche sono l'orientamento di un oggetto, o di una sua parte afferrabile, e la grandezza dell'oggetto stesso. Ai fini della presente tesi verrà approfondito l'orientamento come caratteristica pragmatica nel capitolo successivo. Per quanto concerne la grandezza dell'oggetto, Ellis e Tucker (2000) hanno mostrato che i partecipanti, quando dovevano discriminare una caratteristica irrilevante al fine della presa dell'oggetto (ad esempio se l'oggetto è naturale o artefatto), davano risposte più veloci se l'oggetto era di dimensione adeguata alla presa che dovevano eseguire per fornire la risposta. In particolare, nel paradigma tipico i partecipanti dovevano giudicare se un oggetto apparteneva alla categoria artificiale o naturale eseguendo una presa di precisione o di potenza su un manipolandum. I risultati hanno mostrato tempi di reazione più veloci se la presa evocata dall'oggetto era compatibile con la prensione eseguita per la discriminazione (esempio: fragola -> presa di precisione). Al contrario, i tempi di risposta risultavano rallentati se la presa evocata risultava incompatibile con la prensione eseguita (esempio: fragola -> presa di potenza). Questa differenza nei tempi si attesta a circa 20 ms e viene indicata in letteratura come effetto affordance (AE).

La proposta delle micro-affordance permette di creare un collegamento diretto tra percezione e azione, ma anche di esplorare le rappresentazioni neurali delle dinamiche tra organismo e ambiente. Più recentemente sono state descritti ulteriori aspetti legati all'interazione tra particolari aspetti motori e gli oggetti. Bub, Masson e Cree (2008), hanno mostrato che anche l'intenzione di utilizzare un oggetto ha un ruolo nell'evocare particolari comportamenti motori. Questi autori hanno documentato due tipi di conoscenze di manipolazione: una funzionale e una volumetrica. In altre parole,

l'intenzione di spostare un oggetto, come ad esempio una tazza, selezionerebbe la presa più appropriata (potenza) allo scopo.

Un'ulteriore distinzione particolarmente importante per la selezione delle affordance è quella relativa alle affordance stabili e variabili (Borghi, & Riggio, 2009; 2015). Le affordance stabili fanno riferimento alle caratteristiche pragmatiche di un oggetto che non variano tra i diversi possibili contesti e in relazione alle possibili esperienze (per esempio la forma o la grandezza di una noce); al contrario, quelle variabili sono le caratteristiche di un oggetto che possono, appunto, cambiare nei diversi contesti (per esempio la posizione nello spazio o l'orientamento), per le quali il comportamento motorio si deve adattare e aggiornare continuamente.

Per quanto concerne il substrato neurale, questo viene identificato nei neuroni canonici. Questi sono neuroni motori che rispondono anche alla semplice visione dell'oggetto congruente con le loro caratteristiche motorie. In altre parole un oggetto visivo elicitava la rappresentazione della sua prensione tipica, quindi l'azione potenziale corrispondente. Un esempio di circuito che svolge proprio questo compito, comprende le aree AIP-F5 per la manipolazione degli oggetti e VIP-F4 per il *reaching*. La scoperta di questi neuroni e in seguito, dei circuiti specifici per la manipolazione degli oggetti, è stata declinata in quella che oggi viene anche chiamata teoria motoria delle affordance (si veda Thill, Caligiore, Borghi, Ziemke, & Baldassarre, 2013).

Per quanto riguarda la selezione delle affordance adeguate da attivare, le aree deputate sembrerebbero fare riferimento alla corteccia prefrontale (PFC), che opera in relazione all'identificazione dell'oggetto in questione ma anche in base agli stati interni dell'agente (Thill, Caligiore, Borghi, Ziemke, & Baldassarre, 2013).

Infine, sembrerebbero essere presenti due distinte vie neurali che codificherebbero le

caratteristiche stabili e variabili delle affordance. Originariamente descritte da Ungerleider e Mishkin (1982), la via dorsale e la via ventrale sono due circuiti cerebrali deputati rispettivamente alla percezione-per-azione e alla percezione-per-percezione. La via dorsale è un circuito occipito-parietale, si genera a partire dall'area visiva primaria e si estende fino alla corteccia parietale posteriore. È coinvolta nelle azioni guidate da stimoli visivi e ha caratteristiche di codifica spaziale. Inoltre, l'informazione visiva che viene elaborata da questa via è relata al monitoraggio online della relazione tra gli scopi dell'azione e l'effettore.

La via ventrale è invece coinvolta nel riconoscimento degli oggetti. È un circuito generato anch'esso a partire dall'area visiva primaria e si estende però fino alla corteccia occipito-temporale. Le informazioni visive che riceve riguardano primariamente aspetti invariati dell'informazione ambientale determinanti per creare una rappresentazione stabile dell'oggetto.

Questa stretta dicotomia è stata più recentemente messa in discussione da Rizzolatti e Matelli (2003) che hanno identificato una terza via dorso-ventrale. Questo circuito, che si presenta come una branca intermedia tra la via dorsale e la via ventrale, sembrerebbe coinvolto nelle trasformazioni sensorimotorie, percezione dello spazio e riconoscimento delle azioni (Gallese, 2007; Binkofski & Buxbaum, 2013). Le caratteristiche funzionali di queste vie suggeriscono un parallelismo con la proposta delle affordance stabili e variabili e una meta-analisi di studi fMRI (Sakreida et al., 2016) mostra come le affordance stabili siano elaborate dalla via ventro-dorsale e le affordance variabili dalla via dorso-dorsale.

1.2.1. Effetto affordance e manualità

Anche l'effetto affordance (AE) è strettamente connesso con la manualità, infatti è ben noto in letteratura che vi sia una lateralizzazione (valida almeno per l'uomo) legata alla prassi. Un esempio della connessione tra affordance e manualità deriva dallo studio di Janyam e Slacheva (2012). Lo scopo del lavoro è stato quello di verificare che l'effetto affordance possa essere elicitato non solo dall'attivazione di codici astratti (rappresentato dal classico effetto di compatibilità nei paradigmi SRC), ma anche da specifiche attivazioni motorie dovute ad affordance visive. La procedura prevede che i partecipanti rispondano ad uno stimolo target "I-III" oppure "III-I", presentato sopra l'immagine di una padella, il cui manico può essere orientato a destra o a sinistra. Inoltre i partecipanti possono avere, o non avere, dei pesi da palestra allacciati ai polsi e le mani in posizione incrociata oppure nella posizione canonica, sempre in base alla condizione ad essi assegnata. È importante specificare che il disegno sperimentale prevede che tutte le variabili siano "entro i soggetti".

Il risultato principale che emerge è che i pattern di congruenza variano secondo la posizione delle mani dei partecipanti ma questa differenza è valida solo per la mano destra. Ciò significa che solo la mano destra riporta differenze nei tempi di reazione a seconda che la posizione delle mani sia quella canonica oppure incrociata, ma anche in base alla corrispondenza mano-stimolo target della condizione considerata. Per quanto riguarda invece la mano sinistra, i risultati indicano tempi di reazione molto simili o non statisticamente differenti rispetto alle condizioni di posizione delle mani e congruenza mano-stimolo target.

Considerando, inoltre, alcuni studi recenti (Globe, & Brown, 2008; Buccino, Sato, Cattaneo, Rodà, & Riggio, 2009; Hughes, Reißig, & Seegelke, 2011) che riportano che

la mano destra ha un vantaggio per la pianificazione e output motorio, in quanto l'emisfero cerebrale sinistro è dominante per il controllo motorio, il risultato appena presentato supporterebbe l'ipotesi dell'attivazione motoria per l'effetto affordance, almeno per quanto riguarda nello specifico la mano destra.

Infatti, diversi studi dimostrano che le persone destrimane riportano una forte lateralizzazione per la mano dominante in riferimento alle *motor-skills*, rispetto ai mancini, i quali invece sembrano basarsi equamente su entrambe le mani (Kilshaw & Annett, 1983; Geschwind & Galaburda, 1987; Gonzalez, Withwell, Morrissey, Ganel & Goodale, 2007; Linkenauger, Witt, Bakdash, Stefanucci, Proffitt, 2009).

