

**DOTTORATO DI RICERCA IN PSICOLOGIA COGNITIVA,
PSICOFISIOLOGIA E PERSONALITÀ
XXIII CICLO**



**ORIENTAMENTO NELLO SPAZIO TRIDIMENSIONALE:
ASPETTI PERCETTIVI E ATTENZIONALI**

Dottoranda
Mariapaola Barbato

Tutor
Prof.ssa Maria Casagrande

Co-Tutor
Prof. Vilfredo De Pascalis

Con la collaborazione del Prof. Simon Collinson, National University of Singapore

A Irene

Indice

| | |
|---|----|
| Ringraziamenti..... | 7 |
| Premessa..... | 9 |
| PARTE I..... | 11 |
| Capitolo 1. La percezione tridimensionale dello spazio | 13 |
| 1.1 Cenni storici | 14 |
| 1.2 La disparità binoculare: caratteristiche | 14 |
| 1.3 Correlati neuroanatomici | 16 |
| 1.4 L'oroptero | 18 |
| 1.5 Tecniche di simulazione della percezione stereoscopica..... | 19 |
| Capitolo 2. Aspetti neuropsicologici della percezione 3D..... | 23 |
| 2.1 Principali modelli teorici sulla suddivisione dello spazio 3D..... | 24 |
| 2.2 Il modello di Previc | 25 |
| 2.3 Deficit di percezione 3D..... | 31 |
| Capitolo 3. Alterata percezione di profondità in presenza di tratti di personalità schizotipica..... | 35 |
| 3.1 Metodo..... | 37 |
| 3.2 Questionari e Test..... | 38 |
| 3.3 Analisi dei dati | 43 |
| 3.4 Risultati..... | 43 |
| PARTE II..... | 49 |
| Capitolo 4. L'attenzione..... | 51 |
| 4.1 I sistemi attenzionali..... | 51 |
| 4.2 L'attenzione selettiva..... | 52 |
| 4.3 L'attenzione spaziale..... | 53 |
| 4.4 L'approccio object-based vs space-based..... | 54 |
| 4.5 L'inibizione di ritorno..... | 55 |
| Capitolo 5 L'orientamento dell'attenzione nello spazio 3D..... | 61 |
| 5.1 Visual search e spazio 3D..... | 62 |
| 5.2 L'orientamento attenzionale durante la guida..... | 64 |
| 5.3 Orientamento attenzionale endogeno sul piano sagittale..... | 66 |
| 5.4 Realtà Virtuale e attenzione spaziale in profondità..... | 68 |
| 5.5 Selezione attenzionale <i>object-based</i> e <i>space-based</i> nello spazio tridimensionale..... | 68 |
| 5.6 L'inibizione di ritorno nello spazio 3D | 70 |
| 5.7 Conclusioni | 74 |
| Capitolo 6. Effetti di Inibizione di Ritorno in compiti di discriminazione | 77 |
| 6.1 Esperimento 1: Discriminazione di forma..... | 78 |
| 6.2 Esperimento 2: Discriminazione di posizione (Localizzazione)..... | 82 |
| 6.3 Discussione generale | 87 |
| Capitolo 7. Effetti di IOR nello spazio 3D con un paradigma di veglia protratta | 91 |
| 7.1 Metodo..... | 93 |

| | |
|--|-----|
| 7.2 Risultati | 95 |
| 7.3 Discussione | 99 |
| Capitolo 8. Compatibilità spaziale ed Effetto Simon..... | 101 |
| 8.1 Effetto Simon per stimoli visivi | 102 |
| 8.2 Modelli teorici | 103 |
| 8.3 Effetti sequenziali e influenza della pratica..... | 107 |
| 8.4 L'influenza degli effettori della risposta..... | 108 |
| 8.5 Effetti delle dimensioni orizzontali e verticali | 108 |
| Capitolo 9. Effetto Simon nello spazio tridimensionale | 111 |
| 9.1 Metodo | 112 |
| 9.2 Analisi dei dati | 114 |
| 9.3 Risultati..... | 114 |
| 9.4 Discussione | 120 |
| Conclusioni..... | 123 |
| Riferimenti..... | 125 |

Ringraziamenti

Numerose persone hanno contribuito alla stesura di questo lavoro. Vorrei essere certa di ringraziarle tutte, e spero che non me ne voglia nessuno se, mio malgrado, sarà dimenticato.

Per prima cosa vorrei ringraziare il mio supervisore, la Professoressa Maria Casagrande, per il suo supporto costante durante questo percorso, per i suoi insegnamenti, la sua professionalità e il suo affetto. Degli interminabili pomeriggi trascorsi davanti a cumuli di dati, analisi e bozze di articoli, nonché delle lunghe discussioni serali in macchina, sulla strada verso casa dopo una giornata di lavoro, conserverò sempre gelosamente il ricordo.

Ringrazio anche il Professor De Pascalis per aver co-supervisionato questo lavoro.

Desidero ringraziare il Professor Simon Collinson per avermi accolto nel suo gruppo di ricerca alla National University of Singapore (NUS), per aver messo a mia completa disposizione uno dei suoi laboratori per la raccolta dati, e naturalmente per il suo contributo nella conduzione delle ricerche. Per le ricerche condotte a Singapore desidero, inoltre, ringraziare Kaur Susheel, per il suo aiuto fondamentale nella fase di reclutamento dei partecipanti, il Professor George Bishop, capo del dipartimento, per avermi approvato il mio soggiorno come *visiting PhD student*, e il personale tecnico e amministrativo del Department of Psychology (NUS), in modo particolare Norlela Bte Idris, Irene Ho, Paul Leong e la dottoressa Amutha Meyyappan per la collaborazione.

Per le ricerche condotte presso il Dipartimento di Psicologia della Sapienza ringrazio sentitamente tutto lo staff del laboratorio di Psicofisiologia e Neuropsicologia Sperimentale, per il supporto nella raccolta dati relativa agli studi di IOR con paradigma di veglia protratta ed Effetto Simon, e in particolare: Diana Martella, Andrea Marotta, Mara Sebastiani, Lisa Maccari e Paolo Rosamilia.

Per gli utili suggerimenti riguardo agli studi sugli effetti di IOR nello spazio 3D con compiti di discriminazione e localizzazione vorrei ringraziare il Prof Michael Dodd (Department of Psychology, University of Nebraska, Lincoln) e il Prof Jan Theeuwes (Department of Cognitive Psychology, Vrije Universiteit, Amsterdam).

Ringrazio gli enti che hanno contribuito al finanziamento delle ricerche: i Fondi PRIN 2008, per le ricerche condotte in Italia, e il Consultancy Levy Found (Department of Psychology, NUS), per le ricerche condotte a Singapore.

Inutile dire che non sarebbe stato possibile realizzare questo lavoro senza la fondamentale collaborazione di tutti gli studenti che hanno pazientemente partecipato agli esperimenti. A loro va un ringraziamento particolare.

Infine, non posso non ringraziare la mia famiglia:

A mio marito Federico, per la sua dolcezza e il suo supporto morale, intellettuale e tecnico

Alla mia meravigliosa bimba, per tutte le volte che mi avrebbe voluta “più presente”, e per tutte le volte che giocando con il mio computer ha distrutto ore di lavoro

Ai miei genitori, che da sempre credono in me

Ai miei nonni, che non ci sono più, ma che porto sempre nel mio cuore

A tutti voi, grazie.

Premessa

Da sempre la capacità di orientarsi nello spazio e di rispondere a stimoli esterni è stata fondamentale per l'uomo.

Per questo motivo i sistemi sensoriali, e primo fra tutti il sistema visivo, hanno sviluppato meccanismi altamente complessi, atti all'integrazione d'informazioni provenienti da molteplici fonti. La percezione della tridimensionalità dello spazio è il risultato di uno di questi meccanismi. Essa si realizza grazie alla formazione di una rappresentazione spaziale all'interno della quale a ciascun elemento della scena visiva viene data una precisa collocazione in base alla sua distanza dall'osservatore e dagli altri elementi presenti nella scena.

Quasi trent'anni di ricerca ci hanno portato a concludere che i meccanismi della visione che avvengono a livello cerebrale non sono completamente dipendenti dalla natura dei recettori retinici. Infatti, nonostante l'immagine che viene impressa sulla retina di ciascun occhio sia bidimensionale, attraverso una rielaborazione di tale informazione, e l'integrazione di tutti gli indizi di profondità, il nostro cervello è in grado di ricostruire una rappresentazione dello spazio abbastanza fedele alla realtà. Se così non fosse, meccanismi adattivi fondamentali come l'attenzione non potrebbero consentire un efficace orientamento nella realtà circostante.

Lo scopo iniziale di questo lavoro era studiare le caratteristiche dell'orientamento dell'attenzione spaziale in profondità, cioè lungo l'asse z. Tuttavia, realizzare al computer scene tridimensionali per simulare la percezione di profondità ci ha posto di fronte numerosi problemi, di natura metodologica e tecnica, che ci hanno costretti a una riflessione approfondita su come il sistema visivo realizzi la percezione tridimensionale. Al termine di un percorso lungo e affascinante, abbiamo deciso di far diventare lo studio della percezione 3D parte integrante di questo lavoro, portando avanti parallelamente due linee di ricerca (perceptiva e attenzionale), solo indirettamente collegate. La prima parte di questo lavoro è stata quindi dedicata agli aspetti percettivi della visione tridimensionale, riportando le principali tecniche di simulazione utilizzate e gli aspetti neuroanatomici e neuropsicologici, con particolare riferimento ad alcune categorie di pazienti che riportano l'esperienza di un "mondo piatto", o che sono meno sensibili alle informazioni visive di profondità. Questa prima parte si conclude con uno studio volto a valutare la percezione tridimensionale in soggetti con tratti di personalità schizotipica.

Nella seconda parte di questo lavoro sono state utilizzate tecniche di simulazione della visione 3D per analizzare i meccanismi che consentono all'attenzione di spostarsi in profondità. Dopo una rassegna sugli studi che hanno valutato l'attenzione spaziale utilizzando display tridimensionali, abbiamo considerato nello specifico due effetti noti in letteratura: l'inibizione di ritorno e l'effetto Simon. Nonostante negli ultimi decenni una gran mole di studi abbia considerato questi effetti, è importante notare come sia stato fatto un utilizzo quasi esclusivo di display bidimensionali, dando per scontato che i meccanismi che entrano in gioco nella realtà, quando le risorse attenzionali vengono distribuite nello spazio, siano gli stessi.

Sebbene scegliere di utilizzare una rappresentazione schematica della realtà rappresenti certamente un vantaggio da un punto di vista metodologico, non si può escludere il rischio che tale scelta risulti

in una eccessiva semplificazione. In effetti, la complessità dell'ambiente in cui, di fatto, dobbiamo orientarci, garantendo prontezza nel rispondere a stimoli provenienti da varie direzioni e distanze, potrebbe non essere efficacemente rappresentata dalle tecniche normalmente in uso. Pertanto, abbiamo scelto di valutare, utilizzando scene tridimensionali, due noti effetti per i quali la posizione spaziale dello stimolo ha un ruolo determinante. L'effetto di Inibizione di Ritorno perché, essendo un meccanismo volto a ottimizzare l'impiego delle risorse attenzionali nello spazio, potrebbe risentire fortemente dell'utilizzo di scene bidimensionali piuttosto che tridimensionali. L'Effetto Simon perché, essendo determinato dalla corrispondenza fra posizione dello stimolo e dell'effettore per rispondere, dovrebbe essere influenzato anche dalla collocazione di stimolo ed effettore nello spazio vicino piuttosto che in quello lontano.

Infine, si parlerà brevemente dell'utilità dello studio della stereopsi nella ricerca applicata, e dell'importanza dell'uso di un setting ecologico nella ricerca di base.

PARTE I
Aspetti Percettivi

Capitolo 1. La percezione tridimensionale dello spazio

Se prestiamo attenzione allo spazio intorno a noi, è facile notare l'incredibile complessità della scena visiva che ci appare: il modo in cui la luce colpisce gli oggetti, le ombre presenti sulla loro superficie e quelle che essi proiettano, il senso di prospettiva, la presenza di infiniti livelli di profondità frapposti fra noi e l'orizzonte. Tutto questo ci permette di percepire il volume degli oggetti e la posizione di ciascun elemento rispetto a noi e rispetto agli altri elementi. A rendere tale processo ancor più affascinante è il fatto che le immagini catturate dai nostri occhi vengono impresse su di una superficie bidimensionale, la retina, come fossero fotografie, ed è poi il cervello a elaborare tutte le informazioni fornitegli dagli organi di senso fino a ottenere una percezione tridimensionale. Si tratta di informazioni di doppia natura, monoculare o binoculare a seconda che dipendano da uno o entrambi gli occhi, che vengono definite "indizi di profondità".

Fatta eccezione per la messa a fuoco, gli indizi di profondità monoculari sono per lo più pittorici: l'occlusione, l'altezza sul piano dell'orizzonte, il chiaroscuro, la prospettiva lineare, la prospettiva aerea, la grandezza relativa degli oggetti, il gradiente di tessitura, il parallasse di movimento. Nonostante la sensibilità a indizi pittorici sia stata osservata anche in neonati dai cinque ai sette mesi di età (p.e., Kavsek, Granrud e Yonas, 2009; Hemker e Kavsek, 2010), affinché si possa fare un uso efficace di questi indizi, la conoscenza degli oggetti presenti nella scena, derivata dall'esperienza, è fondamentale. Ad esempio, solo conoscendo la dimensione reale di un oggetto si può utilizzare il principio di costanza di grandezza, o grandezza relativa, per capire a che distanza l'oggetto stesso si trovi rispetto a noi (Madesani, 2003).

Gli indizi binoculari sono l'angolo di convergenza dei due occhi e soprattutto la disparità binoculare. Per disparità binoculare s'intende la differenza nell'immagine che vede ciascun occhio. Poiché i nostri occhi distano circa 6 cm l'uno dall'altro, le due immagini da essi catturate sono leggermente diverse, e questo genera disparità. Per capire di cosa stiamo parlando è sufficiente una piccola dimostrazione: se, con un braccio teso in avanti e il pugno chiuso, stendiamo verso l'alto il dito indice e proviamo a guardarlo soltanto con un occhio per volta, abbiamo l'impressione che esso cambi posizione, più spostato a sinistra oppure a destra. Tuttavia, quando utilizziamo entrambi gli occhi, non percepiamo alcuna disparità grazie a un meccanismo di fusione delle due immagini che opera a livello cerebrale e viene detto *stereopsi*. Il risultato percettivo è un'unica immagine priva di imperfezioni, proprio come se la si guardasse con un occhio solo.

Nonostante la disparità binoculare sia fondamentale per la percezione di profondità nello spazio immediatamente attorno a noi, per oggetti collocati oltre una certa distanza (20-30 metri) le due immagini retiniche sono quasi identiche. In questo caso, la percezione di profondità è ancora possibile grazie all'uso degli indizi monoculari (Madesani, 2003).

Benché una conoscenza, seppur superficiale, degli indizi di profondità monoculari, sia molto diffusa, disparità binoculare e stereopsi non sono concetti familiari nella vita quotidiana. Per questo motivo esse saranno argomento principale dei paragrafi successivi.

1.1 Cenni storici

Esistono prove molto antiche della consapevolezza della percezione di profondità attraverso gli indizi monoculari: sono state rinvenute, infatti, raffigurazioni egizie nelle quali era stata usata la sovrapposizione di oggetti, così come alcuni affreschi di Pompei mostrano una rudimentale prospettiva, fino ad arrivare a dipinti medievali e soprattutto rinascimentali, nei quali pressoché tutti gli indizi pittorici sono presenti (Howard e Rogers, 2002).

Per quanto riguarda, invece, la disparità binoculare, già Euclide nel 208 a.c. scriveva che i due occhi hanno differenti vedute di un oggetto 3D (Euclide, 300 a.c.). Tolomeo, nei Libri II e III di Ottica affrontava l'argomento, così come Alhazen nel suo Libro di Ottica, nell'XI secolo, e Leonardo Da Vinci nel suo Trattato della Pittura (Howard e Rogers, 2002) osservava come gli oggetti visti con entrambi gli occhi apparissero più rotondi che quando visti con un occhio solo.

L'utilizzo della disparità binoculare nelle arti grafiche risale invece all'avvento dello stereoscopio a specchi, opera di Sir Charles Wheatstone, nel 1832 (Howard e Rogers, 2002). Ecco un estratto del primo documento in cui lo stereoscopio viene descritto (Wheatstone 1838, Transaction Royal Society of London):

"[...] Allo stesso modo le più complesse figure solide di tre dimensioni possono essere accuratamente rappresentate nella mente, presentando proiezioni dei loro punti di vista alle due retine. Ma dovrei rinviare la descrizione di questi esperimenti più perfezionati a dopo aver descritto uno strumento che permetterà a chiunque di osservare i fenomeni in questione e con grande facilità e certezza. [...] Poiché farò riferimento a questo strumento molto di frequente, sarà meglio che assegnargli un nome specifico. Propongo quindi di chiamarlo Stereoscopio, per indicare la sua proprietà di rappresentare figure solide. "

Si trattava di un dispositivo ottico, simile a un binocolo. Due immagini quasi uguali –ovvero la rappresentazione di due punti di vista- erano poste a destra e a sinistra dell'osservatore, e questi poteva vederne le proiezioni, ottenute attraverso due specchi inclinati a 45°, e avere la sensazione di osservare un'unica scena tridimensionale.

Con l'invenzione della fotografia, pochi anni dopo, la stereoscopia ebbe ampia diffusione e divenne alla portata di tutti, fino a essere utilizzata persino nel cinema, negli ultimi decenni.

Furono invece Gerard Vieth e Peter Muller, nel 1840, a scoprire la prospettiva binoculare e l'oroptero, di cui si parlerà nel paragrafo 1.4.

1.2 La disparità binoculare: caratteristiche

La disparità binoculare è stata definita come la differenza fra l'immagine retinica dell'occhio destro e quella dell'occhio sinistro. È, però, importante precisare che essa può essere di due tipi: disparità assoluta e relativa.

Come mostra la figura 1, dati due punti, a diversa profondità rispetto al punto di fissazione, la *disparità assoluta* (DA) è una misura angolare della differenza nelle due posizioni retiniche della proiezione di ciascuno di loro (per questo motivo la DA viene anche chiamata *disparità retinica*). La *disparità relativa* (DR) fra i due punti è anch'essa una misura angolare, data dalla differenza tra le loro disparità assolute (Parker, 2007).

Spostando il punto di fissazione, cioè modificando l'angolo di vergenza degli occhi, la disparità assoluta di ciascun punto cambia, mentre la disparità relativa fra due punti rimane costante (Westheimer, 1979).

Per quanto riguarda il punto di fissazione, poiché quando fissiamo un oggetto nello spazio esso va a stimolare punti retinici corrispondenti nei due occhi, la disparità binoculare sarà una sottrazione fra angoli quasi uguali, e quindi sarà prossima allo zero. In questo caso si verificheranno tre fenomeni: sovrapposizione delle due immagini, fusione delle stesse e stereopsi (Worth, 1915).

E' stato osservato che la stereopsi dipende maggiormente dalla disparità relativa, piuttosto che da quella assoluta (Westheimer, 1979). Il "fatto geometrico" che la disparità relativa è indipendente dalla posizione degli occhi potrebbe spiegare perché essa viene utilizzata dal sistema visivo per supportare molti giudizi psicofisici. Ad esempio, Westheimer (1979) ha osservato che la stereoaucuità è approssimativamente cinque volte peggiore quando due singoli target vengono presentati in successione rispetto a quando sono presentati simultaneamente. La presentazione simultanea, infatti, consente l'uso dei segnali di disparità relativa, mentre quella sequenziale obbliga a fare ricorso alla disparità assoluta. Inoltre, Erkelens e Collewijn (1985) e Regan et al. (1986) hanno osservato che grandi cambiamenti nella disparità assoluta possono non produrre la sensazione di uno spostamento in profondità. Alcuni studi (Rogers & Graham, 1982; Brookes & Stevens, 1989; Howard & Rogers, 1995) hanno mostrato che la stereopsi nell'uomo dipende principalmente dalla disparità relativa. Allo stesso tempo, esiste un accordo generale sul fatto che neuroni selettivi per la disparità, almeno nella corteccia visiva primaria, sono selettivi per la disparità assoluta, non per quella relativa (Joshua & Bishop, 1970). La maggior parte dei dati fisiologici, infatti, può essere spiegata sulla base della disparità assoluta (Barlow et al., 1967; Nikara et al., 1968; Joshua & Bishop, 1970; Bishop & Henry, 1971; Poggio & Fisher, 1977; Poggio & Talbot, 1981; Ohzawa et al., 1990; Ohzawa, 1998).

Inoltre, va precisato che meccanismi differenti possono essere alla base della stereopsi. Julesz (1971) propone di distinguere fra stereopsi locale o fine, e stereopsi globale o grossolana. Il meccanismo di stereopsi locale consentirebbe un confronto punto per punto sulle immagini impresse sulle due retine. Quello di stereopsi globale analizzerebbe gruppi casuali di punti retinici corrispondenti accoppiando solo quelli che consentono la formazione di una figura 3D.

Per valutare la stereopsi locale vengono utilizzati test in cui si presentano immagini dai contorni ben delineati (come ad esempio nel Graded Circles Stereotest; Stereo Optical & Co.), mentre lo strumento ideale per valutare la stereopsi globale sono gli Stereogrammi per punti casuali (Julesz, 1971), di cui si parlerà nel paragrafo 1.5.3.

La suddivisione in stereopsi locale e globale è supportata da dati neuropsicologici: pazienti con lesioni cerebrali localizzate a livello occipitale mostrano difficoltà in compiti di stereopsi locale mentre pazienti con lesioni temporali hanno un deficit di stereopsi globale (Ptito e Zatorre, 1988; Rose e Price, 1995).

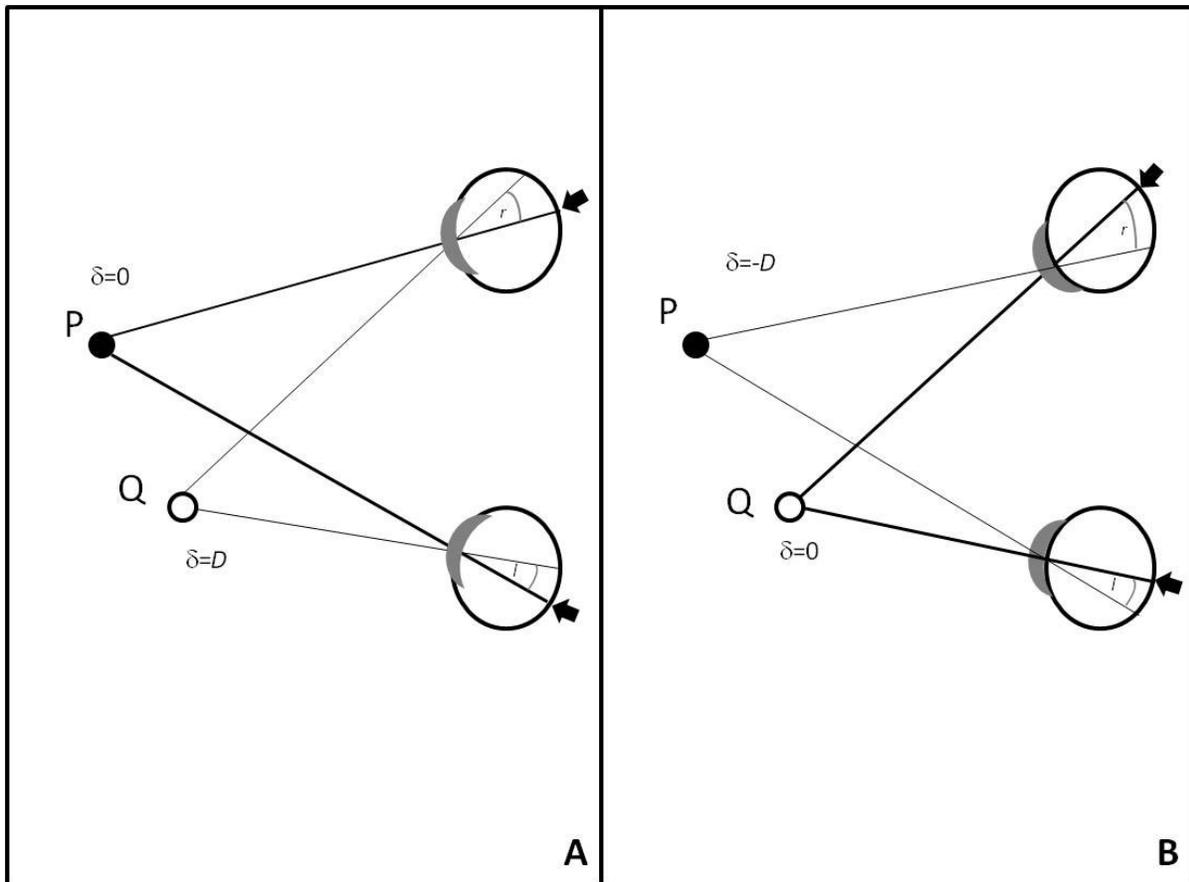


Figura 1. I 2 riquadri mostrano la stessa scena vista con 2 diverse posizioni degli occhi. La piccola freccia sulla retina indica la fovea. In A, gli occhi fissano l'oggetto nero (P), la cui disparità assoluta è quindi zero. L'oggetto bianco (Q) è più vicino all'osservatore e ha una disparità assoluta positiva, pari a D. In B gli occhi fissano l'oggetto bianco (Q). Ora quindi è questo ad avere zero disparità assoluta, mentre l'oggetto nero (P) ha una disparità relativa pari a $-D$. In ogni caso la disparità relativa tra l'oggetto bianco e quello nero, ovvero la differenza tra le loro disparità assolute, rimane sempre la stessa, $D=(r - l)$.

1.3 Correlati neuroanatomici

I primi studi utilizzavano la registrazione di singole unità di neuroni e, registrando l'attività corticale in presenza di stimoli stereoscopici, tentavano di localizzare aree cerebrali specifiche per la disparità binoculare. Alcuni avevano visto nell'area V1 una possibile candidata (Barlow et al. 1967; Pettigrew et al. 1968). Altri (Poggio e Fischer, 1977; Poggio et al., 1988; Poggio, 1995) hanno individuato in V1, V2, V3 e V3A, cinque classi di neuroni selettivi, in modo differente, per la disparità: spazio vicino, spazio lontano, zero disparità, neuroni eccitatori e inibitori. Inoltre, è stato proposto che neuroni selettivi per la disparità nelle aree visive extrastriate sarebbero organizzati in colonne separate per lo spazio vicino e lontano (V2, Hubel e Livingstone, 1987; Ts'o et al., 2001; V3, Hubel e Wiesel, 1970; Adams e Zeki, 2001; MT, DeAngelis e Newsome, 1999; V4, Watanabe et al., 2000). Ancora, neuroni sensibili alla disparità sono stati individuati in aree coinvolte nella codifica dei movimenti oculari, come l'area temporale superiore mediale (MST), l'area intraparietale laterale (LIP), e il campo oculare frontale (FEF) (Takemura et al., 2001; Gnadt e Mays, 1995; Ferraina et al., 2000).

Più recentemente, studi che utilizzavano tecniche di neuroimmagine (p.e., Tsao et al., 2003b), hanno evidenziato l'impossibilità di una precisa localizzazione di tali processi e, piuttosto, una loro organizzazione che coincide con la nota distinzione delle vie visive in *dorsale* (o *via del where*) e *ventrale* (o *via del what*). La via dorsale (V5, MT) elaborerebbe prevalentemente la disparità assoluta (Bradley et al., 1998; DeAngelis et al., 1998; Dodd et al., 2001), mentre la via ventrale (ITC, V4) quella relativa (Umeda et al., 2004). Inoltre, ITC riceve input dalla via dorsale (Baizer et al., 1991; Saleem et al., 2000) ed è la stazione terminale della via ventrale (Felleman e Van Essen, 1991). Questi studi hanno portato Neri e collaboratori (Neri, Bridge e Heeger, 2004) a concludere che la formazione della rappresentazione spaziale verrebbe prima elaborata a livello dorsale e sarebbe basata sulla disparità assoluta; verrebbe poi progressivamente trasformata, a livello ventrale, in una rappresentazione basata sulla disparità relativa, e quindi arricchita di dettagli. A questo livello di elaborazione essa diverrebbe più stabile perché più resistente a traslazioni dell'immagine retinica provocata da piccoli movimenti oculari.

La sensibilità per la disparità binoculare è stata osservata in molte aree, incluse V2, V3, V3A, VP, MT, MST e IT (Backus et al., 2001; Tsao et al., 2003b; si veda Gonzalez & Perez (1998) per una rassegna), nonostante sia stata recentemente esclusa la specializzazione di V3 e V3A, precedentemente proposta, per il processamento della profondità stereoscopica (Anzai, Chowdhury & De Angelis, 2011). Diversi studi hanno osservato come la disparità venga processata al di fuori di V1 (Gonzalez & Perez, 1998). Sembra che le aree extrastriate elaborino la codifica iniziale in modo da estrarre proprietà dello stimolo anche più complicate e percettivamente rilevanti. Ad esempio, mentre è noto che V1 codifica la disparità assoluta, ma non quella relativa (Cumming & Parker, 1999), a partire da V2 i neuroni cominciano a mostrare sensibilità per la disparità relativa (Thomas et al., 2002). È stato anche evidenziato che le aree extrastriate sono selettive per attributi più complessi della profondità, infatti, i neuroni di V2 sembrano rispondere ai bordi definiti dalla disparità (von der Heydt et al., 2000). Per questo V2 potrebbe essere un possibile substrato neurale per l'utilizzo di indizi stereoscopici nella segmentazione della scena (Julesz, 1971; Zhaoping, 2001).

I neuroni di V4 (Hinkle e Connor, 2002), della corteccia medio-temporale (MT) (Nguyenkim e DeAngelis, 2003) e del solco intraparietale caudale (Taira et al., 2000) sarebbero sensibili all'orientamento di piani definito dalla disparità, e i neuroni della corteccia inferotemporale (IT) sembrerebbero sensibili alla forma e alla curvatura di superfici definite dalla disparità (Janssen et al., 2001, 1999, 2000a,b; Tanaka et al., 2001). Tutti questi studi sembrano indicare che aree cerebrali di livello più alto estraggano caratteristiche più complesse dal pattern di disparità retiniche, integrando le informazioni stereoscopiche in diversi sistemi percettivi. Ad esempio, la selettività per la disparità nella corteccia associativa parietale può servirsi dell'uso della visione stereoscopica nel guidare i movimenti della mano (Sakata et al., 1997), mentre la stessa selettività in IT può essere importante per il riconoscimento di oggetti (Uka et al., 2000). Altri autori (DeAngelis et al., 1998) hanno indicato un legame tra la percezione di profondità e l'attività neuronale nella corteccia medio-temporale: una microstimolazione di MT con una debole corrente elettrica devia la profondità riportata verso la disparità preferita dal sito che è stato stimolato (DeAngelis et al., 1998). Inoltre, alcuni studi hanno usato come stimolo un cilindro ruotante (p. e., Parker & Krug, 2003), che ha dimostrato essere uno stimolo particolarmente efficace per i neuroni di MT. In assenza di disparità esso è un percolato bistabile come il cubo di Necker, e può essere percepito come

rotante in senso orario o antiorario. Mentre quando la figura è ambigua, i neuroni di MT rispondono secondo il senso di rotazione che percepiscono in quel momento (Bradley et al., 1998), aggiungendo la disparità appropriata, la rotazione non è più ambigua, e a quel punto la maggior parte dei neuroni di MT risponde meglio a un senso di rotazione che all'altro. Semplicemente registrando un singolo neurone in MT, è possibile predire con il 70% di accuratezza la direzione di rotazione percepita in quel momento dal primate (Dodd et al., 2001). Questi studi sembrano indicare un legame tra l'attività di MT e la percezione di profondità basata sulla disparità e sulla struttura e il movimento dell'oggetto.

E' stata anche osservata una diversa specializzazione dei due emisferi per la percezione stereoscopica (Grabowska, 1983). Utilizzando gli stereogrammi per punti casuali (Julesz, 1971), un quadrato veniva presentato più vicino o più lontano rispetto al piano di fissazione e l'effetto stereoscopico era presentato nell'emicampo visivo destro oppure sinistro per 30 secondi. I risultati hanno mostrato un aumento delle risposte corrette quando l'effetto stereoscopico era presentato nell'emicampo sinistro, indicando così una superiorità dell'emisfero destro nella percezione stereoscopica (Grabowska, 1983).

1.4 L'oroptero

Come è stato detto, la realtà viene vista attraverso due punti di vista che poi diventano uno solo grazie al meccanismo cerebrale noto come stereopsi. Essa si realizza attraverso due processi: la soppressione, cioè le parti dell'immagine che non interessano vengono soppresse; e la fusione, ovvero i due punti di vista vengono fusi per ottenerne uno. Ragionando in termini geometrici, possiamo dire che il punto di fissazione, insieme agli occhi, individua una circonferenza che passa per questi tre punti e che viene definita *oroptero* o cerchio di *Vieth-Muller* (figura 2).

Tutti i punti che si trovano su questa circonferenza hanno disparità pari a zero, poiché vanno a stimolare punti corrispondenti sulla retina.

Allo stesso tempo i punti che si trovano dentro e fuori dal cerchio determinano due immagini differenti sulle due retine (diplopia), che poi vengono fuse a livello cerebrale. Una semplice verifica empirica di tale fenomeno si può effettuare mettendo un dito più vicino e uno più lontano. Quando si guarda il dito vicino (disparità zero) l'immagine di quello lontano si sdoppia (disparità negativa/non crociata); quando invece si guarda il dito lontano (disparità zero) quello vicino si sdoppia (disparità positiva/crociata). Ciò significa che il cervello non si limita a sovrapporre le immagini dei due occhi: se la disparità è crociata viene vista una sola immagine, percepita come più vicina rispetto al punto di fissazione; se la disparità non è crociata viene percepita una sola immagine più lontana rispetto al punto di fissazione. Questo meccanismo viene chiamato fusione binoculare e rappresenta la capacità del cervello di costruire una mappa tridimensionale.

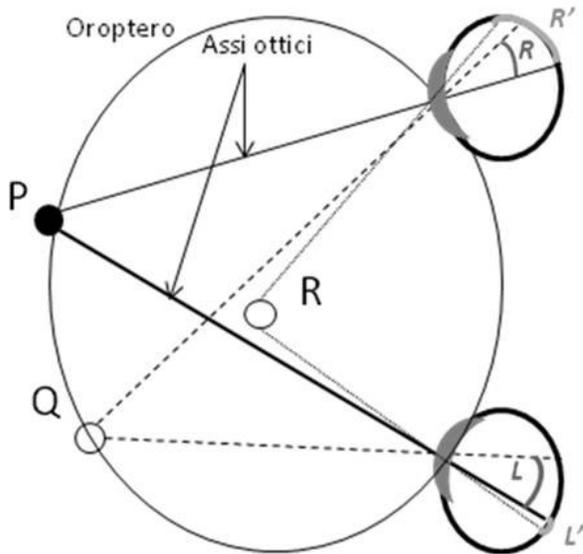


Figura 2. La figura rappresenta l'oroptero. Tutti i punti che giacciono sulla circonferenza hanno disparità pari a zero.

Mentre l'oroptero è una rappresentazione geometrica del funzionamento della disparità binoculare, la fisiologia ci dice che in realtà non si tratta di un cerchio, bensì di un'area, ristretta al centro e più larga in periferia, detta *Area di Panum* (Panum, 1858) posta dinnanzi e dietro la linea dell'oroptero, all'interno della quale la stimolazione di punti retinici diversi consente la visione di un unico punto di vista. La *stereopsi* si verifica solo all'interno dell'Area di Panum.

Fusione e stereopsi non sono sinonimi: la fusione è il risultato della stimolazione di punti retinici corrispondenti e può essere presente senza stereopsi, mentre la stereopsi richiede che la stimolazione di punti retinici corrispondenti avvenga all'interno dell'Area di Panum. Inoltre, mentre la fusione è presente a tutte le distanze di fissazione, la stereopsi si riduce all'aumentare della distanza.

Va precisato che una minima disparità di fissazione è sempre presente anche rispetto al punto di fissazione: può succedere che solo un occhio fissa l'oggetto mentre l'altro si dirige verso lo stesso punto ma non lo raggiunge perfettamente, oppure l'errore può riguardare entrambi gli occhi. Ciononostante, in condizioni di visione normale, una perfetta fusione delle due immagini, seguita dalla stereopsi è garantita. Per questo motivo, l'Area di Panum può essere considerata come una "zona di tolleranza" (Fogt e Jones, 1998). Quando, tuttavia, la disparità di fissazione eccede l'area di Panum, la percezione risultante determina la diplopia (visione doppia).

1.5 Tecniche di simulazione della percezione stereoscopica

A partire dal primo stereoscopio a specchi di Wheatstone (1932), sono state sviluppate diverse tecniche che sfruttano i principi della stereoscopia e, applicate in ambito di ricerca, permettono di simulare la reale percezione tridimensionale. Esse partono tutte dal principio che immagini differenti devono essere presentate singolarmente a ciascun occhio.

1.5.1 Gli Anaglifi

Un tipo di stereogrammi molto utilizzati sono gli anaglifi (Rollmann, 1853; Helmholtz, 1910; Julesz, 1971). Nella stereoscopia con anaglifi due immagini parallele vengono stampate con un filtraggio a colori complementari (per esempio, rosso e verde), e presentate ai due occhi mentre i soggetti indossano occhiali con filtri degli stessi due colori. Ciascun filtro permette all'occhio di vedere solamente l'immagine filtrata con il colore complementare (ad esempio il filtro rosso permette di vedere solo la parte verde della stereo-coppia) e questo permette di separare i due punti di vista e ottenere l'effetto stereoscopico (Diner e Fender, 1993).

Le due immagini vengono sovrapposte, non è quindi necessario divergere gli occhi o usare uno stereoscopio. Questo rende tale tecnica molto semplice ed economica da implementare, infatti il suo utilizzo è molto diffuso (Livingstone e Hubel, 1987).

1.5.2 Gli "Shutter glasses"

Con questo termine vengono indicati degli speciali occhiali a lenti oscurate. Sono fatti con lenti a cristalli liquidi (LCD), che si sincronizzano con un proiettore o con il monitor del computer per lavorare in sincronia: quando sullo schermo viene presentata l'immagine destinata all'occhio destro, la lente sinistra dell'occhiale si oscura, e viceversa per l'immagine dell'occhio sinistro. Tutto ciò avviene ad altissima velocità (100-120 Hz). Gli occhiali si sincronizzano al sistema di proiezione mediante un segnale infrarosso, generato da un *emitter* solitamente situato di fronte alla persona che indossa gli occhiali. Questo sistema è meno diffuso rispetto agli anaglifi poiché il prezzo dell'apparecchiatura necessaria è più elevato.

1.5.3 Gli "stereogrammi random-dot"

Gli stereogrammi per punti casuali (Random Dot Stereograms; RDS; Julesz, 1960) sono delle immagini costituite da un insieme di punti, apparentemente casuali, che nascondono all'interno una figura tridimensionale (Figura 3).

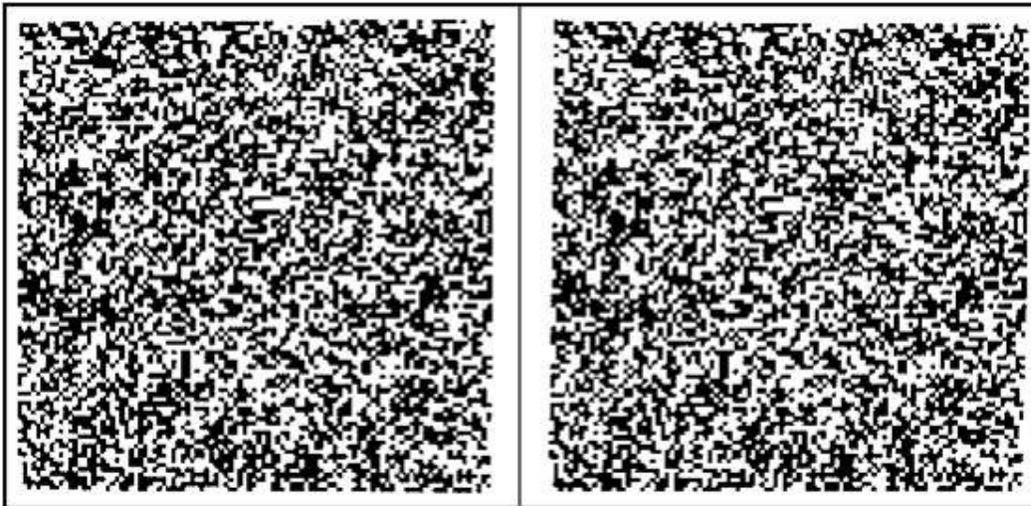


Figura 3. La figura rappresenta un esempio di RDS (*Random Dot Stereogram*). Tratto da *Foundation of Cyclopean Perception*, Julesz, 1971.