Capitolo 2

RELAZIONE TRA EFFETTO SIMON ED EFFETTO AFFORDANCE

2.1. L'ipotesi motoria

Nell'ambito di studio dei paradigmi di compatibilità tra stimolo-risposta (SRC), Tucker e Ellis nel 1998 dimostrano che i soggetti sono più veloci nelle prove in cui l'orientamento del manico dell'oggetto-stimolo presentato, corrisponde alla posizione della mano di risposta, anche se l'orientamento del manico non è rilevante ai fini della risposta. La spiegazione che viene avanzata di questo risultato è riferita alla possibilità di *affordance* dell'oggetto: il manico, ovvero la porzione dell'oggetto con cui normalmente si interagisce per manipolare l'oggetto stesso, attiverebbe una specifica interazione motoria della mano situata in posizione comoda per tale interazione, facilitando di conseguenza la risposta proprio di quella mano. Tipicamente in un compito di SRC volto a valutare l'affordance effect (AE) come in quello di Tucker e Ellis (ma si veda anche Bub, & Masson, 2010; Pellicano, Iani, Borghi, Rubichi, & Nicoletti, 2010; McBride, Sumner, & Husain, 2012), i partecipanti devono giudicare, per esempio, l'orientamento verticale di un oggetto presentato centralmente, premendo o un tasto posto a destra o a sinistra rispetto al soggetto. Si noti che gli oggetti-stimolo presentati hanno un manico, che generalmente è la parte afferrabile dell'oggetto e che questo può, di conseguenza, trovarsi orientato a destra o sinistra rispetto alla mano di risposta. L'effetto di facilitazione riscontrato è attribuito, all'interno della prospettiva

motoria, alla codifica motoria del manico che attiverrebbe programmi manuali facilitando, appunto, la risposta. In altri termini, la visione una tazza con il manico orientato a destra o a sinistra eliciterebbe un movimento di *reaching* con l'effettore destro o sinistro al fine di afferrarla (McBride et al., 2012).

L'ipotesi dell'elaborazione delle caratteristiche pragmatiche è sostenuta primariamente dai lavori di Tucker & Ellis (1998; 2001); sostanzialmente la suddetta elaborazione da cui deriva l'effetto, servirebbe ad attuare un specifico comportamento motorio verso la componente afferrabile, o *graspabile*, dell'oggetto. L'effetto affordance, secondo gli autori, sarebbe diverso rispetto all'effetto Simon, poiché l'orientamento delle caratteristiche pragmatiche dell'oggetto non definisce il codice destro-sinistro che determina le prove compatibili e la comparsa dell'effetto nel compito Simon. Piuttosto, l'orientamento delle caratteristiche pragmatiche, attiverrebbe specifiche rappresentazione motorie con conseguente miglioramento della velocità e accuratezza nelle risposte delle condizioni stimolo-risposta congruenti.

2.1. L'ipotesi attenzionale

Il manico di un oggetto lo rende asimmetrico e, quindi, potrebbe anche essere visto come una delle caratteristiche in grado di catturare l'attenzione del soggetto (Wolfe, 1998).

L'ipotesi attenzionale viene introdotta da Anderson, Yamagishi e Karavia nel 2002. Gli autori propongono di considerare il manico di un oggetto come un cue visivo asimmetrico e saliente, in grado di creare un bias attenzionale nell'oggetto stesso.

Questo bias comporterebbe di conseguenza uno shift attenzionale, in grado di generare

il codice spaziale che facilita la risposta ma che non sarebbe in alcun modo relazionato alla rappresentazione motoria legata alle interazioni tipiche di quel dato oggetto. Infatti, nello studio del 2002 vengono utilizzati come stimoli sia oggetti che non-oggetti ma in entrambi i casi, le figure riportano evidenti asimmetrie. Inoltre, gli stimoli vengono presentati inclinati verso destra o verso sinistra. Ai partecipanti è chiesto di giudicare se l'orientamento degli stimoli fosse in senso orario, oppure antiorario.

Gli autori rilevano tempi di reazione rapidi in relazione alle componenti asimmetriche, siano esse appartenenti agli oggetti che ai non-oggetti. Questo risultato è chiaramente in contrasto con l'ipotesi che il manico asimmetrico evochi il reclutamento di rappresentazioni motorie.

È inoltre importante sottolineare che gli shift attenzionali sono anche presi in considerazione come meccanismi alla base della formazione automatica del codice spaziale nell'effetto Simon; in questo senso, l'effetto affordance verrebbe spiegato sostanzialmente come un caso particolare di effetto Simon.

Anche i risultati dello studio di Cho e Proctor (2010, 2011, 2013) vanno a favore di questa visione. Gli autori contestano l'ipotesi affordance di Tucker e Ellis per spiegare gli effetti di compatibilità mano-manico. Nello studio del 2010, questi autori presentano ai soggetti una figura di una padella, con il manico orientato a destra o a sinistra. Dai risultati emerge un effetto di compatibilità tra manico e risposta quando la mano viene considerata come variabile entro i soggetti; questo effetto è riconducibile ai codici di risposta che si attivano anche per l'effetto Simon.

Successivamente viene proposta anche una condizione, dello stesso paradigma, in cui viene tolta l'informazione legata all'affordance, il manico appunto. Quindi i nuovi stimoli presentano al posto del manico, una linea composta da puntini (si veda Cho &

Proctor, 2010, exp 2c). Vengono ottenuti gli stessi risultati della condizione con il manico intero. Secondo gli autori, questa è un'evidenza convincente del fatto che Tucker e Ellis avrebbero sostanzialmente rilevato un effetto Simon.

Il problema principale degli studi di Cho e Proctor o Anderson e collaboratori, come rilevato da Pappas (2014) oppure di Taylor & Zwaan (2010), è che gli stimoli presentati mancano di dettagli decisivi per elicitarne l'effetto affordance. Infatti, vengono presentate delle semplici silhouette che elicitano una corrispondenza stimolo-risposta riconducibile, di fatto, ad un effetto Simon. Questa ambivalenza che si riscontra in diversi studi, pur utilizzando paradigmi molto simili, ha portato a due ipotesi distinte come spiegazione dell'effetto affordance. È quindi lecito ipotizzare che la scelta di utilizzare stimoli più o meno naturalistici (fotografie vs silhouette) potrebbe essere critica per dissociare i due effetti.

Ad ogni modo il dibattito è ancora aperto. Recentemente, Proctor, Lien and Thompson (2017), hanno replicato lo studio di Pappas (2014) ottenendo risultati diversi.

Apparentemente l'AE è generato dalla codifica spaziale della caratteristica saliente (il manico), con un contributo tardivo della compatibilità mano-manico solo in presenza di immagini naturalistiche. Proctor e collaboratori (2017) suggeriscono che la maggiore critica di questi studi sia collegata al tipo di modalità di risposta. Infatti, l'utilizzo dei due tasti di risposta lateralizzati, non coinvolgerebbe direttamente lo stimolo facendo così emergere un effetto di compatibilità riconducibile ad un Simon.

Lo studio presentato in questa tesi ha come scopo quello di comparare le due ipotesi descritte. Per superare i limiti del paradigma di SRC, è stato utilizzato un compito

go/no-go, nel quale i partecipanti devono rispondere a un oggetto afferrabile compiendo un movimento di raggiungimento e tocco dell'immagine di un oggetto presentato su uno schermo. Sono state prese in considerazione diverse misure dipendenti, oltre ai classici tempi di risposta (TR), quali le coordinate spaziali X e Y della parte finale del tocco e i tempi di movimento. Inoltre è stato investigato il coinvolgimento dell'attenzione spaziale prima e dopo il compito tramite test di bisezione della linea con conseguente valutazione dello pseudoneglect da parte dei partecipanti.

Capitolo 3

ESPERIMENTO

3.1. Metodo

3.1.1. Soggetti

Hanno preso parte all'esperimento trenta volontari (23 femmine; età media = 24,52). A causa della mancata registrazione da parte del computer delle risposte di un partecipante, questo è stato escluso e rimpiazzato con un nuovo volontario. I partecipanti sono stati selezionati in base al punteggio di dominanza manuale eseguito con l'Edinburgh Inventory (Oldfield, 1971). Solo coloro i quali hanno ottenuto un punteggio di dominanza manuale che li ha identificati come destrimani sono stati inclusi nell'esperimento. Inoltre tutti i partecipanti hanno un'acuità visiva normale o corretta. L'assegnazione della condizione sperimentale è stata bilanciata tra i partecipanti (15 partecipanti per ciascuna condizione).

Tutti i partecipanti non erano a conoscenza dello scopo dello studio e potevano sospendere la prova in qualsiasi momento. Tuttavia alla fine della seduta sperimentale venivano informati sulle finalità dello studio.