Sebbene se guardati monocolarmente essi sembrano degli insiemi di punti non strutturati, quando gli RDS sono guardati binocularmente alcune regioni del pattern di punti determinano una vivida impressione di profondità, poiché le due immagini vengono fuse a livello cerebrale da un meccanismo che Julesz chiama "occhio ciclopico". Fino a quarant'anni fa la stereopsi era considerata un processo di alto livello, necessariamente successivo ad altri processi come il riconoscimento dell'oggetto. Negli anni '60 del secolo scorso, gli studi di Julesz (1961) hanno smentito questa idea, mostrando che era possibile provocare la stereopsi attraverso gli RDS. La nostra abilità di percepire la profondità attraverso stimoli *ciclopici* suggerisce che la stereopsi si verifica a livelli precoci nel sistema visivo, prima del riconoscimento degli oggetti (Julesz, 1971; Poggio e Poggio, 1984). Questa tecnica è ampiamente diffusa in quanto gli stereogrammi possono essere facilmente generati al computer, permettendo di valutare la percezione stereoscopica a basso costo.

Capitolo 2. Aspetti neuropsicologici della percezione 3D

Gli aspetti neuropsicologici della percezione dello spazio 3D sono stati oggetto di speculazione scientifica sin dall'inizio del secolo scorso (p.e. Herring, 1908). Nel 1941, Brain ha descritto gli effetti differenziali delle lesioni della parte inferiore e posteriore del lobo parietale negli umani sulle operazioni percettivo-motorie che avvengono all'interno dello spazio in cui si afferrano gli oggetti e dello spazio di deambulazione, rispettivamente. Successivamente, sulla base di numerosi studi sul lobo parietale, Mountcastle (1976) ha proposto una importante distinzione fra spazio peripersonale ed extrapersonale, aggiungendo che esisterebbe nel lobo parietale, al più alto livello di organizzazione cerebrale, un meccanismo neurale che genera comandi per orientare l'attenzione selettiva verso gli eventi immediati che accadono intorno, per afferrare gli oggetti, e coordinare l'azione degli occhi e delle mani (Mountcastle, 1976).

Rizzolatti e collaboratori (Rizzolatti, Matelli, & Pavesi, 1983; Rizzolatti, Gentilucci, & Matelli, 1985) hanno esteso il modello di Mountcastle e distinto fra spazio peripersonale (quello che per Mountcastle era lo spazio d'azione immediatamente attorno al corpo), e spazio lontano (la regione in cui avviene l'esplorazione oculomotoria; Rizzolatti et al., 1983).

Inoltre, studi sul sistema visivo del gatto (Pettigrew e Dreher, 1987), hanno mostrato che vie visive separate possono rispondere a diverse regioni dello spazio visivo 3D. In particolare, Pettigrew e Dreher hanno identificato tre sistemi: il sistema delle cellule Y, comparabile al sistema magnocellulare dei primati, che processa l'informazione transiente nello spazio vicino; il sistema delle cellule X, comparabile a quello parvocellulare dei primati, che processa l'informazione nel piano di fissazione; il sistema delle cellule W, per il quale non esiste un analogo nei primati, che processa lentamente l'informazione angolare presentata a disparità divergenti e a grosse distanze.

Negli anni '80, grazie a Ungerleider e Mishkin (1982) si cominciò a considerare il cervello come suddiviso in due sistemi principali, dorsale e ventrale. Secondo il loro modello, le vie visive posteriori sarebbero organizzate lungo le linee della visione spaziale (la via occipito-parietale dorsale) e verso la visione della forma (la via occipito-temporale ventrale). L'anno successivo Bear (1983) ha esteso la dicotomia dorsale-ventrale per includere le corteccie limbiche e frontali, sottolineando l'esistenza di un sistema temporo-frontale, i cui circuiti si dipartono dalle vie visive temporali, attraversano l'ippocampo e l'amigdala, per giungere alla corteccia orbito-frontale, e un sistema parieto-frontale i cui circuiti partono dal lobo parietale inferiore, attraversano il giro del cingolo e giungono alla corteccia frontale dorso-laterale.

In una sintesi successiva di questa teoria, Previc (1990a) ha tentato di introdurre i concetti di spazio peripersonale ed extrapersonale all'interno della dicotomia neuroanatomica dorsoventrale, sostenendo che il sistema visivo dorsale, insieme con alcuni elementi chiave del sistema magnocellulare che proiettano a esso, presenta una preferenza per la parte più bassa del campo visivo, mentre il sistema ventrale presenta una preferenza per la parte più alta del campo visivo e verso lo spazio extrapersonale (Previc, 1990a). Evidenze a favore dell'ipotesi di Previc sono state fornite dagli studi di Mennemeier, Wertman e Heilman (1992), e di Shelton, Bowers e Heilman (1990), che hanno dimostrato l'esistenza di un legame tra lesioni temporali inferiori e neglect per la

parte alta/lontana del campo visivo, e tra lesioni parietali inferiori e neglect della parte bassa/peripersonale dello spazio visivo.

Inoltre, è stato proposto che la specializzazione funzionale 3D esista anche nei maggiori sistemi neurochimici cerebrali, in particolare in quello noradrenergico e nel dopaminergico. Dopo gli studi pionieristici di Herrick (1908), Crow (1973) ha proposto un sistema prossimale noradrenergico di rinforzo (deputato ai comportamenti di consumo) e un sistema dopaminergico distale motivazionale/di incentivo che incrementa la spinta verso stimoli-ricompensa nell'ambiente esterno. Studi successivi hanno proposto simili implicazioni dei sistemi noradrenergico e dopaminergico: arousal versus attivazione (McGuinness & Pribram, 1980), comportamento ricettivo versus attivo (Tucker & Williamson, 1984), e arousal sensoriale versus psicomotorio (Panksepp, 1986; Robbins & Everitt, 1982). Successivamente, Previc (1993b) ha sostenuto che il sistema noradrenergico supporta principalmente le funzioni peripersonali, che riguardano un'ampia coordinazione sensorimotoria durante il comportamento consumatorio e altri comportamenti recettivi, mentre il sistema dopaminergico facilita principalmente comportamenti relativi allo spazio extrapersonale, verso cui sono diretti meccanismi di spinta attiva psicomotoria.

Ancora, la specializzazione di aree cerebrali per particolari parti del campo visivo sembra supportata dall'esistenza di deficit nella percezione tridimensionale che si possono osservare in alcune categorie di pazienti. Per esempio, Weckowicz, Sommer, e Hall (1958) hanno riportato che individui affetti da schizofrenia esperiscono un mondo piatto, deviato verso lo spazio extrapersonale; questo è in accordo con diversi altri risultati che indicano un'eccessiva focalizzazione verso lo spazio extrapersonale in questi pazienti (si veda Previc, 1993b). Sulla base di evidenze di squilibri verticali, distorsioni di grandezza, e neglect attenzionale in altre popolazioni cliniche, Previc (1996b) ha suggerito successivamente che i disturbi neuropsicologici 3D potrebbero rappresentare una caratteristica fondamentale di molti altri disturbi neuropsicologici.

2.1 Principali modelli teorici sulla suddivisione dello spazio 3D

Il modello neuropsicologico proposto da Previc (1990a) divide lo spazio 3D in due settori principali: *peripersonale* (immediatamente attorno alla persona, nell'arco di 1 metro) che è importante per afferrare e manipolare gli oggetti circostanti, e *focale extrapersonale* (generalmente collocato a una maggiore distanza dal corpo) che è importante per la ricerca visiva e il riconoscimento di oggetti che si trovano approssimativamente entro 2 metri. Tale modello implica inoltre l'esistenza di un'ulteriore regione extrapersonale, che è stata aggiunta solo in un lavoro successivo (Previc, 1993a) conosciuta come *ambiente extrapersonale*, che sarebbe importante per il mantenimento dell'orientamento spaziale e per il controllo posturale durante la locomozione. Secondo Previc, lo spazio peripersonale si estenderebbe lateralmente per 30° da ogni lato rispetto alla linea centrale del corpo e sarebbe deviato verso la parte più bassa del campo visivo, che rappresenta la regione del nostro spazio di *reaching*. Inoltre, le interazioni all'interno dello spazio peripersonale sarebbero mediate principalmente dalla via visiva dorsale (in cui predomina il sistema magnocellulare). In contrasto, lo spazio focale extrapersonale è stato descritto come una regione a forma di pallone da football che, a causa della limitata capacità della parte periferica della retina di processare dettagliatamente le figure, si restringe rapidamente sia in profondità che in eccentricità. Le sue interazioni sarebbero principalmente mediate dalle vie visive ventrali (con predominanza parvocellulare). Infine, la porzione di spazio denominata *ambiente extrapersonale* occuperebbe la

parte del campo visivo più eccentrica e distante, in linea con il ruolo critico del campo visivo periferico distante nel mantenere l'orientamento spaziale e il controllo della postura (Dichgans & Brandt, 1978; Previc & Neel, 1995).

Un altro modello di stampo neuropsicologico è quello di Rizzolatti e colleghi (Rizzolatti & Camarda, 1987; Rizzolatti et al., 1985). Sulla base di numerosi studi di lesioni su animali, Rizzolatti e coll. hanno proposto una suddivisione dello spazio 3D in 3 regioni principali: uno spazio personale in cui si verificano interazioni orali-tattili; uno spazio peripersonale (distanza di *reaching*); uno spazio lontano, oculomotorio.

Secondo questo modello, l'area parietale 7b e l'area 6 frontale del post-arcuato sarebbero coinvolte nelle interazioni che avvengono nello spazio personale, le aree parietali 7a e 7b e le aree frontali 6 e 8 (la regione dell'arcuato che contiene il campo frontale dell'occhio) agirebbero in sincrono per mediare le interazioni peripersonale distanti, mentre l'area frontale 8 e l'area parietale 7a (insieme al collicolo superiore) sarebbero dei centri chiave per l'esplorazione dello spazio lontano.

Un modello successivo, in cui l'aspetto comportamentale predomina su quello neuropsicologico, è quello di Cutting e Vishton (1995), che hanno proposto una suddivisione dello spazio in tre parti: lo spazio personale, che si estende fino a 2 metri dall'osservatore, lo spazio d'azione, che si estende con un raggio di 30 metri, e lo spazio di vista, la regione occupata dal restante spazio più distante.

2.2 Il modello di Previc

Unendo i modelli comportamentali e neuropsicologici proposti fino ad allora, Previc (1998) elabora un nuovo schema che contiene 4 principali zone di interazione (Figura 4): PrP (peripersonale); FcE (focale extrapersonale); AcE (azione extrapersonale); AmE (ambiente extrapersonale).

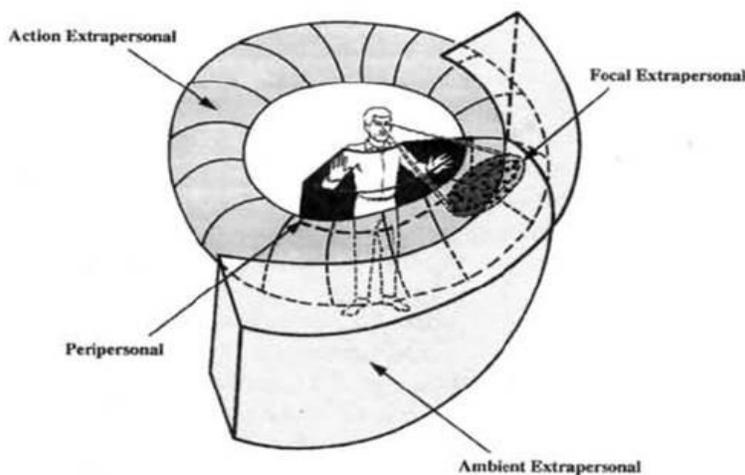


Figura 4. Tratto da Previc, *The Neuropsychology of 3-D Space* (1998). La figura mostra i quattro sistemi in cui è suddiviso lo spazio nel modello di Previc.

Caratteristiche di PrP

La funzione principale del sistema comportamentale PrP, proposta da Previc, consisterebbe nell'afferrare, stringere, manipolare gli oggetti e, nel caso di oggetti commestibili, consumarli (Previc, 1990a). Per le operazioni di PrP non sarebbero importanti il riconoscimento di oggetti e i sistemi di memoria perché generalmente gli oggetti vengono portati all'interno del nostro spazio peripersonale soltanto in seguito alla loro identificazione. Le operazioni che avverrebbero in questo sistema inoltre non dipenderebbero dalla nostra posizione topografica nell'ambiente visivo neanche durante la locomozione, nonostante le operazioni manuali debbano in qualche modo essere integrate con la postura del corpo (p.e., Savelsbergh & van der Kamp, 1994). Le operazioni di PrP avverrebbero generalmente a 1 metro dal corpo. L'estensione laterale dello spazio di *reaching* sarebbe circa 30° da ciascun lato del target; questo corrisponderebbe alla massima estensione (60°) della visione stereoscopica, indispensabile per un'efficace coordinazione occhio-mano (Mountcastle, 1976; Servos, Goodale, & Jakobson, 1992). I movimenti di *reaching* tipicamente avverrebbero nel quadrante inferiore poiché nei primati gli arti superiori sono più bassi rispetto all'asse visivo, e questo spiegherebbe il bias del sistema attenzionale di PrP nella parte bassa del campo visivo, i conseguenti errori nel raggiungere target non più visibili (Berkinblit, Fookson, Smetanin, Adamovich, & Poizner, 1995), i TR più veloci nel campo visivo basso (Previc, 1990a; Sheliga et al., 1997), e l'abilità superiore di adattare la forma della mano a quella del target nel campo visivo basso (Murphy & Goodale, 1997).

Il sistema di coordinate più probabilmente utilizzato da questo sistema sarebbe quello egocentrico (Gaffron, 1958; Marteniuk, 1978; Previc, 1990a), maggiormente legato alla posizione del tronco e delle spalle nello spazio (Soechting, Tillery, & Flanders, 1990; Vanden Abeele, Crommelinck, & Roucoux, 1993). I principali sistemi sensoriali legati alle attività in PrP sarebbero i sistemi visivo, somatosensoriale-proprioceettivo, vestibolare e gustativo. Le operazioni visive di PrP sarebbero legate agli indizi di profondità e di movimento, che sono importanti per manipolare oggetti e nel segnalare che è avvenuto un movimento della testa. Gli input visivi di PrP sono tipicamente degradati poiché l'immagine della mano che è usata per raggiungere e afferrare un oggetto è altamente diplopica e offuscata dai rapidi movimenti (Previc, 1990a). Dunque, i meccanismi percettivi di PrP sarebbero specializzati per la globalità delle forme, la profondità e il processamento del movimento, tutti aspetti che più probabilmente riguardano la via magnocellulare. Le regioni cerebrali che comprendono il sistema neurale PrP si troverebbero nella corteccia cerebrale dorsale o sarebbero connesse fortemente con essa. Queste regioni includerebbero il lobo parietale posteriore, soprattutto nella sua parte inferiore, la via visiva magnocellulare che proietta ad esso, la regione frontale dorsolaterale, in particolare l'Area 6, alcune porzioni della corteccia cingolata posteriore, il lobo flocculonodulare del cervelletto e, infine, putamen e globo pallido.

Caratteristiche di FcE

La sua funzione principale sarebbe cercare e riconoscere oggetti, volti, e altri target visivi rilevanti. Poiché il processamento di tali informazioni richiede un'alta acuità visiva, esso sarebbe legato alla foveazione, grazie alla quale la porzione della retina che ha la massima risoluzione (i.e., la fovea) viene indirizzata verso l'oggetto di interesse.

Tale sistema richiederebbe molte risorse attenzionali nonché l'accesso ai meccanismi di memoria visiva durante il processo di riconoscimento del target. Il processamento di FcE avverrebbe in una

piccola regione della visione centrale ancorata al piano di fissazione (Honda & Findlay, 1992; Previc, 1990a); esso non occuperebbe una posizione fissa in profondità.

La minima estensione radiale di questo sistema sarebbe teoricamente il limite dell'accomodazione (10-20 cm nella maggior parte degli umani), sebbene l'uomo raramente operi in una range così vicino a causa della grande quantità di aggiustamenti di vergenza richiesti durante lo scanning saccadico a questa distanza (Steinman et al., 1990).

In teoria la massima estensione radiale di FcE sarebbe tra i 2 metri (infinito ottico per i meccanismi oculari di accomodazione) e i 6 (il limite del sistema di vergenza); tuttavia, i meccanismi di FcE farebbero anche uso di efficaci spostamenti attenzionali in profondità (Gawryszewski, Riggio, Rizzolatti, & Umiltà, 1987), cosicché la massima estensione radiale di questo sistema possa essere fondamentalmente limitata solo dalla distanza (estremamente grande in alcuni casi) a cui un dato target non si può più mettere a fuoco.

Questo sistema sarebbe fortemente deviato verso la parte alta del campo visivo (Previc, 1996a; Previc & Blume, 1993), specialmente verso il quadrante in alto a destra nella maggior parte degli individui destrimani (Zelinsky, 1996). Questo bias sarebbe, secondo Previc (1990a), spiegato da due fattori: FcE opererebbe prevalentemente a una distanza radiale maggiore rispetto a quella di PrP e quindi dovrebbe conformarsi alla struttura ecologica dell'ambiente visivo 3D nel quale la maggior parte dello spazio distale si trova nella parte alta del campo visivo; in secondo luogo, esso dovrebbe controbilanciare la preferenza per la parte bassa del campo visivo del sistema *peripersonale* e quindi seri squilibri oculomotori e attenzionali. Nonostante la sua principale funzione di cercare e riconoscere gli oggetti, le sue coordinate spaziali sarebbero centrate sull'osservatore piuttosto che sull'oggetto, come indicato da studi con pazienti con neglect centrato sull'oggetto (Farah & Buxbaum, 1997).

Le strutture sottocorticali legate a questo sistema non sono state ben delineate, ma Previc ipotizza che fra queste vi siano il collicolo superiore, il nucleo caudato, e il nucleo del pulvinar laterale.

Caratteristiche di AcE

La principale funzione sarebbe di orientarsi e muoversi rispetto a oggetti e posizioni topograficamente definite nello spazio. AcE comprenderebbe un ampio spazio e per questo sarebbe difficile delinearlo. Esso non avrebbe limiti laterali, quindi consentirebbe l'orientamento all'interno di uno spazio circostante di 360°, permettendoci di rispondere ad allarmi uditivi che posso provenire anche da dietro la testa (Perrott, Cisneros, McKinley, & D'Angelo, 1995; Perrott, Saberi, Brown, & Strybel, 1990). Anche questo sistema presenterebbe una preferenza per la parte alta del campo visivo, come mostrato dal fatto che la memoria visiva 3D sembra essere migliore per la parte alta del campo visivo (Cherry & Parks, 1989; Previc & Intraub, 1997). Inoltre, alcuni studi hanno mostrato che il richiamo di materiale visuospatiale è associato con movimenti oculari verso l'alto (Kinsbourne, 1972; Previc & Murphy, 1997), e che quando si cerca di ricordare un target si fanno movimenti oculari verso l'alto (White et al., 1994).

L'angolo radiale di AcE si estenderebbe fra i 2 metri e i 30. All'interno di questo spazio predominerebbero le operazioni di PrP, mentre l'importanza delle strutture neurali di AcE (come l'ippocampo) diminuirebbe (Whishaw, 1993).

Tuttavia, va precisato che oltre i 30 metri importanti indizi di profondità come la stereopsi e la prospettiva di movimento falliscono, e la nostra abilità di ricordare la precisa collocazione spaziale degli oggetti nell'ambiente diminuisce (Grusser, 1983).