3.1.2. Strumentazione e stimoli

Gli stimoli utilizzati sono immagini di una caffettiera e di un bollitore in scala di grigio inseriti in una cornice immaginaria di 350X350 pixels, il cui centro corrisponde anche al centro dello schermo. Questi appaiono sempre con l'orientamento verticale canonico,

cambia, invece, l'orientamento orizzontale. Infatti, possono presentarsi orientati con il manico a destra o a sinistra, occupando comunque lo stesso numero di pixels sullo schermo. Questi stimoli vengono mostrati ai partecipanti su un monitor touch-screen (ELO 3200L) della grandezza di 32 pollici e risoluzione 1920 X 1080 pixels, pilotato da un computer Intel Core i7 tramite il programma E-Prime 2.0 (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002). I partecipanti sono posti di fronte al monitor ad una distanza di circa 43 cm, con il capo appoggiato su una combinazione di mentoniera e poggia fronte per evitare movimenti di esso.



Figura 3- *Stimoli utilizzati durante il compito.*

3.1.3. Procedura

I partecipanti sono seduti davanti al monitor touch-screen in una stanza con luce soffusa. Ogni prova è così composta: il soggetto preme con l'indice destro o sinistro, secondo la condizione ad egli assegnata, la barra spaziatrice di una tastiera QWERTY posta in modo tale che il centro della barra corrisponda contemporaneamente alla linea mediana del corpo del partecipante e al centro del lato orizzontale dello schermo. Sul monitor appare una croce di fissazione bianca per 1000 msec e successivamente appare

una caffettiera o un bollitore. La consegna fornita al soggetto è di rispondere alla sola caffettiera e non al bollitore (compito go/no-go). La risposta consiste nel toccare l'immagine dell'oggetto, per poi ritornare alla posizione di partenza, collocando nuovamente il dito indice sulla barra spaziatrice. Nel caso in cui appaia il bollitore, ovvero lo stimolo a cui non bisogna rispondere, la consegna è quella di attendere tenendo premuta la barra spaziatrice, dopo 1000 msec appare la nuova croce di fissazione che dà inizio ad una nuova prova. Ai soggetti viene chiesto di mantenere l'attenzione sulla croce di fissazione e sullo stimolo che appare, inoltre viene loro specificato che la risposta dovrà essere il più accurata e veloce possibile.

Nel caso di risposta errata viene rilasciato un feedback sonoro di errore.

Il movimento del braccio richiesto ai soggetti ha anche la finalità di richiamare un gesto quotidiano, conferendo nel complesso, anche semplicemente tramite un *pointing*, una maggiore validità ecologica.

Per quanto riguarda la presentazione degli stimoli, il paradigma prevede che questi appaiano in posizione centrale, rispetto allo schermo ma anche ai partecipanti. Il controllo della localizzazione orizzontale è importante, come suggerito anche da Pappas (2014), per non elicitare un effetto di compatibilità che in realtà sarebbe semplicemente riconducibile ad una corrispondenza anatomica del soggetto, in riferimento alla superficie di misurazione delle coordinate. Inoltre, non solo la localizzazione orizzontale degli stimoli, ma anche la variazione del manico verso destra e verso sinistra è stata controllata, infatti indipendentemente dall'orientamento del manico, gli stimoli occupano sempre lo stesso numero di pixels sullo schermo.

L'esperimento prevede una breve fase di training di 51 trial per prendere confidenza con la sensibilità del touch-screen. Successivamente la fase sperimentale si compone di 459

trial in cui gli stimoli si susseguono in maniera randomizzata; inoltre vi sono dei piccoli momenti di pausa durante i quali il soggetto può rilassarsi e distogliere l'attenzione dallo schermo senza però alzarsi. È importante rilevare che l'utilizzo del touch-screen ha permesso ai partecipanti di rimanere molto attivi durante il compito sperimentale e di conseguenza, attenuare anche l'eventuale sensazione di stanchezza o noia.

Prima dell'inizio di ogni esperimento e alla fine di questo, ogni partecipante esegue un test di bisezione della linea. Il test si compone di undici linee di diversa lunghezza, dalle quali si ottiene un indice di bisezione (BSI) che valuta l'eventuale presenza e intensità dello pseudoneglect.

3.1.4. Disegno sperimentale

Le variabili dipendenti che sono state misurate, sono:

- Le coordinate X e Y del tocco sullo schermo touch-screen;
- I tempi di risposta (RT) di rilascio della barra spaziatrice;
- I tempi di movimento (MT), ovvero il tempo impiegato per fornire la risposta toccando lo schermo;
- Indice di bisezione delle linee (BSI).

Le variabili indipendenti invece sono:

- La mano con la quale si esegue la risposta (variabile tra i soggetti);
- Orientamento orizzontale del manico degli stimoli (variabile entro i soggetti).

Le prove “go” (riferite alla caffettiera) si definiscono compatibili quando la posizione del manico corrisponde a quella della mano utilizzata dal soggetto durante il compito (manico a destra-mano destra; manico a sinistra-mano sinistra). Sono invece definite

incompatibili le prove in cui la posizione del manico non corrisponde a quella della mano utilizzata dal soggetto (manico a destra-mano sinistra; manico a sinistra-mano destra). In questo modo è stato ottenuto un disegno fattoriale misto 2 x 2 (variabile tra i soggetti, mano destra vs. mano sinistra; variabile entro i soggetti, condizione compatibile vs. incompatibile).



Figura 4- Schema di compatibilità, rispetto alla mano sinistra e alla mano destra. In rosso sono rappresentate le condizioni *INCOMPATIBILI* (mano sinistra con manico a destra; mano destra con manico a sinistra); in verde sono rappresentate le condizioni *COMPATIBILI* (mano sinistra con manico a sinistra; mano destra con manico a destra).

3.2. Risultati

Nell'esperimento sono state registrate diverse variabili dipendenti. Nello specifico sono stati presi in considerazione i tempi reazione (TR), i tempi di raggiungimento e tocco dello schermo (MT), le coordinate X e Y del tocco sul touch-screen. I dati sono stati registrati tramite il software E-prime 2.0 e aggregati tramite Excel. L'analisi dei dati è stata eseguita utilizzando R 3.4.2 (R Core Team, 2017). Un partecipante è stato escluso a priori poiché il software non ha registrato i TR delle due prove ed è quindi stato sostituito con un nuovo partecipante.

Tutti i dati sono stati analizzati rimuovendo un totale di nove prove sintomatiche di risposte anticipatorie (2 prove, < 150 ms), ritardate (5 prove, >1500 ms) e tocchi casuali sullo schermo (2 prove, asse X > 1200 px e asse Y, < 100 px). Inoltre, le risposte errate (che comprendono il rilascio della barra spaziatrice prima che lo stimolo compaia; le risposte date nei trial no-go, quindi quelli con il bollitore; le prove in cui il partecipante rilascia la barra durante la croce di fissazione) sono state escluse dall'analisi per un totale di 45 valori. Questo ha fatto sì che venissero esclusi dall'analisi lo 0.86 % delle prove.

Al fine di evitare di includere nelle analisi eventuali tocchi multipli sullo schermo (dovuti alla sensibilità del touch-screen) è stato utilizzato un approccio conservativo e sono stati presi in considerazione i tempi di movimento inferiori a 1000 ms, con un'ulteriore perdita di dati pari a circa il 17 % (1083 prove).

3.2.1. Tempi di reazione

Con i tempi di reazione si fa riferimento al tempo intercorso tra l'onset dello stimolo e il rilascio della barra spaziatrice. L'ispezione preliminare della distribuzione dei TR ha mostrato una curva positiva caratterizzata da un valore di asimmetria pari a 1.6, e di curtosi pari a 6.4. È stata quindi applicata una procedura iterativa di trasformazione dei dati, al fine di ridurre i parametri di asimmetria e curtosi della distribuzione. È stata scelta la procedura di Box-Cox (Box, & Cox, 1964; Klein Entink, Fox, & Van der Linden, 2009), utilizzando la funzione "boxCox()" contenuta nel pacchetto car di R. Ciò ha permesso di scegliere visivamente il valore di lambda più appropriato e la conseguente trasformazione associata, che in questo caso si attesta a $\lambda = -1$ e corrisponde al reciproco dei dati (1/TR). La distribuzione così trasformata mostra una curva con valori di asimmetria e curtosi pari a 0.3 e 0.8, rispettivamente. Tutte le analisi

statistiche sono state eseguite su i dati così trasformati.