Il sistema di coordinate predominante sarebbe centrato sullo sguardo, quindi ancorato alla posizione della testa nello spazio.

Il sistema neurale di AcE sarebbe principalmente legato al lobo temporale mediale e ai suoi input visivi ventromediali dalle aree V3 e V4, alla gran parte del solco temporale superiore, alle cortecce ventromediali inferiori, e a un *network* sottocorticale limbico che lega funzionalmente l'ippocampo con strutture come il collicolo superiore, il talamo anteriore e la corteccia cingolata. Il sistema neurale AcE è stato descritto come una stazione di passaggio di molti *input* sensoriali (visivi, uditivi, olfattivi) e di *output* motori (per esempio, movimenti della testa, degli occhi, e anche dell'intero corpo).

Caratteristiche di AmE

La sua principale funzione sarebbe quella di assicurare il corretto orientamento del corpo nello spazio gravitazionale per ottenere un controllo posturale efficace durante la locomozione e rendere stabile la percezione del mondo intorno a noi mentre ci muoviamo. I meccanismi di AmE costruirebbero una rappresentazione stabile dello spazio 3D a partire dal movimento dinamico, permettendoci di orientarci senza la necessità di fare attenzione consapevolmente alla posizione e al movimento del nostro corpo nello spazio (Leibowitz & Post, 1982). Il suo raggio si estenderebbe dalla fine dello spazio PrP alla parte più distante dello spazio visivo.

Le capacità di processamento preconscious del movimento, da parte del sistema AmE, possono essere dirette anche verso oggetti vicini, posti sul suolo, per evitare di urtarli, e sarebbe l'unico sistema che assolva tale funzione.

Il suo sistema di coordinate sarebbe principalmente gravitazionale.

Previc propone di considerare il sistema AmE come un'estensione dei cinque sensi perché si occupa dell'informazione proveniente dalla parte dello spazio più distante da noi, là dove i sensi non arrivano. I principali indizi visivi utilizzati da questo sistema sarebbero quelli che consentono di mantenere l'orientamento nello spazio e il controllo posturale: indizi di orizzontalità, prospettiva lineare, flusso di movimento.

Il sistema motorio che predomina in AmE sarebbe quello che controlla i movimenti degli arti inferiori.

Le aree cerebrali coinvolte nelle funzioni di AmE non sarebbero ancora state bene identificate; fra esse vi sarebbero la porzione dorsomediale del lobo parietale posteriore, e la corteccia retroinsulare vicina alla giunzione temporo-parietale. A livello sottocorticale è stato anche ipotizzato un coinvolgimento del talamo ventroposteriore, del cervelletto vestibolare, dei nuclei vestibolari, e del putamen (Previc, 1998).

Aspetti neurochimici della percezione 3D

Nel suo modello sulla suddivisione dello spazio, Previc (1998) attribuisce ai maggiori sistemi neurotrasmettitoriali una specializzazione per diversi aspetti del comportamento. In particolare, molti studi si sono focalizzati su quattro sistemi di neurotrasmissione: dopaminergico,

noradrenergico, serotoninergico e colinergico (per esempio, McGuinness & Pribram, 1980; Tucker & Williamson, 1984).

E' stato proposto che un ruolo chiave nelle operazioni che avvengono nello spazio 3D sia svolto dalla dopamina e dalla noradrenalina (Previc, 1998).

Il sistema dopaminergico è uno dei più circoscritti nel cervello, con due vie principali, la nigrostriatale e la mesolimbica, entrambe connesse a un network corticale dominato dalla corteccia frontale (Previc, 1998). La trasmissione dopaminergica ha un noto coinvolgimento nella locomozione, nel comportamento esplorativo e nella motivazione (in particolare, nella ricompensa); la maggior parte delle spiegazioni proposte circa il ruolo della dopamina nel SNC fa riferimento al suo ruolo motorio e motivazionale. Ad esempio, McGuinness e Pribram (1980) hanno considerato il ruolo dopaminergico nell'attivazione comportamentale, ruolo successivamente confermato da Robbins e Everitt (1982) e da Tucker e Williamson (1984) nella prontezza motoria.

A differenza delle vie dopaminergiche, le proiezioni noradrenergiche, che dipartono dal locus coeruleus (LC) e secondariamente dal tegmento laterale, sono più ampiamente distribuite, con le efferenze del LC che innervano in modo diffuso la corteccia (Robbins & Everitt, 1982). Le vie del sistema noradrenergico vengono generalmente considerate come parte del sistema comportamentale di arousal (McGuinness & Pribram, 1980; Robbins & Everitt, 1982), poiché esso riceve le proiezioni che dal LC vanno verso l'amigdala e l'ipotalamo (Robbins & Everitt, 1982). È stato inoltre ipotizzato un importante ruolo del LC nell'attenzione selettiva (Foote, Bloom, & Aston-Jones, 1983; Mason, 1981), e questo potrebbe essere dovuto all'importanza del LC nell'apprendimento indotto dallo stress (Amaral & Sinnamon, 1977; Endroczi, 1983; Vellely et al., 1991). È stato proposto che la principale funzione del sistema attenzionale noradrenergico sia sensoriale, o recettiva (Panksepp, 1986; Robbins & Everitt, 1982; Tucker & Williamson, 1984). In linea con questa ipotesi, Crow (1973) ha enfatizzato il ruolo del LC nei comportamenti consumatori come il nutrimento (di fatto, ne riduce la pulsione).

Riassumendo, il sistema dopaminergico sarebbe coinvolto nell'esplorazione motoria dello spazio, mentre quello noradrenergico sarebbe legato all'*arousal* e ai comportamenti consumatori che riducono lo stress. I loro diversi ruoli funzionali sarebbero consistenti con un insieme d'interazioni neurofisiologiche specifiche in cui il circuito noradrenergico generalmente inibisce l'attività del dopaminergico (ad esempio riducendo l'iperattività motoria e la stereotipia) e viceversa (Antelman & Caggiula, 1977; Tucker & Williamson, 1984).

Un'importante distinzione funzionale è stata proposta da Crow (1973), il quale sostiene che i sistemi dopaminergico e noradrenergico medierebbero le nostre interazioni con lo spazio distale (extrapersonale) e quello prossimale (peripersonale) rispettivamente. Tale distinzione potrebbe spiegare il ruolo di rilievo della dopamina nella maggior parte di movimenti volontari (con i quali si esplora e si interagisce con l'ambiente extrapersonale) rispetto all'importanza della noradrenalina nelle attività autonoma, somatosensoriale, e visuomotoria, che coinvolgono i sistemi sensoriali, la regolazione omeostatica, e i comportamenti di consumo.

Molte evidenze indicano che la dopamina è legata alla preferenza della parte alta del campo visivo nello spazio extrapersonale. Sembra, infatti, che l'attivazione dopaminergica determini molti "comportamenti verticali", come l'arrampicarsi. Per esempio, alcuni agonisti della dopamina determinano il movimento del rivolgersi verso l'alto (Eilam, Szechtman, & Spear, 1992; Pinsky, Brockhausen, Dua, & Bose, 1988; Protais, Costentin, & Schwartz, 1976).

Al contrario, la distruzione della *substantia nigra* può causare cadute in avanti durante una discesa da un posto sopraelevato (Frigyesi, Ige, Iulo, & Schwartz, 1971). L'esempio più drammatico del ruolo della dopamina nel causare movimenti della testa verso l'alto è il caso del ratto "*jerker*" (Truett, Walker, & Brock, 1996), che soffre di elevata sovra-attivazione dopaminergica e compie pressoché continue torsioni della testa verso l'alto.

Altre ricerche supportano invece la preferenza del sistema noradrenergico per lo spazio PrP e la parte bassa del campo visivo. Il LC è una delle strutture più colpite dalla paralisi sopranucleare progressiva (Steele et al., 1964), un disturbo motorio associato a neglect per la parte bassa del campo visivo, e che può essere parzialmente alleviato attraverso gli agonisti della noradrenalina (Maruyama, Tamura, & Yamagisawa, 1992).

Inoltre, la stimolazione noradrenergica sembra modificare l'equilibrio tra l'esplorazione extrapersonale saccadica e quella in PrP in favore della seconda, dal momento che dopo una lesione al sistema noradrenergico l'esplorazione viene rimpiazzata dallo scanning saccadico (Yamamoto, Ozawa, Shinba, Hoshino, & Yoshii, 1994). Infine, un legame tra il sistema noradrenergico e PrP è suggerito dalla densità estremamente alta di noradrenalina nella corteccia somatosensoriale (Javoy-Agid et al., 1989) e dal ruolo dei circuiti noradrenergici nel mantenere la plasticità del sistema visivo in via di sviluppo (Kasamatsu, 1991). Nello schema neurochimico proposto da McGuinness e Pribram (1980) e da Tucker e Williamson (1984) viene inoltre proposto un allineamento dei sistemi colinergico e serotoninergico con quelli dopaminergico e noradrenergico, rispettivamente. Un tale allineamento sarebbe testimoniato da diversi fattori: il ruolo di neuroni serotoninergici nell'*arousal* simpatico e in altri aspetti del controllo autonomico (Chalmers & Pilowsky, 1991) e nel comportamento orale consumatorio (Blanchard et al., 1997; Jacobs & Fornal, 1991); l'inibizione dei neuroni serotoninergici durante le risposte di orientamento verso stimoli nello spazio extrapersonale (Jacobs & Fornal, 1991); il decremento di alcune attività motorie verticali che sono tipiche dopo la somministrazione di un agonista della serotonina (Blanchard et al., 1997); l'importanza dei circuiti colinergici nella memoria episodica (Coyle, Price, & DeLong, 1983), nell'udito (Drago et al., 1996), nell'olfatto (Serby, 1986), e nel controllo motorio (Panksepp, 1986); la diffusione di interazioni antagonistiche noradrenergiche-colinergiche nel cervello (Janowsky, Davis, El-Yousef, & Sekerke, 1972), così come la specifica inibizione serotoninergica nella via dopaminergica mesolimbica (Herve et al., 1979; Prisco & Esposito, 1995).

Confrontando la distribuzione dei quattro principali neurotrasmettitori con la posizione neuroanatomica dei quattro sistemi coinvolti nelle operazioni spaziali 3D, emerge un pattern parzialmente sovrapposto. Mentre i livelli cerebrali di dopamina sono massimi nei lobi frontali (specialmente nelle aree prefrontale e frontale inferiore), nei gangli della base strettamente collegati ad essi, e un po' meno nei lobi temporali, essa è scarsamente presente nei lobi parietale e occipitale (Brown, Crane, & Goldman, 1979; Gaspar, Berger, Febvret, Vigny, & Henry, 1989; Javoy-Agid et al., 1989).

La noradrenalina, invece, ha la sua più alta concentrazione nella corteccia frontale dorsale e parietale (Brown et al., 1979; Javoy-Agid et al., 1989; Morrison & Foote, 1986), nonostante l'innervazione noradrenergica e dopaminergica si sovrappongano considerevolmente nella corteccia prefrontale. L'acetilcolina prevale nella corteccia orbito-frontale nel lobo temporale e si trova in minima quantità nelle cortecce parietale e occipitale (Javoy-Agid et al., 1989); infatti, solo le strutture corticali ventrali (soprattutto quelle associate con il sistema AcE), proiettano indietro al

nucleo basale, la maggior fonte di innervazione colinergica dell'intera corteccia (Mesulam & Mufson, 1984).

Infine, la densità corticale di serotonina è massima nelle cortecce occipitali e nelle regioni fronto-temporali inferiori, mentre è minima nella corteccia fronto-parietale dorsale (Javoy-Agid et al., 1989; Morrison & Foote, 1986).

A parte la sovrapposizione dei sistemi noradrenergico e dopaminergico nella corteccia prefrontale e in altre regioni, così come l'alta densità di serotonina nella via ventrale, la divisione neurochimica corticale sembrerebbe indicare un legame tra noradrenalina e serotonina con le operazioni di PrP (network dorsale), e la dopamina e l'acetilcolina con le interazioni extrapersonali (via ventrale). La via serotoninergica sembrerebbe inoltre avere un ruolo inibitorio sulla dopamina nell'ippocampo e nelle aree libiche associate (Herve et al., 1979; Prisco & Esposito, 1995).

2.2.1 Neurochimica e specializzazione emisferica nelle operazioni 3D

Alcuni studi (per una rassegna Flor-Henry, 1976; Previc, 1996c, Tucker e Williamson, 1984) hanno ipotizzato la predominanza dell'attività noradrenergica e serotoninergica nell'emisfero destro e quella dell'attività dopaminergica e colinergica nel sinistro. Queste localizzazioni sono consistenti con le somiglianze fondamentali tra la specializzazione funzionale delle cortecce dorsale e ventrale, da una parte, e gli emisferi destro e sinistro, dall'altra (Liotti & Tucker, 1995; Tucker, 1991). In linea con questa ipotesi, molti studi hanno mostrato un ruolo principale dell'emisfero sinistro nelle operazioni extrapersonali (Cohen, Gutbrod, Meier, & Romer, 1987; Polich, 1980; Previc, 1996a; Previc & Blume, 1993), e un maggiore coinvolgimento dell'emisfero destro in quelle peripersonali (Harvey, Miner, & Roberts, 1994; LeDoux, Wilson, & Gazzaniga, 1977; Grabowska, 1983).

Pochi studi hanno tuttavia fornito evidenza diretta di un legame tra gli emisferi destro e sinistro e lo spazio PrP ed extrapersonale, rispettivamente. Quattro studi su casi singoli (Coslett, Schwartz, Goldberg, Haas, & Perkins, 1993; Gold et al., 1994; Guariglia & Antonucci, 1992; Halligan & Marshall, 1991) hanno collegato il deficit attenzionale vicino versus lontano a lesioni corticali destre e sinistre, rispettivamente.

2.3 Deficit di percezione 3D

Gli aspetti neurochimici della percezione 3D possono aiutarci a comprendere i deficit percettivo-motori presenti in alcune patologie. Tali deficit sono stati osservati in casi di mania e depressione (Wapner, Werner, & Krus, 1957), dislessia visuospatiale (Stein, Riddell, & Bowler, 1989), corea di Huntington e paralisi sopranucleare (Cogan, 1974). In particolare, però, essi caratterizzano, con una certa frequenza, il morbo di Alzheimer (p.e., Mendez et al., 1996) e la schizofrenia (p.e., Schechter e coll., 2006).

2.3.1 Malattia di Alzheimer e disturbo della percezione 3D

Il morbo di Alzheimer, la forma più diffusa di demenza senile di origine non vascolare, può essere associato a un deficit nelle interazioni extrapersonali che è almeno in parte attribuibile a uno squilibrio neurochimico (si veda Previc, 1998). Nei suoi primi stadi, l'Alzheimer si associa a una patologia neuroanatomica che riguarda le regioni di AcE, ad esempio un'estesa atrofia ippocampale e medio-temporale e un ipometabolismo della regione temporo-parietale, come rivelato da studi con la fMRI (Giacometti, Davis, Alazraki, & Malko, 1994; Van Hoesen, Hyman, & Damasio, 1991). Il danno al lobo temporale mediale è accompagnato da una riduzione nella trasmissione colinergica

(Coyle, Price, & DeLong, 1983), che ha un ruolo critico per il funzionamento di questa regione (Mesulam & Mufson, 1984).

Numerosi deficit comportamentali che accompagnano l'Alzheimer riflettono la degradazione neuroanatomica e neurochimica del sistema AcE e del sistema attenzionale orientato nello spazio extrapersonale.

Molti di questi pazienti presentano un neglect per la parte alta del campo visivo, come si evince attraverso il disegno dell'orologio di Rouleau et al. (1992) (in Ericsson, Hilleras, Holmen, & Winblad, 1996), e un leggero deficit nello spostare lo sguardo verso l'alto insieme a una ridotta tendenza all'esplorazione saccadica (Daffner, Scinto, Weintraub, Guinessey, & Mesulam, 1992). Al contrario, il danno al lobo temporale mediale non intacca le abilità visuomotorie in PrP (Zola-Morgan & Squire, 1993).

Nonostante un disturbo nella percezione tridimensionale sia frequentemente riportato dai pazienti Alzheimer, soltanto uno studio ha valutato sistematicamente la prestazione di questi pazienti in test di percezione di profondità, sia monoculare che binoculare (Mendez e coll. 1996).

Mendez e collaboratori (1996) hanno confrontato 15 pazienti e 15 controlli su test che valutavano la stereopsi locale, la stereopsi globale, il parallasse di movimento e la percezione monoculare attraverso la grandezza relativa, l'interposizione e la prospettiva lineare.

I risultati hanno mostrato una prestazione significativamente peggiore per il gruppo dei pazienti in compiti di stereopsi locale e di prospettiva lineare, che è stata attribuita al noto mal funzionamento del sistema magnocellulare nei pazienti Alzheimer (Livingstone e Hubel 1988) e all'alta densità di placche senili e neurofibrille nelle aree visive associative (Arnold et al., 1991; Lewis et al., 1987).

Uno studio di Maurer & Prvulovic (2004) ha documentato il lento declino della percezione di profondità in un paziente, il pittore tedesco Carolus Horn, colpito da morbo di Alzheimer. Confrontando i dipinti di Horn precedenti all'insorgenza della malattia, con quelli successivi alla stessa, e soprattutto con quelli prodotti nei suoi ultimi anni di vita, si vede chiaramente il degradamento del suo senso di profondità. Si evince, inoltre, una disturbata percezione delle relazioni spaziali, la mancanza di discriminazione di volti, età e genere, preferenze alterate nell'uso dei colori, la tendenza a includere ornamenti superflui e creature mitiche e la tendenza a scarabocchiare. Un esempio dell'evoluzione che hanno subito i suoi dipinti può osservarsi nella figura 5.

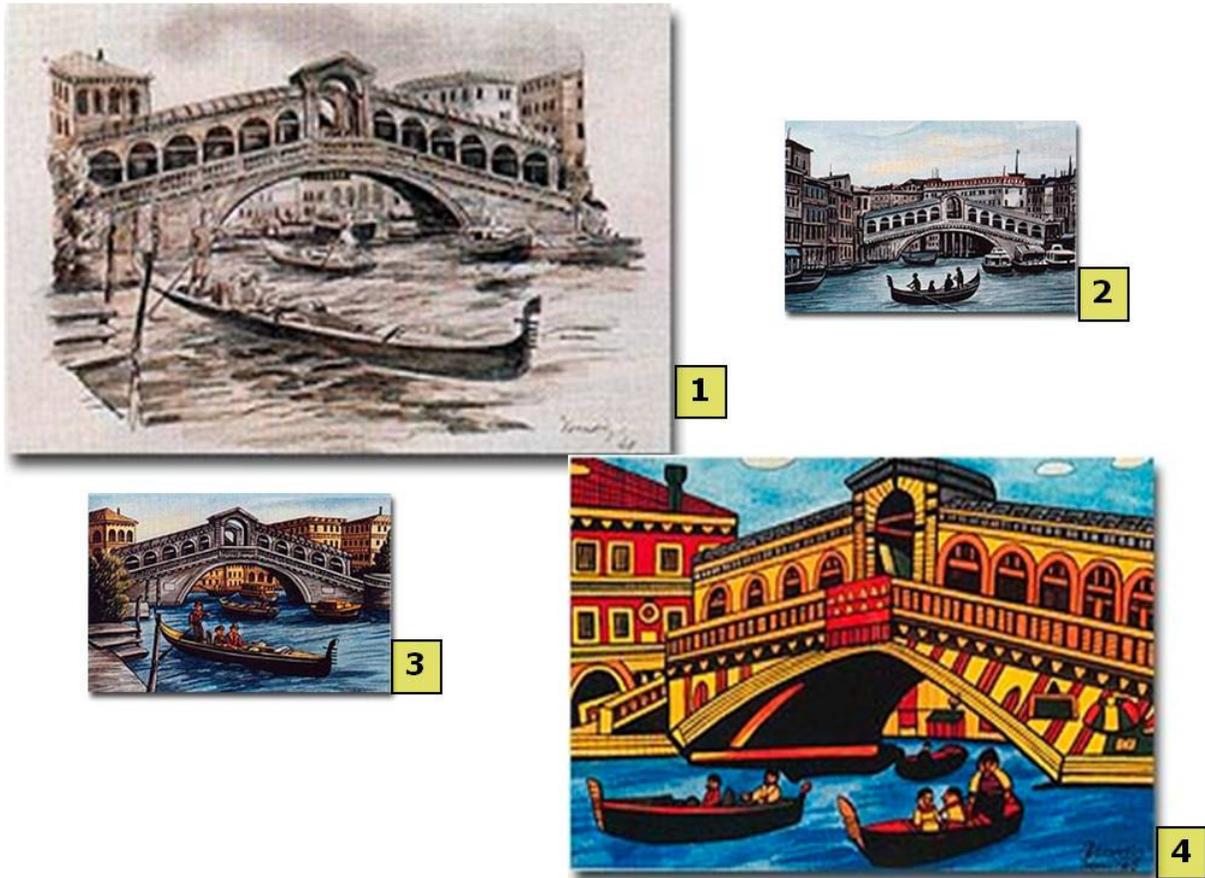


Figura 5. La figura mostra lo stesso paesaggio, il ponte di Rialto a Venezia, dipinto dall'artista tra il 1984 e il 1986. È evidente come a distanza di soli due anni la sua rappresentazione spaziale della profondità fosse altamente degradata.

2.3.2 Schizofrenia e disturbo della percezione 3D

La schizofrenia è un disturbo psicopatologico caratterizzato da diversi deficit della sfera affettiva, percettivo-motoria e cognitiva, molti dei quali riguardano operazioni nello spazio 3D. Nonostante siano state osservate in concomitanza con la schizofrenia disfunzioni del lobo temporale e altre neuropatologie, le anomalie neuroanatomiche associate a questo disturbo sono generalmente lievi o aspecifiche (Chua & McKenna, 1995).

La schizofrenia è considerata un disturbo neurochimico che determina la perdita di equilibrio nei maggiori sistemi neurotrasmettitoriali. La maggior parte degli studi depone a favore di una sovrattivazione del sistema dopaminergico (Swerdlow & Koob, 1987) e in parte minore colinergico (Tandon & Greden 1989), insieme a un possibile deficit noradrenergico (Hartmann, 1976; Hornykiewicz, 1986; Mason, 1981; Stein & Wise, 1971; van Kammen & Kelley, 1990; Yamamoto et al., 1994) e serotoninergico (Claridge, 1978; Joyce, 1993; Meltzer, 1989).

Dato il mancato equilibrio neurochimico e l'alto rapporto dopamina-norepinefrine (Oke & Adams, 1987), Previc (1993b) suggerisce che questi pazienti abbiano un debole sistema peripersonale che fallisce nel contrastare efficacemente un sistema extrapersonale iperattivo e, a conferma della sua ipotesi, riporta una serie di evidenze: la presenza di una debole esplorazione interrotta da frequenti

intrusioni saccadiche (Abel, Levin, & Holzman, 1992); la mancanza della costanza di grandezza, forma, e distanza (Chapman, 1966; Weckowicz et al., 1958), che contribuisce alla percezione di un mondo piatto senza la vivida tridimensionalità suggerita dagli indizi di PrP (Weckowicz et al., 1958); un processamento visivo transiente danneggiato, con elevata soglia di movimento (Stuve et al., 1997; Wertheim, van Gelder, Lautin, Peselow, & Cohen, 1985), giudizi di traiettoria poveri (O'Donnell et al., 1996), e deficit di mascheramento verso il basso (Merritt & Baloh, 1990). Inoltre, è stata riportata una focalizzazione eccessiva sulle caratteristiche locali delle forme visive a scapito del loro aspetto globale (Bemporad, 1967; Rief, 1991; Schwartz Place & Gilmore, 1980; Wells, 1987; Wells & Leventhal, 1984; Carter, Robertson, Nordahl, Chaderjian, & Oshora-Celaya, 1996). La scarsa attività dei sistemi sensoriali in questi pazienti è inoltre mostrata da un'aumentata dipendenza dal campo visivo e altre difficoltà di orientamento spaziale che indicano un disturbo di processamento centrale vestibolare (Mirabile, Glueck, & Stroebel, 1976; Ornitz, 1970; Wells & Caldwell, 1967; Werner, Black, Comes, Larkin, & Steinhauer, 1982), nonché dalla presenza di allucinazioni uditive che derivano da input propriocettivi non individuati (Bick & Kinsbourne, 1987).

Oltre a essere manifestazioni di un sistema PrP deteriorato, molti dei sintomi sopra descritti (ad esempio l'eccessiva attenzione verso i dettagli locali) sembrerebbero indicare una focalizzazione eccessiva verso lo spazio extrapersonale (Previc, 1998). Questa predominanza extrapersonale si riflette nel fatto che la maggior parte delle allucinazioni visive degli schizofrenici si presentano nella parte in alto a destra del campo visivo (Bracha, Cabrera, Karson, & Bigelow, 1985), che conferma la sovrattivazione del lobo temporale sinistro osservata in questi pazienti con la fMRI (Friston, Liddle, Frith, Hirsch, & Frackowiak, 1992; Gur et al., 1995).

È stato, inoltre, riportato un uso deficitario delle informazioni propriocettive nel ricalibrare le operazioni percettivo-motorie (Ebner, Broekema, & Ritzier, 1971), e la presenza di un'immagine corporea distorta (Chapman, Chapman, & Raulin, 1978).

Infine, uno studio recente (Schechter et al., 2006) ha osservato la presenza di uno specifico deficit di stereopsi in questi pazienti. Se esso sia successivo all'insorgenza della malattia, oppure se sia determinato da una componente genetica dello spettro della schizofrenia, sarà oggetto di discussione del prossimo capitolo.

Capitolo 3. Alterata percezione di profondità in presenza di tratti di personalità schizotipica

Come è noto, numerosi deficit visivi e visuoperceptivi caratterizzano la schizofrenia (Butler, Schechter, Zemon, Schwartz, Greenstein, et al., 2001; Butler, DeSanti, Maddox, Harkavy-Friedman, Amador, et al., 2003; Schechter, Butler, Jalbrzikowski, Pasternak, Saperstein, et al., 2006) incluse anomalie in compiti di *perceptual closure* (Doniger, Foxe, Murray, Higgins, & Javitt, 2002), mascheramento retroattivo (Schechter Butler, Silipo, Zemon, & Javitt, 2003), e inseguimento visivo (Chen, Levy, Nakayama, Matthyse, Palafox, et al., 1999). Tali anomalie sono state attribuite a un disturbo nel processamento *top down*, ovvero il processamento dell'informazione influenzato da concetti o aspettative, opposto a quello *bottom up*, che è guidato dalle caratteristiche dello stimolo (Lindsay & Norman, 1972; Potts, O'Donnell, Hirayasu, & McCarley, 2002; Rassovsky, Green, Nuechterlein, Breitmeyer, & Mintz, 2005; Silverstein, Knight, Schwarzkopf, West, Osborn, et al., 1996). Tuttavia, alcune evidenze derivate da esami istologici e strutturali (Ardekani, Nierenberg, Hoptman, Javitt, & Lim, 2003; Butler, Hoptman, Nierenberg, Foxe, Javitt, et al., 2006; Selemon, Rajkowska, & Goldman-Rakic, 1995), sembrerebbero indicare una disfunzione di basso livello nel processamento visivo *bottom up* (Butler, Martinez, Foxe, Kim, Zemon, et al., 2007) che coinvolgerebbe sia la via magnocellulare (M) che quella parvocellulare (P).

La via M veicola informazioni a bassa risoluzione alla via del "where" (Ungerleider & Mishkin, 1982), favorendo una rapida cattura attenzionale e una sommaria localizzazione degli stimoli visivi. La via P termina nella via del "what" (Ungerleider & Mishkin, 1982) e porta informazioni dettagliate necessarie per il riconoscimento di oggetti (Butler & Javitt, 2005).

Esiste accordo generale sul fatto che la via M sia danneggiata negli schizofrenici (Butler et al., 2001; Butler & Javitt, 2005; Butler, Zemon, Schechter, Saperstein, Hoptman, et al., 2005; Schechter et al., 2003; Schechter et al., 2006), ma è stato anche proposto un cattivo funzionamento della via P (Schechter et al., 2005; Skottun e Skoyles, 2009).

Recentemente, Schechter e colleghi (2006) hanno evidenziato un deficit di stereopsi in pazienti schizofrenici. Nel loro studio, a un gruppo di 17 pazienti, e a uno di 19 controlli sani, veniva somministrato il Graded Circle Stereo Test (Stereo Optical & Co.), che consiste nella presentazione di stimoli visivi a forma di cerchio disposti in gruppi di quattro. All'interno di ogni gruppo, uno solo dei tre cerchi è formato da due immagini sovrapposte ma leggermente separate che, viste attraverso apposite lenti polarizzate, danno l'impressione di un cerchio tridimensionale più vicino all'osservatore rispetto al resto del gruppo. Rispetto ai soggetti di controllo, i pazienti schizofrenici hanno mostrato una stereocuità significativamente ridotta, che è stata attribuita dagli autori a un deficit della via M.

Poiché la stereopsi raggiunge il completo sviluppo entro l'età di nove anni (Aslin & Dumais, 1980; Atkinson, 1984; Simons, 1981), da un punto di vista neuroevolutivo, questi risultati potrebbero indicare un possibile fallimento della plasticità neurale che avverrebbe durante l'infanzia in soggetti che poi svilupperanno la schizofrenia.

Numerose categorie cliniche che rientrano nello spettro della schizofrenia, come il disturbo di personalità schizotipica, la personalità schizoide o quella paranoide, presentano deficit cognitivi e

comportamentali simili a quelli osservati in soggetti con diagnosi clinica di schizofrenia (Lyons, 1991; Shean, Bell, & Cameron, 2007; Torgersen, 1985; Trestman, Keefe, Mitropoulou, Harvey, deVegvar, et al., 1995).

Sono stati, infatti, riportati deficit nelle funzioni percettive e oculomotorie, anche se i risultati sono spesso contrastanti (Braff, 1981; Brenner, McDowell, Cadenhead, e Clementz, 2001; Cadenhead, Light, Geyer, McDowell, e Braff, 2002; Larrison, Ferrante, Briand, e Sereno, 2000; Siever, Coursey, Alterman, Buchsbaum, e Murphy, 1984; Siever, Keefe, Bernstein, Coccaro, Klar, et al., 1990a; Siever, Kalus, e Keefe, 1993; Siever, Friedman, Moskowitz, Mitropoulou, Keefe, et al., 1993a).

Silverstein et al. (1992) ad esempio, utilizzando una scala di vulnerabilità alla psicosi, hanno riportato prestazioni nella norma in test di organizzazione percettiva. Allo stesso modo, Farmer et al. (2000) non hanno osservato deficit negli stadi precoci del processamento visivo in soggetti con personalità schizotipica.

In contrasto, un'anormale percezione figura-sfondo è stata osservata in soggetti con alti tratti di schizotipia (Park, Holzman, & Lenzenweger, 1995; Tsakanikos & Reed, 2003). Park et al. (1995) hanno riportato che soggetti non-clinici che avevano un alto punteggio alla Scala di Aberrazione Percettiva avevano una prestazione significativamente peggiore in un compito di risposte visive ritardate rispetto a soggetti con bassi punteggi alla stessa scala.

Sebbene la relazione fra deficit di percezione visiva e deficit di memoria di lavoro visiva sia complessa (Farmer et al., 2000), anomalie simili a quelle dei pazienti schizofrenici sono state riscontrate in compiti di memoria di lavoro spaziale in soggetti schizotipici (Park et al., 1995), gemelli discordanti per la schizofrenia (Glahn, Therman, Manninen, Huttunen, Kaprio, et al., 2003; Pirkola, Tuulio-Henriksson, Glahn, Kiesepa, Haukka, et al., 2005), e in familiari di pazienti schizofrenici che dimostravano tratti di personalità schizotipica (Diwadkar, Montrose, Dworakowski, Sweeney, & Keshavan, 2006). Questi risultati suggeriscono che soggetti con tratti di personalità schizotipica (SPT), possono mostrare disturbi cognitivo-percettivi come parte di un continuum che va dalla normalità alla schizofrenia clinicamente diagnosticata (Cadenhead et al., 2002; Siever et al., 1993) e, data la componente di ereditarietà della schizotipia all'interno dello spettro della schizofrenia (Linney, Murray, Peters, MacDonald, Rijdsdijk, et al., 2003), questo potrebbe indicare una comune base genetica (Lenzenweger, 1994).

Alcuni autori hanno suggerito che la vulnerabilità genetica per la schizofrenia sarebbe legata a una disfunzione della via visiva subcorticale magnocellulare (Linney et al., 2003).

E' interessante notare che stereopsi e percezione tridimensionale, che avrebbero potuto fornire interessanti spunti di riflessione sul legame fra schizofrenia e schizotipia, non sono mai stati valutati in soggetti schizotipici.

Il nostro studio si proponeva di valutare la percezione di profondità, utilizzando indizi di profondità sia monoculari che binoculari, attraverso un nuovo paradigma stereoscopico computerizzato in cui si chiedeva ai soggetti di discriminare la profondità relativa di due oggetti posti in posizioni diverse in uno spazio 3D virtuale.

La nostra ipotesi era che i soggetti con alti livelli di SPT, rispetto ai soggetti che non avevano alti livelli di SPT, avrebbero avuto un'accuratezza più bassa nella discriminazione di profondità stereoscopica, e la loro prestazione sarebbe stata più influenzata dalla difficoltà del compito. In particolare, volevamo valutare la percezione tridimensionale non solo con l'informazione di

profondità binoculare, ma anche con indizi monoculari. Per questo motivo abbiamo utilizzato tre diversi blocchi di prove. Il primo era ricco di indizi di profondità, con una forte disparità binoculare (BD+), il secondo era simile al primo, ma senza la disparità binoculare (BD-), e il terzo utilizzava la disparità binoculare come unico indizio di profondità (BD).

Mentre un deficit di percezione di profondità binoculare è stato documentato in pazienti schizofrenici (Schechter et al., 2006), la percezione di profondità monoculare non è mai stata valutata in questa popolazione, pertanto nessuna specifica ipotesi è stata formulata rispetto al blocco di prove BD-. Ci aspettavamo una prestazione peggiore nel primo e nell'ultimo blocco di prove, e nessuna differenza significativa nel secondo blocco di prove, per il gruppo degli schizotipici, rispetto al gruppo di controllo.

La presenza di tre diversi blocchi di prove ci permetteva di valutare separatamente diversi aspetti della percezione tridimensionale.

Inoltre, poiché mancava l'informazione binoculare, ci aspettavamo che la prestazione di entrambi i gruppi nel secondo blocco fosse ugualmente deficitaria.

Rispetto alla difficoltà del compito, abbiamo utilizzato quattro diverse condizioni del target, che richiedevano un differente impiego di risorse attenzionali. Due di queste erano molto semplici, con un chiaro effetto 3D che risultava dall'effetto congiunto di indizi monoculari e binoculari. Le altre due condizioni erano difficili a causa del contrasto fra l'informazione monoculare e quella binoculare.

Poiché la popolazione con personalità schizotipica non è considerata patologica a differenza di quella schizofrenica e i deficit cognitivi che caratterizzano i due disturbi si presentano in forma più lieve negli schizotipici (p.e. Siever e Davis, 2004), ci aspettavamo che un eventuale deficit visuo-percettivo fosse lieve e meno evidente di quello mostrato dai pazienti schizofrenici. Di conseguenza, ci aspettavamo di trovare differenze significative fra i due gruppi solo nelle condizioni difficili.

3.1 Metodo

3.1.1 Partecipanti

Un campione di 200 studenti universitari neurologicamente sani (età media 18-24 anni) è stato inizialmente invitato a partecipare allo studio attraverso il *Research Participation Program* del Dipartimento di Psicologia della National University of Singapore. Lo studio era suddiviso in due fasi. Nella prima, ciascun partecipante completava una versione online dello Schizotypal Personality Questionnaire (SPQ-R; Raine, 1991). L'SPQ-R permette di individuare, in una popolazione, il sottogruppo che ha il più alto livello di tratti di personalità schizotipica. Nel nostro campione di 200 studenti, il 10% di quelli con i punteggi più alti includeva i 20 studenti (Gruppo Schizotipico) con punteggio uguale o superiore a 40. Fra i rimanenti 180 studenti che avevano completato il questionario, il Gruppo di Controllo è stato selezionato scegliendo i 20 studenti con il punteggio più basso (cioè il più basso 10% della distribuzione) e i 20 studenti che avevano ottenuto un punteggio attorno al valore medio di 23 (sono stati scelti 10 soggetti con punteggio uguale o superiore a 23 e 9 con punteggio inferiore). In questo modo il nostro campione era rappresentativo della popolazione di studenti considerata, in cui si trovavano persone con alti, medi e bassi livelli di SPT.

Tutti i gruppi sono stati poi invitati a completare la seconda fase sperimentale dello studio.

Nella seconda fase i 60 studenti selezionati erano convocati in laboratorio dove si sottoponevano al test comportamentale computerizzato subito dopo la somministrazione dei seguenti test di screening: un questionario sulla storia neurologica, un test di acuità visiva, le Greyscales, e il Randot.

Una volta completata la procedura di screening i partecipanti si sottoponevano al compito di BDP (*Binocular Depth Perception*).

I risultati dei test di screening sono stati utilizzati solo successivamente, per eliminare i partecipanti prima di eseguire le analisi.

3.2 Questionari e Test

L'SPQ-R è composto da 74 domande "si/no" e il punteggio al questionario è dato dalla somma di risposte affermative.

Una volta ottenuta la distribuzione dei punteggi, il più alto 10% della distribuzione viene comunemente considerato un cut-off per identificare soggetti con alti SPT (Raine, 1991); in questo studio il più alto 10% della distribuzione includeva studenti che avevano ottenuto un punteggio uguale o superiore a 40.

In aggiunta all'SPQ-R, i partecipanti completavano un questionario dettagliato sulla storia neurologica personale e familiare, sulla presenza di eventuali patologie e sull'uso di psicofarmaci.

Subito dopo, venivano somministrate le Greyscales (Mattingley, Bradshaw, Nettleton, & Bradshaw, 1994), ovvero un test che valuta il *bias* visivo percettivo, un test di acuità visiva e il Randot (Stereo Optical & Co.), per valutare la stereopsi locale e globale.

3.2.1 Assessment visivo e percettivo

L'acuità visiva è stata misurata utilizzando la Logarithmic Visual Acuity Chart (Precision Vision, LaSalle, IL, USA). In questo test i soggetti devono riconoscere e nominare lettere di diverse grandezze a una distanza di 40 cm. Solo gli studenti con visione normale o corretta, di almeno 16/32 (0.50) e nessuna storia di patologie oculari venivano ammessi nello studio.

Studi precedenti hanno mostrato che il bias laterale visuo-percettivo osservato in individui normali è meno pronunciato in alcuni pazienti schizofrenici (Bellgrove, Collinson, James, Mattingley, Pantelis, et al., 2004). Per questo motivo abbiamo utilizzato le Greyscales per verificare se i partecipanti presentavano il normale *bias* verso la parte sinistra del campo visivo. Si tratta di 32 tavole in cui sono rappresentati due rettangoli orientati orizzontalmente, uno sopra l'altro, la cui colorazione è una scala di grigi semi-continua orientata in direzione opposta. Così, se il rettangolo posto più in alto avrà l'estremità nera a sinistra e quella bianca a destra, quello più in basso avrà il pattern opposto.

Le tavole venivano presentate al centro del campo visivo dei partecipanti, e veniva richiesto loro di indicare rapidamente quale rettangolo, di ciascuna coppia, apparisse più scuro, basandosi sulla prima impressione che avevano avuto. La prestazione veniva valutata in termini di bias decisionale verso destra o verso sinistra.

Il Randot (Stereo Optical & Co.) è un test che valuta la stereopsi e comprende il Circles' Stereo Test e i Random Dot Stereograms (RDSs). Il Circles' Test consiste di dieci prove di difficoltà crescente, che misurano disparità binoculari in un range fra 500 e 20 secondi di arco. Ogni prova contiene una riga di tre cerchi. Uno di questi cerchi, il target, sembra in rilievo rispetto allo sfondo

quando guardato attraverso lenti polarizzate, se la stereopsi dell'osservatore è adeguata al livello di disparità di quella prova. Ai partecipanti era chiesto di indicare il target.