Da un semplice confronto emerge una prima differenza nei tempi di reazione tra i soggetti. Nello specifico, chi utilizza la mano destra per rispondere è più veloce rispetto a chi utilizza la mano sinistra ma questa differenza non è significativa.

I TR sono stati analizzati usando un'ANOVA con disegno misto composto da: come fattore entro i soggetti, la compatibilità mano-manico (due livelli: compatibile vs incompatibile) e, come fattore tra i soggetti, la mano utilizzata per eseguire il compito (due livelli: destra vs sinistra).

L'analisi non mostra effetti principali o effetti d'interazione significativi, nonostante le prove compatibili presentino TR generalmente più veloci delle prove incompatibili (media compatibili = 530 ms, media incompatibili = 535 ms).

3.2.2. Tempi di movimento

La stessa procedura d'ispezione e trasformazione dei dati descritta per i tempi di reazione è stata applicata anche ai tempi di movimento.

In questo caso la trasformazione applicata corrisponde a un valore di $\lambda = -0.5$ (asimmetria = 1.3, curtosi = 1.3). La distribuzione così ottenuta corrisponde al reciproco della radice quadrata dei tempi di movimento.

L'ANOVA mista su i dati trasformati non mostra alcuna differenza significativa.

3.2.3. Coordinate Spaziali

È stata condotta una MANOVA mista sui valori dei tocchi sull'asse X e i valori dei tocchi sull'asse Y rispetto alla variabile mano (between) e compatibilità (within). I risultati mostrano che l'effetto principale della mano è presente e significativo (Traccia

di Pillai = 0.59, $F(1,28) = 18.53$, $p < 0.0001$). Inoltre è presente un effetto d'interazione tra la mano e la compatibilità (Traccia di Pillai = 0.45, $F(1,28) = 10.86$, $p = 0.00034$).

Quest'ultimo risultato indica che chi utilizza la mano destra ha un comportamento diverso rispetto a chi utilizza la mano sinistra, in riferimento sia alle condizioni compatibili che incompatibili.

Per disambiguare questo dato viene effettuata un'analisi della varianza (ANOVA), come indagine post-hoc, su ciascuna coordinata.

Per quanto riguarda le coordinate X viene eseguita un'ANOVA mista, mano (variabile between a due livelli) X compatibilità (variabile within a due livelli). Emerge che vi è l'effetto principale della mano ($F(1, 28) = 39.11$, $p < 0.05$) e l'effetto d'interazione mano X compatibilità ($F(1,28) = 20.22$, $p < 0.001$). L'effetto principale indica che i tocchi con la mano sinistra sono maggiormente lateralizzati rispetto a quelli ottenuti con la destra. In particolare, per chiarire questo dato, è possibile esprimere questi valori come differenza dal centro dello schermo. Così facendo, si evince che i partecipanti che hanno eseguito l'esperimento con la mano sinistra toccano lo schermo mediamente a 13 px dal centro e in modo congruente allo spazio ipsilaterale della mano. Chi esegue il compito con la mano destra, invece, mostra uno spostamento nello spazio ipsilaterale congruente di 4 px rispetto al centro.

In seguito viene applicato il test per le differenze di scala di Tukey, per confrontare i due gruppi rispetto la mano che viene utilizzata durante il compito. Il test HSD di Tukey mostra una differenza significativa sia per la mano destra che per la mano sinistra rispetto alla compatibilità mano-manico ($p < 0.01$ per entrambi i test). Ciò si traduce in una differenza tra prove compatibili e incompatibili pari a 4 px per chi esegue il compito con la mano sinistra e pari a 3 px per chi esegue il compito con la mano destra.

Per quanto riguarda le coordinate Y viene nuovamente eseguita la stessa ANOVA mista, mano (variabile between a due livelli) X compatibilità (variabile within a due livelli). Emerge solo l'effetto principale della mano ($F(1, 28) = 4.71, p < 0.038$). Considerando le medie dei tocchi della mano destra rispetto a quelli della mano sinistra vi è una differenza di 22 px, che indica che i soggetti che utilizzano la mano destra durante il compito tendono a finalizzare le risposte in un punto più in alto (ovvero in direzione del manico) dello schermo rispetto a coloro che utilizzano la mano sinistra. Nessuna differenza significativa è presente in relazione al fattore compatibilità e all'interazione.

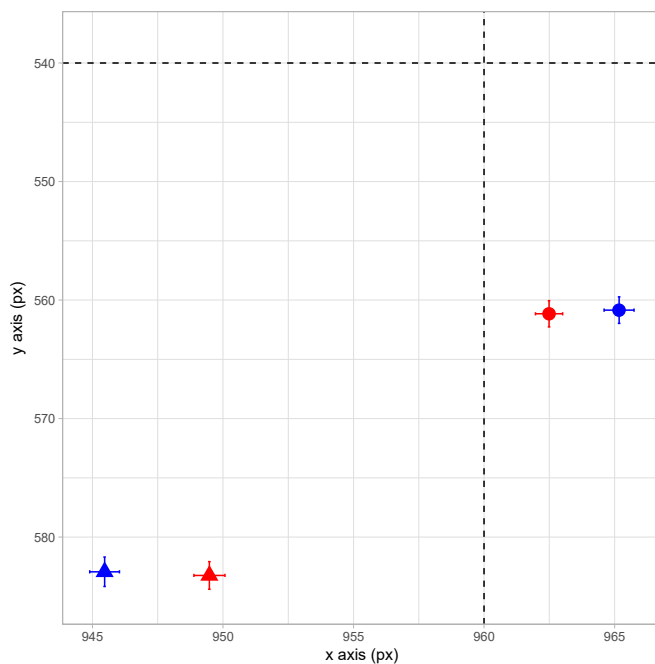


Figura 5- Coordinate tocco: i punti rappresentano le medie dei tocchi. In blu vengono indicati i tocchi delle condizioni compatibili (manico a destra-mano destra; manico a sinistra-mano sinistra) e in rosso i tocchi delle condizioni incompatibili (manico a destra-mano sinistra; manico a sinistra-mano destra).

3.2.4. Pseudoneglect

Viene calcolato l'indice di bisezione (BSI) per ogni soggetto, prima e dopo l'esecuzione del compito comportamentale davanti allo schermo touch-screen, tramite un test di bisezione di linee. Tale indice è stato calcolato applicando ad ogni linea questa formula $100 \cdot (DX - SX) / (DX + SX)$, in cui "DX" e "SX" rappresentano rispettivamente la distanza dal centro indicato dal soggetto verso destra e verso sinistra; infine viene calcolata la media dei valori delle singole linee bisecate. Valori positivi dell'indice BSI indicano la presenza di pseudoneglect; i valori negativi si ottengono in soggetti clinici con eminegligenza spaziale unilaterale ma nel caso di soggetti sani, semplicemente non indicano la presenza di pseudoneglect.

Un'ispezione preliminare dei punteggi del BSI ha mostrato due valori anomali (-0.13 e -0.19) e conseguentemente questi partecipanti sono stati esclusi dall'analisi.

È stata eseguita un'ANOVA a una via per valutare eventuali differenze nel pre-test di bisezione della linea rispetto alla mano con cui poi sarà eseguito il compito. Questa non mostra differenze significative nei valori di BSI del pre-test ($p = 0.985$), con una media di 0.25 e 0.27 per la mano destra e sinistra, rispettivamente.

L'ispezione dei dati del post-test ha rivelato valori diversi nel BSI che mostrano un incremento per la mano destra (+1.64) e una riduzione per la mano sinistra (-1.54).

Successivamente, al fine di valutare la relazione tra il BSI pre-compito e il BSI post-compito e mano utilizzata dai soggetti, è stata effettuata una regressione multipla con il risultato di un modello lineare significativo [$F(3, 24) = 6.73, p = 0.0019, R^2 = 0.46$].

Nello specifico, il valore predetto del BSI post-test è pari a $-0.455 + 0.649(\text{BSI pre-test}) + 1.8301(\text{mano}) + 0.1794(\text{BSI pre-test} \times \text{mano})$, dove la mano è codificata come 1 = destra, 2 = sinistra. I partecipanti al test BSI post-test mostrano un aumento di 0.649

per ciascun valore BSI pre-test e, i partecipanti che hanno utilizzato la mano destra avevano valori post-test BSI di 1.83 in più rispetto ai partecipanti della mano sinistra. Solo il BSI pre-test come predittore raggiunge la significatività ($p = 0.0048$), ma la mano ha mostrato un valore p pari a 0.0998. L'interazione tra la mano e il BSI pre-test non raggiunge la significatività statistica ($p = 0.63$).