Negli RDSs, invece, ai partecipanti era chiesto di nominare la forma geometrica nascosta in un pattern di punti casuali.

3.2.2 Apparato

Nel compito di BDP gli stimoli venivano presentati su un monitor CRT, ad alta definizione, di 19", attraverso un computer Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU (2.80 GHz), con una scheda grafica Nvidia Quadro FX 3500 (256 Mb). Per la presentazione degli stimoli e la raccolta dei dati è stato utilizzato il software E-prime (Psychology Software Tools Inc., Pennsylvania, USA, 1996; Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002a; 2002b). Le risposte venivano registrate attraverso una tastiera standard. Gli stimoli sono stati creati usando un pacchetto commerciale di *rendering* 3D (Cinema 4D). La stereopsi veniva ottenuta grazie all'uso di occhiali a lenti oscurate a cristalli liquidi (NuVision *shutter glasses*, MacNaughton & Co.).

3.2.3 Stimoli

La percezione di profondità è stata valutata attraverso una procedura computerizzata che prevedeva la presentazione di immagini stereoscopiche. Ai partecipanti si chiedeva di giudicare la posizione in profondità di due target confrontando le loro due posizioni, e di indicare se essi si trovavano alla stessa profondità oppure no.

Il compito consisteva in tre blocchi di prove separate (figura 6), che valutavano diversi aspetti della percezione di profondità: in un blocco di prove (BD+) sono state utilizzate immagini che contenevano la disparità binoculare insieme a un contesto ricco di indizi monoculari (gradiente di tessitura, prospettiva lineare, ombre, luci); in un altro blocco di prove (BD-) si utilizzavano immagini contenenti un contesto monoculare di profondità senza nessuna informazione di disparità binoculare (ne risultava un'immagine piatta sebbene ricca di indizi di profondità); nel terzo e ultimo blocco (BD) si presentavano immagini contenenti la disparità binoculare come unico indizio di profondità.

Nel blocco BD, gli stimoli venivano presentati su uno sfondo grigio mentre nei BD+ e BD- gli stimoli erano presentati su uno sfondo complesso che rappresentava l'interno di una stanza. Nella figura 6 sono riportati due esempi delle immagini usate nei blocchi BD+ e BD- (A) e nel blocco BD (B).

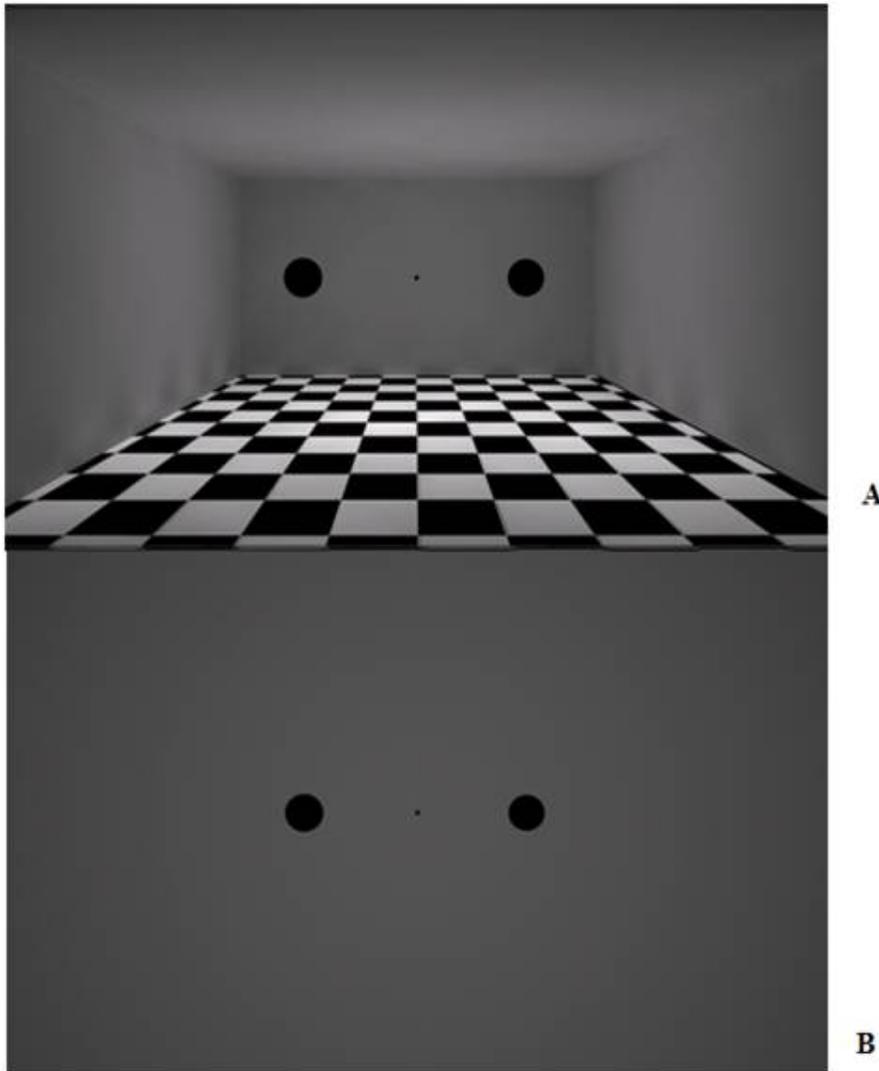


Figura 6. La figura rappresenta un esempio delle immagini usate nei blocchi BD+ e BD- (A) e nel blocco BD (B). L'immagine A, ricca di indizi monoculari, poteva essere presentata stereoscopicamente (BD+) oppure senza informazione binoculare (BD-). L'immagine B, usata nel blocco BD, utilizzava la disparità binoculare come unico indizio di profondità.

Pur mancando l'informazione binoculare nel blocco BD-, la discriminazione di profondità relativa era resa possibile, seppur difficile, dalla presenza di altri indizi di profondità come la grandezza relativa o la luce sulla superficie degli oggetti. Tuttavia, sia la grandezza relativa sia la luce non erano sempre utili ai fini della risposta: la prima indirizzava correttamente le risposte solo nel 50% delle prove; la seconda forniva un'informazione debole poiché sono state utilizzate immagini di colore grigio (in varie gradazioni) e target neri. Per questi motivi, il blocco BD- era considerato il più difficile.

Gli stimoli target erano sfere nere che occupavano un'area di $2^\circ \times 2^\circ$ sullo schermo quando presentati vicino all'osservatore e un'area di $1^\circ \times 1^\circ$ quando presentati nella posizione più lontana.

Essi venivano presentati a 5° di angolo visivo a destra e a sinistra del punto di fissazione, che era al centro della scena visiva.

Le possibili posizioni dei target sono state manipolate per produrre la maggiore differenza possibile nella disparità binoculare fra i due stimoli. Ciò è stato ottenuto collocando due posizioni quasi alla stessa profondità del punto di fissazione¹ (BD of 0°.00') e le altre due posizioni molto vicine all'osservatore (BD of 1°.47'). Sono state presentate stereo coppie della stessa scena visiva. Una immagine corrispondeva al punto di vista dell'occhio destro e l'altra a quello dell'occhio sinistro. La fusione binoculare era ottenuta sincronizzando il ritmo di presentazione alternata degli occhiali stereoscopici (60 Hz per occhio), al refresh del monitor (120 Hz).

La grandezza dei target e la loro posizione in profondità è stata manipolata in modo da ottenere quattro condizioni, ugualmente probabili: Diversa Profondità- Diversa Grandezza (DDDS), Diversa Profondità- Stessa Grandezza (DDSS), Stessa Profondità- Diversa Grandezza (SDDS), e Stessa Profondità- Stessa Grandezza (SDSS).

Quando gli stimoli erano alla stessa profondità, essi potevano essere entrambi vicini all'osservatore o entrambi lontani, mentre quando essi erano presentati a diversa profondità, quello più a destra poteva essere vicino all'osservatore e quello a più sinistra lontano, o viceversa.

La presenza di quattro condizioni del target era fondamentale per valutare la percezione di profondità a diversi livelli di difficoltà.

Manipolando la grandezza degli stimoli si creava un forte conflitto con il contesto, e questo creava diversi livelli di difficoltà. Nella prima condizione, DDDS, i due target erano di diverse grandezze e presentati a diverse profondità: in questo caso l'informazione fornita dalla grandezza relativa dei target era concordante con l'informazione fornita dalla disparità binoculare, ed entrambe suggerivano di premere il tasto "D". La stessa logica può essere applicata all'ultima condizione, SDSS. In contrasto, le condizioni DDSS e SDDS erano state create per aumentare la difficoltà del compito. In DDSS due stimoli della stessa grandezza si trovavano a diverse posizioni in profondità; in SDDS due stimoli di diverse grandezze erano alla stessa profondità. In entrambi i casi c'era un conflitto fra l'informazione fornita dalla grandezza e quella fornita dalla disparità binoculare, e le due fonti di informazione indicavano di selezionare tasti differenti. Un esempio delle quattro condizioni è illustrato nella figura 7.

¹ Quando gli occhi fissano un punto, la disparità binoculare per quel punto sarà prossima allo zero perché le proiezioni di quel punto stimolano posizioni corrispondenti sulle retine di entrambi gli occhi e avviene la fusione binoculare.

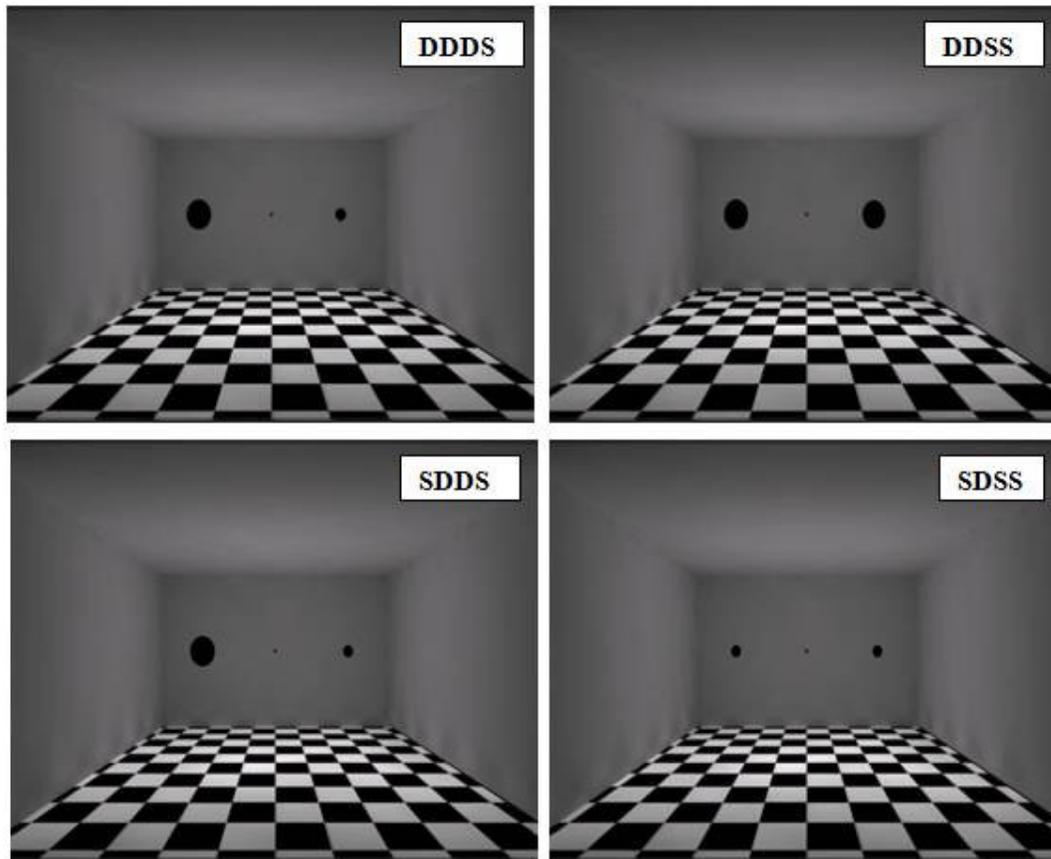


Figura 7. La figura mostra un esempio delle quattro condizioni: Diversa Profondità- Diversa Grandezza (DDDS), Diversa Profondità- Stessa Grandezza (DDSS), Stessa Profondità- Diversa Grandezza (SDDS), e Stessa Profondità- Stessa Grandezza (SDSS).

3.2.4 Procedura

L'esperimento durava 30 minuti con intervalli ogni 10 minuti. Prima di ogni blocco sperimentale c'era un blocco di pratica. Ogni blocco sperimentale consisteva di 128 prove, 32 per ciascuna delle quattro condizioni. Ogni prova iniziava con una schermata iniziale che mostrava una stanza vuota (o uno sfondo grigio) con il punto di fissazione e durava 1 secondo. Subito dopo era presentata la coppia target per 3 secondi, seguita dalla schermata iniziale (stanza vuota o schermo grigio) per altri 500 ms, prima dell'inizio di una nuova prova.

3.2.5 Compito

Ai partecipanti veniva chiesto di giudicare la profondità relativa dei due target premendo due tasti diversi sulla tastiera del computer: "S" nel caso i due target fossero alla stessa profondità, "D" nel caso di profondità diversa. L'ordine dei due tasti era bilanciato tra i partecipanti.

Veniva esplicitamente raccomandato di ignorare la grandezza dei target e di giudicare basandosi solo sull'effetto stereoscopico 3D.

3.3 Analisi dei dati

È stata stabilita una soglia minima di accuratezza al 70% per escludere i partecipanti che non avevano impiegato sufficienti risorse attenzionali nel compito. Prestazioni con accuratezza inferiore al 70% avevano, secondo noi, scarse probabilità di essere attribuite a un'inefficiente percezione tridimensionale dato l'utilizzo del Graded Circle Stereotest come misura di screening. Questo test misura la sensibilità a disparità che vanno da 500 a 20 secondi di arco. Tali valori di disparità sono enormemente più piccoli della grossolana disparità utilizzata nel test BDP (1°.47'), pertanto i soggetti che erano in grado di eseguire il Circles' Stereotest dovevano necessariamente essere in grado di percepire l'effetto stereoscopico nel nostro test.

Seguendo questo criterio, ventotto partecipanti (8 schizotipici e 20 controlli) sono stati esclusi dalle analisi a causa della loro bassa accuratezza. Altri tre partecipanti sono stati esclusi dal Gruppo di Controllo per la presenza di psicosi in famiglia. L'analisi è stata eseguita su 29 partecipanti: 12 per il Gruppo STP, e 17 per il Gruppo di Controllo. Alcune caratteristiche del campione sono mostrate nella tabella 1.

| GRUPPO | ACUITÀ VISIVA | GREYSCALES | ETÀ |
|-------------------------------------|---------------|--------------|-------------|
| VALORI MEDI GRUPPO SPT | 0.86 | -0.30 | 19.6 |
| <i>DEV ST GRUPPO SPT</i> | <i>0.25</i> | <i>0.41</i> | <i>1.08</i> |
| VALORI MEDI GRUPPO CONTROLLO | 0.85 | -0.23 | 20.2 |
| <i>DEV ST GRUPPO CONTROLLO</i> | <i>0.15</i> | <i>0.50</i> | <i>1.70</i> |

Tabella 1. Caratteristiche del campione. *Nota.* Il T-Test ha mostrato che le differenze fra i valori medi del Gruppo SPT e quelli del Gruppo di Controllo nel test Greyscales non erano significative ($p=.70$).

È stata eseguita un'ANOVA mista con il *Gruppo* (SPT/Controllo) come fattore indipendente, mentre *Blocco* (BD/BD+/BD-) e *Condizione* (SDSS/SDDS/DDSS/DDDS) sono stati considerati come misure ripetute. Per l'analisi post hoc delle medie sono stati utilizzati il Test di Duncan e il Test LSD.

Tutte le analisi sono state eseguite con il software STATISTICA (StatSoft Inc., Tulsa, OK) considerando come variabile dipendente la percentuale del numero di errori.

Poiché le deviazioni standard erano molto grandi, i dati grezzi sono stati trasformati in logaritmi naturali di $(x+1)$.

3.4 Risultati

L'ANOVA ha rivelato un effetto principale del *Gruppo* ($F_{1,27}= 7.39$; $p< .02$, Figura 8), con il Gruppo Schizotipico che aveva globalmente percentuali di errore più alte (Media logErr= .09) rispetto al Gruppo di Controllo (Media logErr= .07). E' stato anche osservato un effetto principale per il *Blocco* ($F_{2,54}= 246.94$; $p< .0001$), che indicava il Blocco BD- come più difficile (Media logErr= .16) rispetto ai blocchi BD (Media logErr= .03; $p< .0001$) e BD+ (Media logErr= .05; $p< .0001$).

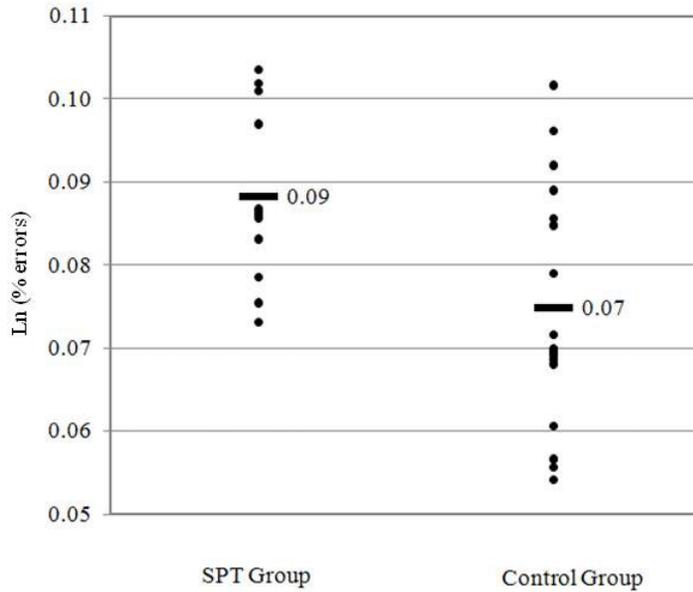


Figura 8. La figura rappresenta l'effetto principale del *Gruppo* ($p < .05$) con la media della percentuale di errori per entrambi i gruppi (SPT e Controllo) trasformata in $\ln(x+1)$.

L'effetto principale della *Condizione* ($F_{3,8} = 43.37$; $p < .0001$) indicava un tasso di errori più alto nella condizione SDDS (Media $\log Er = .13$) rispetto a tutte le altre condizioni (Media DDDS=.06, $p < .0001$; Media DDSS=.11, $p < .05$; Media SDSS=.03, $p < .0001$). L'interazione *Gruppo* x *Condizione* ($F_{3,8} = 3.50$; $p < .02$; Figura 9) ha mostrato che la prestazione del Gruppo Schizotipico (Media $\log Er = .15$) e quella del Gruppo di Controllo (Media $\log Er = .11$; $p < .01$) differivano significativamente solo nella condizione SDDS. L'interazione *Blocco* x *Condizione* ($F_{6,162} = 35.95$; $p < .0001$) mostrava un tasso di errori più alto in tutte le condizioni nel Blocco BD- rispetto ai blocchi BD e BD+ (tutte le $p < .05$). Nessuna differenza significativa è stata riscontrata fra i blocchi BD e BD+ in quasi tutte le condizioni, fatta eccezione per un'accuratezza minore osservata nella condizione SDDS nel blocco BD+ (Media $\log Er = .06$) rispetto al Blocco BD (Media $\log Er = .09$; $p < .01$). L'interazione *Gruppo* x *Blocco* x *Condizione* non è risultata significativa ($p = .78$).

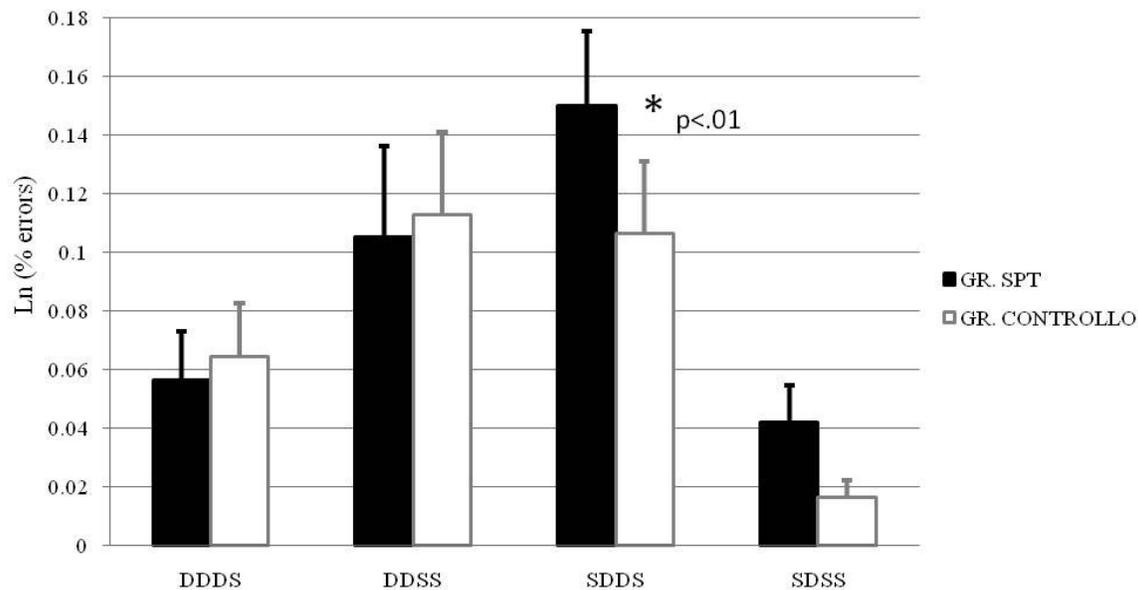


Figura 9. L'interazione *Gruppo x Condizione* evidenzia una differenza significativa ($p < .01$) fra i due gruppi (SPT e Controllo) solo quando stimoli di diversa grandezza sono presentati alla stessa profondità (condizione SDDS). La figura mostra la media della percentuale di errori trasformata in $\ln(x+1) \pm ES$.

3.5 Discussione

Recenti evidenze (Schechter et al., 2006) supportano l'idea che la schizofrenia sia associata a disturbi nell'integrazione sensoriale e alla creazione di percetti unitari (Doniger et al., 2002).

Nonostante il nostro studio avesse un campione relativamente piccolo e selettivo, i risultati sembrano indicare che un simile deficit, sotto forma di un indebolito processamento di profondità binoculare, si possano estendere anche a soggetti clinicamente sani, che presentano tratti di personalità schizotipica.

Al di là delle globali differenze osservate fra i due gruppi, è importante notare che nel nostro compito erano presenti livelli diversi di difficoltà e che i soggetti con SPT differivano dai controlli solo nella condizione più difficile. Questo dimostra da una parte la sensibilità del compito e dall'altro la natura sottile di questo deficit.

Resta da chiarire come mai la differenza fra i due gruppi fosse evidente solo in una (SDDS) delle due condizioni difficili (SSDD, SDDS).

Una possibile ragione potrebbe essere che, nonostante noi avessimo considerato le due condizioni equivalenti, la prima fosse, in realtà, più facile della seconda. Nella condizione SSDD, infatti, due stimoli identici venivano presentati e solo uno dei due faceva *pop-out* dallo schermo. In questo caso la grandezza relativa poteva essere più facilmente ignorata e la discriminazione di profondità risultava così facilitata. Nella condizione SDDS entrambi gli stimoli facevano *pop-out* dallo schermo e la loro diversa grandezza poteva determinare un conflitto fra indizi di profondità più forte rispetto a quello che poteva esserci nella condizione SSDD. Ad ogni modo studi successivi sono necessari per confermare queste speculazioni.

Il nostro studio valutava anche l'eventuale presenza di bias attenzionali laterali. E' noto che soggetti destrimani non-clinici mostrano una tendenza per un maggiore impiego di risorse attenzionali nella parte sinistra del campo visivo (Luh, 1995; Nicholls, Bradshaw, & Mattingley, 1999; Nicholls & Roberts, 2002), un *bias* percettivo noto come *pseudoneglect* (Bowers & Heilman, 1980). Nonostante sia stata riportata un'associazione fra *pseudoneglect* e ideazione magica (Brugger & Graves, 1997) e fra *pseudoneglect* e schizofrenia (Bellgrove et al., 2004), nel nostro studio, utilizzando le Greyscales (Mattingley, Berberovic, Corben, Slavin, Nicholls, et al., 1994; Mattingley et al., 2004) non abbiamo riscontrato differenze significative fra i due gruppi, e questo sembra indicare che nessun *bias* percettivo laterale può aver influenzato i nostri risultati.

Schechter e collaboratori (2006) hanno attribuito il deficit di stereopsi osservato nei pazienti schizofrenici a un possibile malfunzionamento del sistema magnocellulare, le cui proiezioni raggiungono la via visiva dorsale (Ungerleider & Mishkin, 1982), incluse le aree V1, V3A e MT che, grazie alla presenza di neuroni binoculari, costituiscono uno dei centri del processamento della disparità (Backus, Fleet, Parker, & Heeger, 2001; Parker, 2007 per una rassegna).

Dal momento che la stereopsi inizia a svilupparsi nella prima infanzia e si completa entro i 9 anni di età (Aslin & Dumais, 1980; Atkinson, 1984; Simons, 1981), un mancato o incompleto sviluppo della percezione binoculare potrebbe indicare una potenziale anomalia del neurosviluppo che si verifica molto prima della comparsa dei sintomi conclamati di schizofrenia (Schechter et al., 2006). Tuttavia, come anche Schechter e colleghi (2006) hanno sottolineato, non si può escludere la possibilità che alcuni substrati del processamento della disparità vengano danneggiati da cambiamenti neurali che occorrono dopo l'insorgenza della malattia. Inoltre, poiché i meccanismi coinvolti nella percezione stereoscopica non sono ancora stati del tutto spiegati, un deficit negli stadi precoci del processamento può essere ipotizzato per quanto riguarda la via M, ma anche a livello ancor più precoce. Per esempio, l'informazione potrebbe giungere dalla retina già danneggiata a causa di un deficit nella funzione oculomotoria. Infatti, deficit oculomotori sono stati riportati sia da studi con pazienti schizofrenici che da studi con soggetti con SPT (Amador, Malaspina, Sackeim, Coleman, Kaufmann, et al., 1995; Korn, 1997; Larrison, Ferrante, Briand, & Sereno, 2000; Siever, Keefe, Bernstein, Coccaro, Klar, et al., 1990a).

Va anche ricordato che la percezione di profondità binoculare è un meccanismo altamente complesso in cui le coordinate di un oggetto sul piano z vengono inferite in base alla computazione di sottili differenze fra le immagini viste da ciascun occhio. Di conseguenza, la minima mancanza di precisione nella funzione oculomotoria può far sì che le due immagini non siano più accoppiabili determinando il fallimento del processo di fusione binoculare.

La presenza in soggetti schizotipici di un deficit di stereopsi comparabile a quello di pazienti schizofrenici, suggerisce la presenza, forse meno evidente che nei pazienti, di un disturbo che riguarderebbe le fasi precoci del processamento di informazione in soggetti clinicamente sani. Se così fosse, i nostri risultati aggiungerebbero ulteriore peso all'idea che tale disturbo sia un aspetto innato all'interno dello spettro dei cambiamenti neurologici che si osservano negli individui ad alto rischio.

Inoltre, se deficit del sistema M o della funzione oculomotoria rappresentano un elemento comune nel carico genetico della schizofrenia (Bedwell, Brown & Miller, 2003; Bedwell, Miller, & Brown, 2006; Siever et al., 1984; 1993), la presenza di un deficit nella capacità del sistema visivo di processare la profondità potrebbe rappresentare un nuovo fenotipo intermedio fra normalità e

patologia. Studi futuri potrebbero valutare questo aspetto in parenti di primo grado dei pazienti o in altri individui considerati geneticamente “a rischio”.

PARTE II

Aspetti Attenzionali

Capitolo 4. L'attenzione

Il concetto di attenzione non è per niente univoco. Quando si parla di attenzione, si fa riferimento talvolta agli aspetti di selezione, talvolta a quelli di attivazione o arousal, talvolta alla focalizzazione sugli stimoli sensoriali, o al controllo attenzionale nella programmazione e nel controllo delle azioni. Per questo motivo essa può essere considerata un costrutto multidimensionale.

Sebbene la definizione più frequentemente riportata sia quella di James (1890/1950), essa non è l'unica. Ad esempio, una delle voci più accreditate in questo panorama, quella di Michael Posner, definisce l'attenzione come un sistema organico, con una propria anatomia, struttura cellulare, neurotrasmettitori, genetica, e con un proprio sviluppo (Posner, 2004). Proprio questa definizione fornisce un'idea della complessità dei processi attenzionali, i cui molteplici aspetti, o alcuni fra questi, saranno discussi qui di seguito.

4.1 I sistemi attenzionali

L'attenzione è stata descritta come un sistema che interagisce, a livello cerebrale, con altri sistemi, ma che mantiene una propria identità (Posner e Petersen, 1990). Le sue funzioni sarebbero espletate da un *network* di aree anatomiche piuttosto che da una regione cerebrale ben precisa (Mesulam 1981, Rizzolatti et al., 1985). Poiché le aree facenti parte di questo *network* svolgerebbero funzioni diverse, Posner e Petersen (1990) hanno proposto di distinguere tre sistemi attenzionali, con le funzioni principali di orientamento verso stimoli sensoriali, detezione di segnali per il processamento consapevole, e mantenimento di uno stato allerta e vigilanza.

Il sistema di Orientamento Visivo (*Visual Orienting*, Posner e Petersen, 1990) viene definito in termini di foveazione dello stimolo, ovvero lo stimolo viene raggiunto con lo sguardo e messo a fuoco dalla fovea, la parte della retina dove l'acuità visiva è massima. Tuttavia, oltre all'orientamento delle risorse attenzionali esplicito (*overt*), esiste anche quello implicito (*covert*), grazie al quale uno stimolo può essere atteso anche se gli occhi guardano altrove.

Una volta focalizzata l'attenzione su uno stimolo ben preciso, il sistema di orientamento dell'attenzione nello spazio visivo si espleterebbe mediante tre attività principali: disancoraggio dell'attenzione dallo stimolo (*disengagement*) alla comparsa di un altro stimolo rilevante, spostamento dell'attenzione, e ancoraggio (*engagement*) ovvero nuova focalizzazione su un altro stimolo. Da un punto di vista neuro-anatomico, aree cerebrali distinte sarebbero specializzate per queste tre attività: il lobo parietale posteriore per il disancoraggio (Posner et al., 1984), il collicolo superiore (Wurtz e Goldberg, 1972) per gli spostamenti dell'attenzione, e il talamo e il pulvinar laterale per l'ancoraggio (Petersen et al., 1987; Posner, 1988).

Il sistema di Detezione, successivamente denominato sistema Esecutivo Centrale (Fan et al., 2003) è implicato nel controllo di cognizione ed emozione (Bush et al., 2000) ed è attivato dal conflitto (Botvinick et al., 2001). Il suo substrato neurale sembra essere il giro cingolato anteriore (ACC) (Raz e Buhle, 2006 per una rassegna). L'attività di questo sistema viene solitamente misurata attraverso compiti come lo *Stroop* (Stroop 1935), il *flanker test* (Eriksen e Eriksen, 1974) o il *Simon task* (Simon, 1969).

Il sistema di allerta permetterebbe non solo di preparare uno stato di attivazione sufficiente a processare efficacemente eventi salienti, ma anche di sostenere nel tempo tale attivazione. Per questo si distingue l'allerta fasica (prontezza di risposta; Posner, 1978; Posner e Petersen, 1990; Fernandez-Duque e Posner, 1997) da quella tonica, ovvero la capacità di sostenere l'attenzione per un lungo periodo di tempo (Posner e Rafal, 1986; Davies e Parasuraman, 1982; Warm, 1984).

Secondo Corbetta e Shulman (2002) l'allerta sarebbe controllata da un circuito frontoparietale destro e dalle aree del lobo frontale superiore, della corteccia cingolata e del lobo parietale, che trasferirebbero, a loro volta, l'informazione al giro cingolato anteriore.

4.2 L'attenzione selettiva

Affinché i numerosi stimoli sensoriali, giunti al cervello dall'ambiente circostante, siano elaborati in maniera efficiente, esistono dei meccanismi di selezione, che consentono di filtrare la parte irrilevante dell'informazione (Posner, 1980). Per spiegare questi meccanismi, in passato l'attenzione è stata descritta attraverso diverse metafore. Una delle prime proposte è lo *spotlight* (p.e., Posner et al., 1980), che descrive l'attenzione come un'area all'interno della quale tutta l'informazione viene processata e fuori dalla quale l'informazione viene ignorata. Altri hanno proposto che l'attenzione opererebbe come la lente di uno zoom, che può allargarsi o restringersi in base alle richieste del compito, su un'area più o meno ampia del campo visivo (p.e., Eriksen e Yeh, 1985); secondo la terza metafora l'attenzione funzionerebbe come un gradiente, con la massima efficienza di processamento al centro, e con un'efficienza sempre minore man mano che ci si sposta verso la periferia rispetto al focus (p.e., Downing e Pinker, 1985).

L'efficienza dei meccanismi di selezione dipende sia dal funzionamento di altre capacità cognitive che dalle caratteristiche degli stimoli selezionati. Le informazioni "rilevanti" subiscono un'approfondita elaborazione poiché vanno a cadere all'interno del *focus* attenzionale, e hanno accesso alla nostra coscienza, mentre, circa il destino dell'informazione non rilevante, esiste un dibattito tuttora in corso (Broadbent, 1958; Lewis, 1970; Eriksen e Eriksen, 1974; Bagnara, 1984; Pashler, 1998). Secondo il modello di Broadbent (1958) un iniziale processamento sarebbe destinato a tutti gli stimoli presenti nella scena, ma si limiterebbe a estrarre le caratteristiche fisiche di base (come ad esempio colore o orientamento). Tali informazioni superficiali sarebbero brevemente trattenute in memoria in un magazzino temporaneo. L'elaborazione delle caratteristiche semantiche, invece, a causa della limitata capacità della memoria, sarebbe riservata agli stimoli attesi e l'informazione che ne deriva verrebbe poi trasferita al magazzino a lungo termine oppure utilizzata per selezionare la risposta appropriata. Il meccanismo di filtraggio e selezione delle informazioni sarebbe, secondo Broadbent, condizionato sia da influenze *top-down* che *bottom-up*.

Studi successivi (p.e. Moray, 1959; Treisman, 1960) hanno criticato la teoria di Broadbent (1958), evidenziando che talvolta, nonostante la concentrazione dei soggetti su un compito ben preciso, essi sono in grado di subire l'influenza dell'informazione semantica contenuta in stimoli non rilevanti ai fini del compito. Mentre per Broadbent il filtro attenzionale agirebbe a un livello percettivo precoce, che precede l'identificazione dello stimolo, altri (p.e., Deutsch e Deutsch, 1963; Driver e Tipper, 1989) hanno proposto che l'attenzione scenda in campo solo dopo il processo di identificazione. Una posizione intermedia è stata proposta da Lavie (1995) e da Lavie e Tsai (1994), secondo i quali la selezione potrebbe avvenire a livello precoce o tardivo a seconda che i processi in atto stiano operando rispettivamente in parallelo o in modo seriale. In particolare, quando il compito da

eseguire è semplice (basso carico percettivo), il processamento degli stimoli avverrebbe in parallelo, quindi anche le informazioni non rilevanti ai fini del compito sarebbero elaborate fino al livello semantico. Quando invece il compito è difficile (alto carico percettivo), tutte le risorse cognitive sarebbero impiegate per elaborare lo stimolo rilevante e pertanto la selezione sarebbe precoce. Nei suoi esperimenti Lavie (1995; Lavie e Fox, 2000) manipolava il carico percettivo presentando il target da solo oppure all'interno di una stringa di distrattori, detti *flankers*, ai quali non bisognava dare alcuna risposta. Inoltre, un *flanker*, che poteva essere compatibile o incompatibile con gli altri *flankers*, veniva presentato al di fuori dell'area occupata da target e distrattori. Ciò che si osservava con questo paradigma era che l'effetto del *flanker* era evidente solo quando il target era presentato da solo, e non all'interno di una stringa. Secondo Lavie, poiché il compito non richiedeva di utilizzare tutte le risorse cognitive disponibili, la parte di risorse "in più" poteva essere utilizzata per elaborare anche il *flanker* (selezione tardiva). Nella condizione difficile, invece, quando il target era circondato da distrattori, il carico percettivo era alto e quindi i soggetti elaboravano, in maniera seriale, prima il target e solo dopo gli stimoli della stringa, e la risposta veniva emessa prima che si potesse prestare attenzione al *flanker* fuori dalla stringa (selezione precoce).

4.3 L'attenzione spaziale

Verso la fine degli anni '70 del secolo scorso si è diffuso un crescente interesse verso l'orientamento dell'attenzione nel campo visivo. Sono noti i primi studi di Posner (p.e. Posner, 1978; Posner et al., 1980) nei quali veniva utilizzato quello che tuttora è considerato il paradigma di elezione nella maggior parte degli studi di attenzione selettiva spaziale. Si tratta del paradigma dello *spatial cueing* (Posner, 1980), nel quale ai soggetti è chiesto di prestare attenzione alla comparsa di uno stimolo target preceduto da un suggerimento spaziale (*cue*) che indica la posizione in cui comparirà lo stimolo target o una posizione diversa. A seconda che il *cue* predica o no la posizione di comparsa del target, esso viene definito informativo, non informativo oppure neutro. La variabile dipendente principale è il tempo di reazione (TR), cioè il tempo intercorso tra la presentazione dello stimolo e la produzione della risposta. In aggiunta alla rapidità, si valuta anche l'accuratezza delle risposte.

La situazione sperimentale proposta da Posner e colleghi (1980) era molto semplice. Ai soggetti veniva chiesto di mantenere lo sguardo su un punto di fissazione, che si trovava al centro dello schermo, equidistante da due box disposti lateralmente. Dopo alcuni istanti sopra al punto di fissazione era presentato il *cue*, una freccia, che indicava in quale dei due box sarebbe successivamente comparso il target. Esso poteva orientare correttamente l'attenzione nelle cosiddette "prove valide" (80% delle prove), indicare la direzione opposta, nelle "prove invalide", oppure poteva essere una freccia bidirezionale nelle "prove neutre". Un breve intervallo temporale seguiva la comparsa del *cue* e, successivamente, il target, un piccolo quadratino luminoso, veniva presentato per poche centinaia di millisecondi dentro uno dei due box. La Figura 10 rappresenta schematicamente la situazione sperimentale utilizzata da Posner (1980).

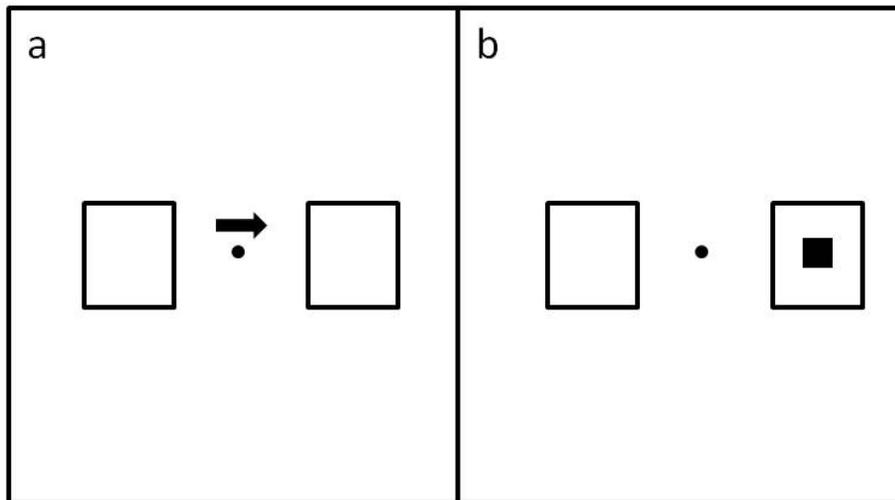


Figura 10. Nella situazione (a) viene presentato un cue costituito da una freccia che indica il punto in cui si presenterà lo stimolo target. Nella situazione (b) viene presentato lo stimolo target. La figura presenta una prova valida.