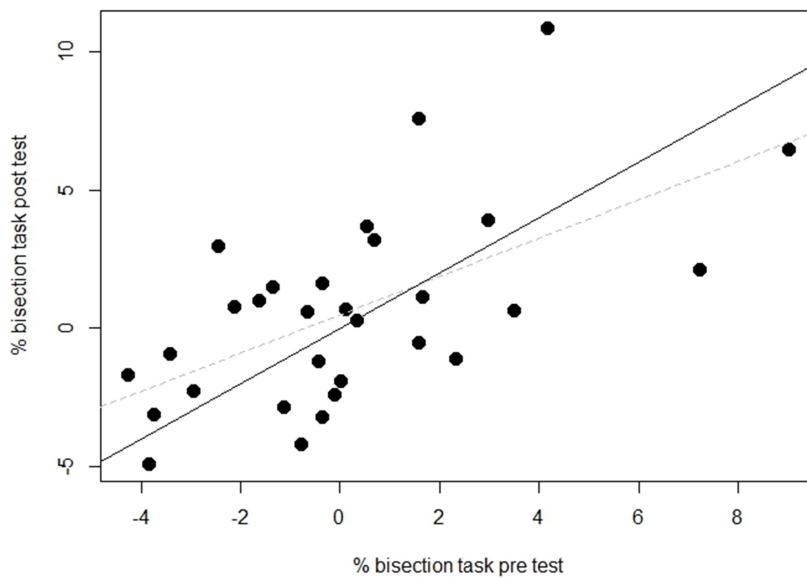


Figura 6- Si cerca un'influenza del punteggio pre test dello pseudoneglect su il punteggio, ottenuto nel medesimo test di bisezione di linee, effettuato dopo il compito comportamentale di affordance. La linea tratteggiata rappresenta la retta di regressione.

Capitolo 4

DISCUSSIONE

Lo scopo principale di questo lavoro è di confrontare le due principali ipotesi avanzate in letteratura in merito al rapporto tra l'effetto Simon e l'effetto affordance, cercando quindi di disambiguare, i processi cognitivi sottostanti alla compatibilità mano-manico.

Le due principali ipotesi a cui si fa riferimento definiscono il ruolo del manico di un oggetto-stimolo in maniera molto differente.

Secondo Tucker e Ellis (1998; 2000) il manico, ovvero la porzione dell'oggetto con la quale solitamente si interagisce, suggerirebbe una specifica interazione motoria; essi ricorrono al concetto di affordance coniato inizialmente da Gibson (1979).

Secondo gli autori durante la visione di oggetti, verrebbero pre-attivate le rappresentazioni motorie adatte all'interazione con le caratteristiche pragmatiche dell'oggetto-stimolo, ottenendo quindi un effetto di facilitazione della risposta, con TR più rapidi. Il manico viene quindi definito da Tucker e Ellis come una *micro-affordance*, derivante da una congiunzione a livello cerebrale di risposte visive e motorie.

Cho e Proctor (2010; 2011; 2013) e Anderson et al., (2002) spiegano questo effetto di facilitazione con un'ipotesi diversa. Essi criticano i risultati ottenuti negli esperimenti di Tucker e Ellis, sostenendo che non vi sia alcun effetto affordance, ma che il meccanismo alla base sia riconducibile sostanzialmente ad un effetto attenzionale.

Nello specifico, Anderson e collaboratori, considerano il manico di un oggetto come un cue visivo asimmetrico e saliente, in grado di creare un bias attenzionale nell'oggetto

stesso. Lo spostamento di attenzione conseguente, faciliterebbe la comparsa dell'effetto di compatibilità stimolo-risposta, ma non sarebbe in alcun modo relazionato al reclutamento di programmi manuali (si veda esperimento del 2002).

Secondo Cho e Proctor (2010; 2011; 2013) il manico provocherebbe uno shift-attenzionale il quale darebbe luogo a compatibilità stimolo-risposta grazie all'attivazione di codici corrispondenti, riconducibili sostanzialmente ad un effetto Simon. Gli effetti di facilitazione sarebbero quindi spiegabili secondo il *dual route account* (Kornblum, Hasbrouq, & Osman, 1990; De Jong, Liang, & Lauber, 1994). In questo modo, si crea una mappatura spaziale tra la posizione del manico e la mano di risposta che facilita le risposte nelle condizioni congruenti e, quindi, non sarebbe altro che un effetto Simon.

L'indagine condotta in questo esperimento è stata svolta con un paradigma controllato e innovativo. I partecipanti hanno eseguito un compito comportamentale con consegna go/no-go, il cui stimolo target a cui rispondere è rappresentato da una caffettiera. La risposta è stata fornita partendo dalla barra spaziatrice di una tastiera QWERTY posta in corrispondenza della linea mediana del corpo e finalizzata attraverso il tocco sul touchscreen posto di fronte ai partecipanti. Inoltre, sia prima che dopo questo compito è stato somministrato un test di bisezione di linee.

Phillips and Ward, nel lavoro del 2002, riportano un dato già noto in letteratura, ovvero che in un compito in cui i partecipanti dovevano discriminare uno stimolo sovrapposto ad una padella utilizzando entrambe le mani, si ottengono effetti di compatibilità mano-manico. In seguito, però, gli autori replicano l'esperimento e ottengono gli stessi

risultati anche quando chiedono ai partecipanti di rispondere con i piedi. Per questo motivo, essi speculano sul fatto che l'effetto affordance in precedenza elicitato da risposte fornite con entrambe le mani, sia in realtà una semplice corrispondenza, con *coding* spaziale astratto, in modo simile a quanto riportato da Cho e Proctor (2010, 2011, 2012). Per questo motivo e per cercare risultati meno ambivalenti possibili, nel paradigma utilizzato nel presente studio, sono previste solo risposte fornite da una mano (infatti la mano è una variabile tra i soggetti).

I risultati ottenuti in questo esperimento suggeriscono che le due mani vengano utilizzate differentemente. Nello specifico, in riferimento alle coordinate X, i partecipanti che hanno utilizzato la mano destra, quella dominante, finalizano i tocchi in una posizione più centrale rispetto ai soggetti che hanno utilizzato la mano non dominante. Inoltre, in riferimento alle coordinate Y, coloro che hanno utilizzato la mano dominante, tendono a toccare lo schermo in un punto più alto rispetto ai partecipanti che hanno utilizzato la mano sinistra.

Nel complesso, considerando le coordinate congiuntamente, si può notare che la mano sinistra tocca un'area più lontana dallo stimolo-target rispetto alla mano destra, la quale invece esplora un'area più in alto e vicina al manico della caffettiera.

Analizzando ancora congiuntamente i risultati sull'asse delle X e delle Y, risulta perciò chiaro che la mano destra (dominante) si sposta più in direzione del manico rispetto alla mano sinistra. Inoltre è importante ricordare che i partecipanti non hanno ricevuto alcuna indicazione su dove finalizare il tocco di risposta. Il pattern di risultati emerso può quindi essere legato all'utilizzo preferenziale, per i soggetti destrimani, della mano dominante nelle interazioni quotidiane con gli oggetti.

Risultati convergenti sono stati ottenuti anche da Janyan and Slavcheva (2012), nello studio in questione i soggetti devono rispondere ad uno stimolo target “I-III” oppure “III-I”, sovrainposto digitalmente ad una padella il cui manico può essere orientato a destra o a sinistra. Il risultato principale che emerge è che i pattern di congruenza variano a seconda della posizione delle mani dei partecipanti ma questa differenza è valida solo per la mano destra.

Questi risultati sono inoltre in linea con diversi studi che mostrano il vantaggio della mano destra in molteplici aspetti del comportamento motorio e nell’interfacciarsi con gli oggetti (per esempio Hughes, Reißig, & Seegelke, 2011).

Un esempio recente è offerto dallo studio di Rounis, Polanen e Davare (2018), nel quale viene condotta un’analisi cinematica del movimento, nello specifico dell’apertura delle dita durante la fase di *grasping*. In aggiunta alla manipolazione della direzione del manico di una tazza, viene anche disambiguato lo scopo ultimo dell’azione (spostare o bere). Gli autori rilevano che un’azione specifica elicitata da una caratteristica dell’oggetto-stimolo influisce sulla prestazione del movimento, in termini di TR più rapidi ma anche di apertura massima delle dita in base allo scopo dell’azione; ma ciò avviene solo per la mano destra. Anche questi risultati suggeriscono quindi una specializzazione della mano destra in riferimento alla manipolazione di oggetti e in base alla caratteristica saliente presente, il manico appunto.

Il tentativo di misurare il coinvolgimento dell’attenzione spaziale, tramite test di bisezione della linea, non ha mostrato modulazioni significative in questo tipo di compito, rispetto alle variabili indipendenti. La presenza di una correlazione pre-post

test è in linea con la letteratura che evidenzia come lo pseudoneglect sia un effetto stabile all'interno del soggetto.

Come evidenziato già da Ansorge e Wühr, i quali mostrano che l'effetto Simon non è presente in un compito go/no-go, è possibile ricondurre anche i risultati ottenuti in questa sede ad un effetto affordance per diversi motivi. In primis, tramite il paradigma utilizzato nel presente esperimento, è stata esclusa la possibilità che i risultati indichino una mera compatibilità spaziale, in quanto per far sì che emerga la compatibilità spaziale tra stimolo ed effetto di risposta è necessaria una risposta lateralizzata.

Nel presente esperimento la risposta è eseguita con un'unica mano, posta in fase iniziale in corrispondenza della linea mediana del corpo e in asse rispetto allo stimolo, rappresentato anch'esso centralmente. Ciò permette di escludere, in maniera ragionevole, che l'effetto di compatibilità spaziale che emerge possa essere ricondotto a un effetto Simon, anche se non può essere escluso totalmente.

In aggiunta, l'utilizzo di fotografie di oggetti reali (come ha evidenziato Pappas, 2014) rafforza la conclusione che ci troviamo di fronte a un effetto di affordance.

L'esperimento descritto in questo lavoro aggiunge un nuovo tassello nello studio del rapporto tra affordances ed effetto Simon. Infatti, sembrerebbe che l'emergere di uno o l'altro effetto sia dipendente dal tipo di compito e dal tipo di stimolo utilizzato. È possibile infatti, che in un compito che richiede la risposta lateralizzata siano allo stesso tempo presenti entrambi gli effetti e che in relazione al tipo di stimolo usato emerga o

uno o l'altro effetto. I risultati di questo esperimento sembrerebbero comunque evidenziare che l'effetto *affordance* non è un effetto Simon basato sull'oggetto.

Sono presenti tuttavia una serie di limitazioni. Un punto debole del presente studio fa riferimento alla numerosità del campione.

Un indicatore di questo limite potrebbe essere, per esempio, il fatto che la variabile mano nel modello di regressione multipla, risulti un predittore non significativo ma con $p = 0.0998$, che è comunque abbastanza vicino alla soglia convenzionale considerata. E' ragionevole ipotizzare che il modello manchi semplicemente di potenza per via della numerosità campionaria.

Inoltre si rendono necessarie nuove condizioni di controllo per validare o smentire le conclusioni appena presentate. In questo senso, i principali limiti del suddetto esperimento possono essere interessanti sviluppi futuri. Alcuni spunti potrebbero essere:

- Replicare lo studio con gli stessi stimoli ma con soggetti mancini. Questa condizione potrebbe indicare se il risultato già ottenuto rispetto alla mano destra è legato al fatto che essa sia la mano dominante nell'interazione con gli oggetti. In questo caso ci si aspetterebbe che la mano dominante per i mancini mostri, mediamente, un minore shift dei tocchi rispetto al centro dello schermo, rispetto alla mano destra.
- Replicare lo studio con gli stessi soggetti ma con stimoli dal manico rotto (si veda Buccino, Sato, Cattaneo, Rodà, & Riggio, 2009).
- Replicare lo studio con gli stessi soggetti ma con stimoli non asimmetrici che offrano comunque una possibilità di *affordance* (un'anfora, per esempio).

Questa condizione avrebbe lo scopo di indagare la possibilità che i risultati siano, o non siano, semplice corrispondenza spaziale.

- Approfondire i diversi comportamenti ottenuti in riferimento alle due mani. Postulando a priori un'ipotesi che faccia riferimento all'expertise della mano dominante a manipolare gli oggetti per scopi già conosciuti al soggetto e, per contro, fare riferimento alla mano non dominante che riveste un ruolo di esplorazione, anche ambientale (nell'emispazio di riferimento).
- Arricchire il protocollo di ricerca, abbinando al presente paradigma anche altre strumentazioni e metodi di indagine. Un esempio può essere quello di aggiungere un'analisi cinematica, come suggerito dallo studio di Rounis, Polanen e Davare (2018); oppure abbinare un'indagine elettromiografica. Riprendendo lo studio Tucker e Ellis (2000), i quali definiscono il manico come micro-affordance in grado di suggerire specifiche interazioni motorie, queste metodologie potrebbero rappresentare un'interessante opportunità per analizzare l'automaticità e di conseguenza la natura sottostante, piuttosto che le attivazioni a livello cerebrale, dell'effetto affordance come da loro definito.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, S. J., Yamagishi, N., & Karavia, V. (2002). Attentional processes link perception and action. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 269, 1225-1232.
- Ansorge, U., & Wühr, P. (2004). A response-discrimination account of the Simon effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 30, 365-377.
- Ansorge U., Wühr P. (2009). Transfer of response codes from choice-response to go/no-go tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62, 1216-1235.
- Berlucchi, G., Crea, F., Di Stefano, M., & Tassinari G. (1977). Influence of spatial stimulus-response compatibility on reaction time of ipsilateral and contralateral hand to lateralized light stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 505.
- Binkofski, F., & Buxbaum, L. J. (2013). Two action systems in the human brain. *Brain and Language*, 127(2), 222-229.
- Bisiach, E., Capitani, E., Colombo, A., & Spinnler, H. (1976). Halving a horizontal segment: A study on hemisphere-damaged patients with cerebral focal lesions. *Archives Suisses de Neurologie, Neurochirurgie et de Psychiatrie*, 118, 199-206.
- Borghì, A. M., & Riggio, L. (2009). Sentence comprehension and simulation of object temporary, canonical and stable affordances. *Brain Research*, 1253, 117-128.
- Borghì, A. M., & Riggio, L. (2015). Stable and variable affordances are both automatic and flexible. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(351).
- Bowers, D., & Heilman, K. M. (1980). Pseudoneglect: Effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, 18, 491-498.
- Box, G. E. P., & Cox, D. R. (1964). An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 26(2), 211-252.
- Bradshaw, J.L., Nettleton, N.C., Nathan, G., & Wilson, L.E. (1985). Bisecting rods and lines: Effects of horizontal and vertical posture on left-side underestimation by normal subjects. *Neuropsychologia*, 23, 421-425.

- Bradshaw, J. L., Nettleton, N. C., Wilson, L. E., & Bradshaw, C. S. (1987). Line bisection by left-handed preschoolers: a phenomenon of symmetrical neglect. *Brain and Cognition*, 6, 377-385.
- Bub, D. N., Masson, M. E., & Cree, G. S. (2008). Evocation of functional and volumetric gestural knowledge by objects and words. *Cognition*, 106(1), 27-58.
- Bub, D. N., & Masson, M. E. (2010). Grasping beer mugs: on the dynamics of alignment effects induced by handled objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(2), 341-358.
- Buccino, G., Sato, M., Cattaneo, L., Roda, F., & Riggio, L. (2009). Broken affordances, broken objects: a TMS study. *Neuropsychologia*, 47, 3074-3078.
- Callan, J., Klisz, D., & Parsons, O. A. (1974). Strength of auditory stimulus-response compatibility as a function of task complexity. *Journal of Experimental Psychology*, 102(6), 1039-104.
- Casasanto, D. (2009). Embodiment of abstract concepts: good and bad in right- and left-handers. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138(3), 351-367.
- Cho, D. T., & Proctor, R. W. (2010). The object-based Simon effect: Grasping affordance or relative location of the graspable part? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36, 853-861.
- Cho, D. T., & Proctor, R. W. (2011). Correspondence effects for objects with opposing left and right protrusions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 737-749.
- Cho, D. T., & Proctor, R. W. (2013). Object-based correspondence effects for action-relevant and surface-property judgments with keypress responses: Evidence for a basis in spatial coding. *Psychological Research*, 77(5), 618-636.
- Damasio, A. R., & Damasio, H. (1980). Neglect following damage to frontal lobe or basal ganglia. *Neuropsychologia*, 18, 123-132.
- De Jong, R., Liang, C. -C., & Lauber, E. (1994). Conditional and unconditional automaticity: a dual-process model of effects of spatial stimulus-response correspondence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 731-750.

- Dittrich, K., Rothe, A., & Klauer, K. C. (2012). Increased spatial salience in the social Simon task: a response-coding account of spatial compatibility effects. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(5), 911-29.
- Eimer, M. (1995). Stimulus–response compatibility and automatic response activation: Evidence from psychophysiological studies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 21, 837-854.
- Ellis, R., & Tucker, M. (2000). Micro-affordance: The potentiation of components of action by seen objects. *British Journal of Psychology*, 9, 451-471.
- Ferraro, L., Iani, C., Mariani, M., Nicoletti, R., Gallese, V., & Rubichi, S. (2012). Look what I am doing: Does observational learning take place in evocative task-sharing situations? *PLoS ONE*, 7(8).
- Gallese, V. (2007). Embodied simulation: from mirror neuron systems to interpersonal relations. *Novartis Foundation Symposium*, 278, 3-12.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1987). *Cerebral Lateralization: biological mechanisms, associations and pathology*. MIT press: Cambridge, MA.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Goble, D. J., & Brown, S. H. (2008). The biological and behavioral basis of upper limb asymmetries in sensorimotor performance. *Neuroscience & Behavioural Reviews*, 32, 598-610.
- Goldstein, G., & Shelly, C. (1981). Does the right hemisphere age more rapidly than the left? *Journal of Clinical Neuropsychology*, 3, 65-78.
- Gonzalez, C. L. R., Whitwell, R. L., Morrissey, B., Ganel, T., Goodale, M. A. (2007). Left handedness does not extend to visually guided precision grasping. *Experimental Brain Research*, 182, 275-279.
- Halligan, P. W., Manning, L., & Marshall, J. C. (1991). Hemispheric activation vs spatio-motor cueing in visual neglect: a case study. *Neuropsychologia*, 29, 165-176.
- Halligan, P. W., & Marshall, J. C. (1989a). Line bisection in visuo-spatial neglect: Disproof of a conjecture. *Cortex*, 25, 517-521.

- Halligan, P. W., & Marshall, J. C. (1989b). Is neglect (only) lateral? A quadrant analysis of line cancellation. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11, 793-798.
- Harvey, M., Milner, A. D., & Roberts, R. C. (1995). Differential effects of line length on bisection judgements in hemispatial neglect. *Cortex*, 31, 711-722.
- Hasbroucq, T., Possamaï, C. -A., Bonnet, M., & Vidal, F. (1999). Effect of the irrelevant location of the response signal on choice reaction time: An electromyographic study in humans. *Psychophysiology*, 36, 522-526.
- Heilman, K. M., & Valenstein, E. (1972). Frontal lobe in neglect man. *Neurology*, 22, 660-664.
- Heilman, K. M., Bowers, D., & Watson, R. T. (1984). Pseudoneglect in a patient with partial callosal disconnection. *Brain*, 107, 519-532.
- Hughes, C. M. L., Reißig, P., & Seegelke, C. (2011). Motor planning and execution in left- and right-handed individuals during a bimanual grasping and placing task. *Acta Psychologica*, 138, 111-118.
- Iani, C., Milanese, N., & Rubichi, S. (2014). The influence of prior practice and handedness on the orthogonal Simon effect. *Frontiers In Psychology*, 5(39), 1-7.
- Janyan, A., & Slavcheva, G. V. (2012). When left feels right: asymmetry in the affordance effect. *Cognitive Processing*, 13(1), 199-202.
- Jewell, G., & McCourt, M. E. (2000). Pseudoneglect: A review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. *Neuropsychologia*, 38, 93-110.
- Kilshaw, D., & Annett, M. (1983). Right and left skill I: effects of age, sex, and hand preference, showing superior skill in left handers. *British Journal of Psychology*, 74, 253-268.
- Klein Entink, R. H., Fox, J. -P., & van der Linden, W. J. (2009). A multivariate multilevel approach to the modeling of accuracy and speed of test takers. *Psychometrika*, 74, 21-48.
- Koch, C., & Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: Towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4, 219-227.
- Kornblum, S. (1994). The way irrelevant dimensions are processed depends on what they overlap with: The case of Stroop- and Simon-like stimuli. *Psychological Research*, 56, 130-135.

- Linkenauger, S. A., Witt, J. K., Stefanucci, J. K., Bakdash, J. Z., & Proffitt, D. R. (2009). The effects of handedness and reachability on perceived distance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(6), 1649-1660.
- Lu, C. H., & Proctor, R. W. (1995). The influence of irrelevant location information on performance: A review of the Simon and spatial Stroop effects. *in Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 174-207.
- Lugli, L., Iani, C., Nicoletti, R., & Rubichi, S. (2013). Emergence of the go/no-go Simon effect by means of practice and mixing paradigms. *Acta Psychologica*, 144, 19-24.
- Luh, K. E. (1995). Line bisection and perceptual asymmetries in normal individuals: What you see is not what you get. *Neuropsychology*, 9, 435-448.
- McBride, J., Boy, F., Husain, M., & Sumner, P. (2012). Automatic motor activation in the executive control of action. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 82.
- McCourt, M. E., & Olafson, C. (1997). Cognitive and perceptual influences on visual line bisection: Psychometric and chronometric analyses of pseudoneglect. *Neuropsychologia*, 35, 369-380.
- McCourt, M. E., & Jewell, G. (1999). Visuospatial attention in line bisection: Stimulus modulation of pseudoneglect. *Neuropsychologia*, 37, 843-855.
- McCourt, M. E., & Garlinghouse, M. (2000). Stimulus modulation of pseudoneglect: Influence of line geometry. *Neuropsychologia*, 38, 520-524.
- McCourt, M. E., Garlinghouse, M., & Slater, J. (2000). Centripetal versus centrifugal bias in visual line bisection: Focusing attention on two hypotheses. *Frontiers in Bioscience (Special Issue): Selective Attention Mechanisms in the Primate*, 5, 58-71.
- McCourt, M. E., Freeman, P., Tahmahkera-Stevens, C., & Chaussee, M. (2001). The influence of unimanual response on pseudoneglect magnitude. *Brain and Cognition*, 45(1), 52-56.
- McCourt, M. E., Garlinghouse, M., & Butler, J. (2001). The influence of viewing eye on pseudoneglect magnitude. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7(3), 391-395.

- Mesulam, M. M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 10(4), 309-325.
- Mesulam, M. M. (1999). Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 354(1387), 1325-1346.
- Mesulam, M. M. (2002). The human frontal lobes: Transcending the default mode through contingent encoding. In Donald T. Stuss & Robert T. Knight (eds.), *Principles of Frontal Lobe Function*, (pp 8-30). Oxford University Press.
- Meudell, P. R., & Greenhalgh, M. (1987). Age related differences in left and right hand skill and in visuospatial performance: their possible relationships to the hypothesis that the right hemisphere ages more rapidly than the left. *Cortex*, 23, 431-445.
- Milanese, N., Iani, C., & Rubichi, S. (2010). Shared learning shapes human performance: Transfer effects in task sharing. *Cognition*, 116(1), 15-22.
- Milanese, N., Iani, C., Sebanz, N., & Rubichi, S. (2011). Contextual determinants of the social-transfer-of-learning effect. *Experimental Brain Research*, 211(3-4), 415-422.
- Mussi, D. R., Marino, B. F., & Riggio, L. (2015). The Influence of Social and Nonsocial Variables on the Simon Effect. *Journal of Experimental Psychology*, 62(4), 215-231.
- Nicoletti, R., & Umiltà, C. (1989). Splitting visual space with attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 164-169.
- Nicoletti, R., & Umiltà, C. (1994). Attention shifts produce spatial stimulus codes. *Psychological Research*, 56, 144-150.
- Nishimura, A., & Yokosawa, K.(2006). Orthogonal stimulus–response compatibility effects emerge even when the stimulus position is task-irrelevant. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 1021-1032.
- Notebaert, W., Soetens, E., & Melis, A. (2001). Sequential analysis of a Simon task-evidence for an attention-shift account. *Psychological Research*, 65(3), 170-184.

- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Pappas, Z. (2014). Dissociating Simon and affordance compatibility effects: Silhouettes and photographs. *Cognition*, 133, 716-728.
- Pellicano, A., Iani, C., Borghi, A. M., Rubichi, S., & Nicoletti, R. (2010). Simon-like and functional affordance effects with tools: The effects of object perceptual discrimination and object action state. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(11), 2190-2201.
- Peters, M. (1995). Handedness and its relation to other indices of cerebral lateralization. In R. J. Davidson & K. Hugdahl (Eds.), *Brain asymmetry* (pp. 183-214). Cambridge, MA: MIT Press.
- Phillips, J. C., & Ward, R. (2002). S-R correspondence effects of irrelevant visual affordance: Time course and specificity of response activation. *Visual Cognition*, 9(4), 540-558.
- Proctor, R. W., Lien, M. C., & Thompson, L. (2017). Do silhouettes and photographs produce fundamentally different object-based correspondence effects? *Cognition*, 169, 91-101.
- Proctor, R. W., & Vu, K. -P. (2006). *Stimulus-Response Compatibility Principles: Data, Theory, and Application*. Boca Ratòn, FL: CRC Press.
- R Core Team (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. <https://www.R-project.org>.
- Rizzolatti, G., & Matelli, M. (2003). Two different streams form the dorsal visual system: anatomy and functions. *Experimental Brain Research*, 153, 146-157.
- Robinson, D. L., & Kertzman, C. (1990). Visuospatial attention: effects of age, gender, and spatial reference. *Neuropsychologia*, 28, 291-301.
- Rosselli, M., Rosselli, A., Vergara, I., & Ardila, A. (1985). Topography of the hemi-inattention syndrome. *International Journal of Neuroscience*, 27, 165-172.
- Rounis, E., Van Polanen, V., & Davare M. (2018). A direct effect of perception on action when grasping a cup. *Scientific Reports*, 8(1), 171.

- Rubichi, S., Iani, C., Nicoletti, R., & Umiltà, C. (1997). The Simon effect occurs relative to the direction of an attention shift. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 23, 1353-1364.
- Rubichi, S., Nicoletti, R., Umiltà, C., & Zorzi, M. (2000). Response strategies and the Simon effect. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 63, 129-136.
- Rubichi, S., & Nicoletti, R. (2006). The Simon effect and handedness: evidence for a dominant-hand attentional bias in spatial coding. *Perception and Psychophysics*, 68, 1059-1069.
- Sakreida, K., Effnert, I., Thill, S., Menz, M. M., Jirak, D., Eickhoff, C. R., Ziemke, T., Eickhoff, S. B., Borghi, A. M., & Binkofski, F. (2016). Affordance processing in segregated parieto-frontal dorsal stream sub-pathways. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 69, 89-112.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime user's guide*. Psychology Software Tools, Pittsburgh.
- Sebanz, N., Knoblich, G., & Prinz, W. (2003). Representing others' actions: just like one's own? *Cognition*, 88(3), 11-21.
- Sebanz, N., Bekkering, H., & Knoblich, G. (2006). Joint action: bodies and minds moving together. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 70-76.
- Simon, J. R., & Rudell, A. P. (1967). Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, 51, 300-304.
- Simon, J. R. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 174-176.
- Simon, J. R., & Small, A. M. (1969). Processing auditory information: Interference from an irrelevant cue. *Journal of Applied Psychology*, 53, 433-435.
- Simon, J. R. (1990). The Effects of an Irrelevant Directional CUE on Human Information Processing. *Advances in Psychology*, 65, 31-86.
- Smith, S. (1914). Right and left handedness. *Psychological Bulletin*, 11, 400-402.
- Stevens, H. C., & Ducasse, C. J. (1912). The retina and right-handedness. *Psychological Review*, 19, 1-31.

- Stoffer, T. H. (1991). Attentional focussing and spatial stimulus–response compatibility. *Psychological Research*, 53, 127-135.
- Stoffer, T. H., & Umiltà, C. (1997). Spatial stimulus coding and the focus of attention in S–R compatibility and the Simon effect. *Theoretical issues in stimulus–response Compatibility*. (pp. 181-208). Amsterdam: North-Holland.
- Stürmer, B., Siggelkow, S., Dengler, R., & Leuthold, H. (2000). Response priming in the Simon paradigm: A transcranial magnetic stimulation study. *Experimental Brain Research*, 135, 353-359.
- Taylor, L. J., & Zwaan, R. A. (2010). Grasping spheres, not planets. *Cognition*, 115(1), 39-45.
- Thill, S., Caligiore, D., Borghi, A. M., Ziemke, T., & Baldassarre, G. (2013). Theories and computational models of affordance and mirror systems: an integrative review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(3), 491-521.
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 830-846.
- Tucker M., & Ellis R. (2001). The potentiation of grasp types during visual object categorization. *Visual Cognition*, 8, 769-800.
- Umiltà, C., & Nicoletti, R. (1992). An integrated model of the Simon effect. In *Analytic approaches to human cognition*. (pp. 331-350). Amsterdam: Elsevier.
- Umiltà, C., Rubichi, S., & Nicoletti, R. (1999). Facilitation and interference components in the Simon effect. *Archives Italiennes de Biologie*, 137, 139-149.
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In: Ingle, D.J., Goodale, M.A., Mansfield, R.J.W. (Eds.), *Analysis of Visual Behavior*. (pp. 549-586). MIT Press, Cambridge, MA.
- Valle-Inclán, F. (1996). The locus of interference in the Simon effect: An ERP study. *Biological Psychology*, 43, 147-162.

- Valle-Inclán, F., Hackley, S. A., & de Labra, C. (2002). Does stimulus-driven response activation underlie the Simon effect? *Attention and performance XIX: Common mechanisms in perception and action*. (pp. 474-493). Oxford: Oxford University Press.
- Van der Lubbe, R. H. J., & Woestenburg, J. C. (1999). The influence of peripheral precues on the tendency to react towards a lateral relevant stimulus with multiple-item arrays. *Biological Psychology*, 51(1), 1-21.
- Watson, R. T., Valenstein, E., & Heilman, K. M. (1981). Thalamic neglect. Possible role of the medial thalamus and nucleus reticularis in behavior. *Archives of Neurology*, 38, 501-506.
- Wolfe, J. M. (1998). Visual search. In H. Pashler (Ed.), *Attention*. (pp. 13-73). Hove, UK: Psychology Press.

RINGRAZIAMENTI

Giunti alla fine di un percorso è doveroso riconoscere che ogni successo comporta tanto impegno. L'esperienza universitaria è ormai (e finalmente) terminata ma lascia dentro di me tanti ricordi e la consapevolezza di essere cresciuta molto. Se oggi, nonostante tutto, sono felice ripensando alla strada che ho compiuto, è in gran parte merito delle persone che hanno *camminato* con me.

Per questo motivo voglio ringraziare i compagni di corso a ingegneria, con i quali mi sono molto divertita durante la mia prima esperienza universitaria, tanto da aver trovato dei veri amici; le compagne del percorso triennale, alle quali auguro tanta fortuna per la loro carriera; le amiche del percorso magistrale: Francesca, Valeria, Angela e Giulia. Con voi ho vissuto davvero tante “gioie e dolori” (molti dolori), mi avete supportata in tanti momenti e vi ringrazio molto. Spero davvero che la nostra amicizia continui a “rimbalzare” per l'Italia, da nord a sud, tra selfie e audio, tra scambi culturali e affetto sincero, per moltissimo tempo.

Certamente anche le persone che non hanno condiviso con me i momenti universitari ma che sono state sempre presenti nella quotidianità, hanno avuto una grande importanza. Voglio ringraziare la mia famiglia, in particolare i miei genitori, che hanno sempre saputo che ce l'avrei fatta anche quando non ci credevo nemmeno io.

Le amiche di sempre Valeria, Mariachiara, Elisa e Valeria sulle quali posso sempre contare. Davide, il mio compagno di vita, per il quale non troverò mai le parole di ringraziamento adatte.

Infine un ringraziamento doveroso ma sincero è per la professoressa Riggio e dott. Garofalo. Oltre che avermi aiutata in tutte le fasi, dalla realizzazione dell'esperimento sino alla stesura della tesi, hanno messo a disposizione tanto del loro tempo e delle loro competenze affinché io imparassi davvero molto.