Compito dei soggetti era premere un tasto, il più velocemente possibile, alla comparsa del target. Per evitare risposte automatizzate, erano state inserite alcune prove (*catch trials*) in cui il cue non era seguito dal target.

Attraverso questo compito, Posner e collaboratori hanno evidenziato per primi l'esistenza di una facilitazione (TR più brevi), nella detezione di un target, nelle prove valide; al contrario, si osservavano dei costi quando il cue indicava una posizione diversa da quella in cui era successivamente presentato il target, mentre TR intermedi erano osservati nelle prove neutre. Il confronto fra le prove valide, invalide e neutre, tuttora utilizzato, permetteva di valutare i costi e benefici attenzionali determinati dall'orientamento dell'attenzione: si considera la differenza fra prove neutre e valide come indicatore di benefici, e la differenza fra TR nelle prove invalide e neutre come indicatore di costi.

Poiché i costi sono considerati la conseguenza di un orientamento dell'attenzione nella posizione sbagliata, sono generalmente considerati un indicatore del tempo necessario a riorientare il fuoco dell'attenzione. Tuttavia è stata proposta una spiegazione alternativa (Downing e Pinker 1985; LaBerge e Brown 1989) secondo la quale la comparsa del cue genererebbe un gradiente di risorse attenzionali, con una concentrazione massima nella posizione indicata dal cue, che decrescerebbe man mano che ci si allontana da tale posizione. Un target presentato nella posizione opposta a quella indicata dal cue sarebbe quindi processato con una quantità minima di risorse attenzionali, e questo darebbe luogo ai costi osservati nei TR.

4.4 L'approccio object-based vs space-based

Si è dibattuto a lungo in letteratura sulla possibilità che l'attenzione, all'interno della scena visiva, selezioni gli oggetti presenti in essa, oppure determinate posizioni spaziali (Egeth & Yantis, 1997; Goldsmith, 1998; Scholl, 2001).

Secondo Neisser (1967) l'analisi percettiva degli stimoli nel campo visivo avviene in due fasi. La prima, che lui chiama *preattentiva*, è quella in cui il campo visivo viene suddiviso in oggetti

separati in base a proprietà gestaltiche (Wertheimer, 1923) come la prossimità spaziale, la continuità dei contorni, la condivisione del colore. La seconda, detta *attenzione focale*, è quella in cui un oggetto in particolare viene processato in dettaglio. Il processamento preattentivo avverrebbe in parallelo, fra tutti gli oggetti presenti nella scena, mentre quello dell'attenzione focale sarebbe seriale a causa del limite nella nostra capacità di processare più oggetti per volta.

La visione di Neisser è stata condivisa da Kahneman e Henik (1981) e da Treisman, Kahneman, e Burkell (1983), secondo i quali sarebbe più facile riportare due aspetti di una scena visiva se questi appartengono a uno stesso oggetto piuttosto che se appartengono a oggetti diversi, perché l'attenzione focale si diffonde sull'oggetto nel suo insieme, non solo su un aspetto di esso.

Sulla base di questi studi, nasce l'approccio *object-based* (Duncan, 1984; Driver & Baylis, 1989; Egly, Driver, & Rafal, 1994), che sostiene che l'attenzione focale non opererebbe su precise posizioni spaziali, ma selezionando unità di raggruppamento percettivo (oggetti) che si formerebbero in base a regole gestaltiche.

L'approccio *space-based* deriva, invece, dalle teorie che vedono l'attenzione come un fascio di luce (Eriksen e Hoffman, 1973; Hoffman e Nelson, 1981; Posner et al., 1980), secondo le quali, a ogni dato istante essa sarebbe focalizzata su una porzione dello spazio e solo gli oggetti presenti all'interno di questa regione subirebbero un'analisi percettiva completa. A sostegno di questa ipotesi, numerosi studi, con il paradigma del *cueing* spaziale (Eriksen e Hoffman, 1974; Eriksen e St. James, 1986; Posner 1980; Posner, Snyder, e Davidson, 1980), hanno evidenziato che il vantaggio nelle prove valide rispetto alle invalide, è tanto maggiore quanto più grande è la distanza fra cue e target. Va, però, evidenziato, che con lo stesso paradigma sono stati riportati dati a favore dell'ipotesi *object-based* (Egly, Driver e Rafal, 1994). In un noto studio del 1994, Egly, Driver e Rafal presentavano due rettangoli orientati orizzontalmente oppure verticalmente (paradigma del doppio rettangolo) e chiedevano ai soggetti di individuare un piccolo quadratino target presentato all'estremità di uno dei due rettangoli. La comparsa del target era preceduta dall'illuminazione di una delle estremità dei due rettangoli, che fungeva da cue e orientava correttamente l'attenzione dei soggetti nel 75% delle prove. Nelle rimanenti prove il cue poteva indirizzare il focus verso lo stesso rettangolo ma all'estremità opposta, oppure verso la stessa estremità ma dell'altro rettangolo. Entrambe le posizioni invalide erano equidistanti dal target. I risultati hanno mostrato non solo risposte più rapide nelle prove valide (effetto *space-based*), ma, a parità di distanza dal target, anche che nelle invalide, le risposte erano più rapide se cue e target erano stati presentati nello stesso rettangolo (effetto *object-based*).

Nonostante si sia a lungo dibattuto su queste due ipotesi, Duncan (1984), e molti altri dopo di lui (ad esempio, Robertson e Kim, 1999; Atchley e Kramer, 2001; Driver, Davis, Russell, Turatto, e Freeman, 2001), hanno sostenuto che gli approcci *object-based* e *space-based* non debbano necessariamente escludersi a vicenda, ma che potrebbe trattarsi di due sistemi che agirebbero in sinergia.

4.5 L'inibizione di ritorno

Come abbiamo visto, l'immensa quantità di stimolazioni provenienti dall'ambiente circostante non può essere interamente elaborata dal nostro sistema cognitivo. L'attenzione è un meccanismo a capacità limitata che ci costringe a selezionare solo le informazioni ritenute rilevanti. La selezione

degli *input* visivi sembra pertanto avvenire attraverso la facilitazione di alcuni stimoli e l'inibizione di altri. Un meccanismo che ottimizza l'orientamento dell'attenzione dell'individuo verso regioni dello spazio inesplorate può essere, quindi, considerato vantaggioso da un punto di vista adattivo, in quanto può facilitare l'individuazione nell'ambiente di elementi significativi (Klein, 2000).

Nel 1984 Posner e Cohen hanno descritto un fenomeno di questo tipo: per alcune condizioni, un *cue* che improvvisamente compariva in una particolare posizione del campo visivo era in grado di inibire le risposte ai *target* presentati in quella stessa posizione piuttosto che facilitarle. Questo risultava contrario a quanto fino ad allora osservato, ovvero che quando un *cue* suggeriva correttamente la posizione di un *target*, era in grado di facilitare le risposte al *target* presentato 200-300 ms dopo il *cue* (Bashinski & Bacharach, 1980; Cheal, Lyon, & Hubbard, 1991; Eriksen & Collins, 1969; Posner, 1980). Posner e Cohen (1984) hanno osservato che, se l'intervallo tra il *cue* e il *target* (*Stimulus Onset Asynchrony*; SOA) veniva prolungato (cioè se era maggiore di 400 ms), le risposte a *target* presentati nella stessa posizione del *cue* risultavano rallentate. Questa inibizione, che fu da loro definita "Inibizione di Ritorno" (*Inhibition of Return*, IOR; Posner, Rafal, Choate, & Vaughan, 1985), è un fenomeno regolarmente osservato con il paradigma di *cueing* spaziale. Attraverso cinque esperimenti in cui il paradigma classico (Posner, 1980) veniva leggermente modificato, gli autori hanno mostrato la presenza di effetti di IOR, con *cue* periferici ma non centrali, anche quando il compito richiedeva l'esecuzione di movimenti oculari; tali effetti erano fortemente dipendenti da fattori sensoriali (come il cambiamento nell'energia della scena visiva che avveniva alla comparsa del *cue*), e sembravano operare con una rappresentazione dello spazio basata su coordinate ambientali piuttosto che retiniche. La figura 11 esemplifica il tipo di paradigma utilizzato.

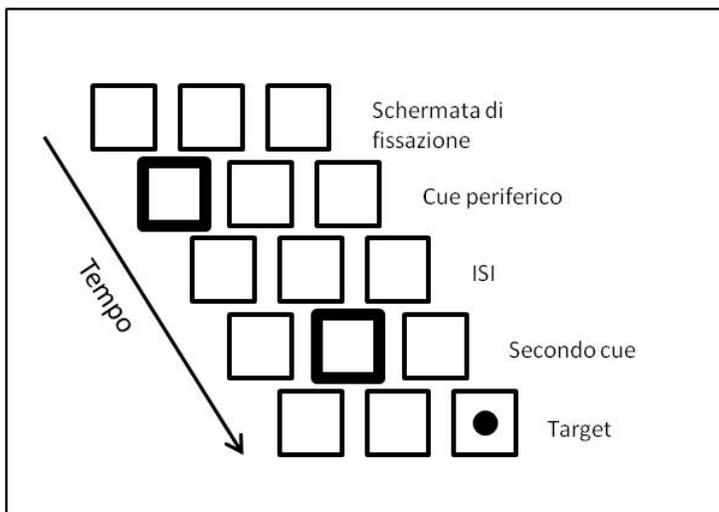


Figura 11. La figura mostra il paradigma utilizzato in uno degli esperimenti di Posner e Cohen (1984). Il *cue* periferico era seguito da un secondo *cue* (*cue* di ri-fissazione) che serviva a riportare l'attenzione in corrispondenza del punto di fissazione. In questo esempio è rappresentata una prova invalida.

La loro conclusione è stata che gli effetti di facilitazione e IOR sarebbero sovrapposti e l'efficienza della detezione deriverebbe dal loro effetto combinato: la facilitazione sarebbe un effetto centrale, in quanto prodotta sia da *cue* simbolici che periferici, faciliterebbe l'ancoraggio dell'attenzione e si

muoverebbe insieme agli occhi in coordinate retiniche; l'inibizione, utilizzando coordinate ambientali, faciliterebbe il disancoraggio e dipenderebbe da fattori sensoriali piuttosto che di orientamento dell'attenzione. Secondo gli autori, entrambi gli effetti verrebbero contemporaneamente scatenati, però l'inibizione sarebbe evidente solo in un secondo momento a causa della maggiore forza dell'effetto di facilitazione, dunque emergerebbe solo dopo che quest'ultima ha esaurito il suo corso.

Circa il significato funzionale dei processi di facilitazione e di IOR, gli autori hanno ipotizzato che la prima servisse a migliorare l'efficienza nella detezione di un target attraverso una fissazione in una specifica regione dello spazio che viene processata più efficacemente, mentre la seconda rappresenterebbe un effetto evoluto per massimizzare il processamento del campo visivo, quindi la sua lunga durata servirebbe ad assicurarsi di aver esplorato tutto il campo visivo prima di tornare indietro nella posizione iniziale. Dunque l'attenzione, una volta catturata dal cue verso una posizione, abbandonerebbe quella posizione e si sposterebbe automaticamente a esplorare altre regioni dello spazio, se in un intervallo temporale breve non avviene nulla di interessante. In seguito, se il target viene presentato in quella posizione, l'attenzione verrebbe riorientata nella posizione iniziale, e sarebbe questo a determinare l'aumento dei tempi di reazione osservato nelle prove valide rispetto a quelle invalide. In questo senso la IOR rappresenterebbe un meccanismo di ricerca efficiente e tale idea sembrerebbe supportata da alcuni dati empirici (Danziger, Kingstone, & Snyder, 1998).

Infatti, è stato evidenziato che le manipolazioni sperimentali volte a determinare un disancoraggio dell'attenzione dalla posizione *cued* non siano necessarie alla comparsa della IOR, e che essa occorra anche in situazioni sperimentali in cui i soggetti sono incentivati a mantenere la loro l'attenzione nei confronti di tale posizione (p.e., Pratt e Fischer, 2002), o quando la posizione *cued* è fissa (Maylor e Hockey, 1985). Se la IOR riflettesse effettivamente una difficoltà nel riorientare l'attenzione verso posizioni precedentemente attese, non si dovrebbe osservare quando l'attenzione è mantenuta in modo endogeno (cioè volontario e consapevole) nella posizione *cued*, cosa che invece succede.

Altri studi hanno inoltre evidenziato un ruolo di rilievo della programmazione oculomotoria nel generare la IOR. Rafal e collaboratori (1989) hanno osservato che l'effetto di IOR emerge ogniqualvolta si chiede di programmare (anche senza eseguirla) una saccade, a prescindere dal tipo di *cue* utilizzato (endogeno o esogeno). Se, invece, ai soggetti non è esplicitamente richiesto di preparare un movimento oculare, l'inibizione si manifesta solo in seguito a *cue* periferici. Questi risultati, recentemente messi in discussione (Chica, Klein, Rafal, e Hopfinger, 2011), secondo gli autori, indicherebbero, che l'effetto di inibizione di ritorno è generato tramite un movimento dell'occhio, che è programmato volontariamente in base alle richieste del compito, oppure automaticamente in seguito alla comparsa improvvisa di stimoli visivi periferici. Il legame tra inibizione di ritorno e programma oculomotorio è, inoltre, coerente con l'ipotesi che vedrebbe, quale substrato neurale della IOR, il collicolo superiore, una struttura cerebrale che gioca un ruolo critico nell'esecuzione e controllo dei movimenti oculari (Clohessy, Posner, Rothbart, Vecera, 1991; Rafal et al., 1989; Sapir, Soroker, Berger, Henik, 1999), sebbene sia stato anche proposto un ruolo di V2 e V3 (Anderson e Rees, 2011).

Il legame fra IOR e movimenti oculari sembrerebbe persistere anche in assenza di consapevolezza del movimento stesso. Infatti, uno studio di Galfano e collaboratori (Galfano, Betta e Turatto, 2004)

ha evidenziato che la IOR è in grado di modulare la direzione delle microsaccadi, piccolissimi movimenti oculari che si verificano durante la fissazione in assenza di consapevolezza (Martinez-Conde et al. 2004). Nel loro studio, gli Autori hanno utilizzato un classico paradigma di Posner con un punto di fissazione centrale e due box laterali nei quali veniva presentato il target, preceduto da un cue non informativo, con un SOA di 1000 ms. I risultati hanno mostrato uno stabile effetto di IOR e una tendenza a eseguire microsaccadi in direzione opposta a quella del cue. Supporto a questi risultati viene anche da uno studio successivo (Betta, Galfano e Turatto, 2007) nel quale gli stessi autori hanno confermato, utilizzando un paradigma di tipo *target-target*, l'esistenza di una relazione fra IOR e microsaccadi, non attribuibile a una generale inibizione motoria, che invece era stata da altri ipotizzata. Klein e Taylor (1994) infatti, avevano suggerito che la IOR potesse riflettere un *bias* di risposta a causa del quale i soggetti preparerebbero una risposta a una posizione *cued*; se poi in quella posizione, a un breve intervallo temporale, non viene presentato il target, essa verrebbe "etichettata" e la successiva risposta spaziale a target in quella posizione verrebbe inibita. Di conseguenza, effetti di IOR dovrebbero osservarsi in compiti spaziali (p.e. detezione, discriminazione destra/sinistra) e non in compiti non spaziali (p.e. discriminazione di forma /colore), ma i dati sperimentali non supportano questa ipotesi. In alcuni studi (p.e., Lupiáñez e al., 2001) infatti, è stata osservata una modulazione del decorso temporale degli effetti di IOR in funzione delle richieste percettive del compito: si è, ad esempio, evidenziato che in compiti di discriminazione di attributi non spaziali del *target*, l'inibizione di ritorno si osserva solo con SOA pari ad almeno 700 ms, contrariamente ai 250-300 ms necessari per evidenziare la IOR nei compiti di localizzazione e detezione semplice. Tali risultati sembrerebbero, quindi, non interpretabili sulla base dell'ipotesi dell'inibizione della risposta, in quanto lo stesso tipo di risposta è richiesta sia in compiti di localizzazione, che di discriminazione.

Sono contrari a un'ipotesi di questo tipo anche i risultati degli studi che hanno mostrato effetti di IOR con paradigmi di tipo *target-target* (Coward, Poliakoff, O'Boyle e Lowe, 2004; Tassinari e al., 1987; Betta, Galfano e Turatto, 2007) in cui ai soggetti viene esplicitamente richiesto di rispondere a tutti gli stimoli presentati e la IOR è valutata come rallentamento dei TR nei confronti della posizione verso la quale è stata precedente eseguita l'ultima risposta. In questo tipo di compiti, in base all'ipotesi di inibizione della risposta, non dovrebbero essere osservati effetti di IOR, che sono stati, invece, rilevati sia utilizzando risposte manuali (Maylor e Hockey, 1985), che utilizzando risposte saccadiche (Rafal et al., 1989).

Un'altra spiegazione proposta è che gli effetti di inibizione agirebbero a un livello percettivo o di selezione attenzionale (ipotesi di inibizione percettiva), ipotesi che potrebbe spiegare come mai effetti di IOR si osservano sia in compiti spaziali che in compiti non spaziali.

Lupiáñez e collaboratori (Lupiáñez, Milán, Tornay, Madrid, & Tudela, 1997), esaminando sistematicamente gli effetti del SOA, hanno tentato di verificare quale fosse l'ipotesi che consentiva meglio di spiegare i meccanismi coinvolti nella IOR. I risultati hanno indicato che in un compito di detezione (un compito spaziale), effetti di IOR si osservano con SOA superiori a 400 ms, mentre in uno di discriminazione di colore (un compito non spaziale) gli stessi effetti emergono solo quando il SOA è maggiore di 700 ms. Questi risultati sembrano supportare l'ipotesi di inibizione percettiva degli effetti di IOR e, inoltre, confermano che il SOA influenza in modo diverso gli effetti di IOR in compiti spaziali e non-spaziali. Il ritardo nella comparsa della IOR in compiti di discriminazione, secondo Lupiáñez e Milliken (1999), sarebbe dovuto alla maggiore durata degli effetti facilitatori in

questo tipo di compito, rispetto ai compiti di detezione: la comparsa improvvisa di uno stimolo cue cattura l'attenzione nella posizione *cued*, facilitando il processamento di target presentati in quella posizione dopo brevi intervalli; dopo un po' di tempo l'attenzione viene sganciata dalla posizione *cued* determinando l'effetto IOR. Da questo punto di vista, il ritardo nella comparsa della IOR nei compiti di discriminazione potrebbe riflettere, secondo gli autori, il fatto che l'attenzione è stata sganciata dalla posizione *cued* più tardi nei compiti di discriminazione che nei compiti di detezione. Una spiegazione alternativa potrebbe essere che l'iniziale effetto facilitatorio del cue rifletterebbe l'integrazione automatica del cue e del target in un singolo evento, determinando un beneficio per le prove *cued* a brevi SOA. In quest'ottica, si assume che gli effetti del cue sarebbero determinati dalle coordinate spazio-temporali del cue e del target e da un set attenzionale che favorirebbe l'integrazione oppure la differenziazione dell'evento cue e dell'evento target. Questa è l'interpretazione proposta da Lupiáñez e collaboratori (1999), che assumono che l'orientamento automatico dell'attenzione verso il cue determini l'apertura di un *file dell'oggetto* (Kahneman, Treisman, & Gibbs, 1992) nella posizione *cued*. Nelle prove valide il target viene presentato nella stessa posizione del cue e il processamento del target verrebbe integrato all'interno dello stesso file dell'oggetto che era stato "aperto" dal cue. Tale integrazione determinerebbe risposte veloci al target fin quando il file dell'oggetto è aperto. Dopo un certo intervallo di tempo, la cui durata è sotto il controllo strategico del soggetto, il file dell'oggetto verrebbe chiuso (disancoraggio dell'attenzione). L'integrazione automatica del target all'interno di un file dell'oggetto chiuso (quello del cue) sarebbe alla base del rallentamento delle risposte, che determinerebbe l'effetto IOR. La quantità di tempo per cui il file dell'oggetto rimane aperto dipenderebbe dal compito. In base al tipo di compito, infatti, l'integrazione sarebbe più o meno necessaria o utile. Pertanto, in un compito di detezione, la comparsa di uno stimolo determinerebbe l'apertura di un file dell'oggetto, e l'integrazione della successiva informazione visiva all'interno della stessa rappresentazione non dovrebbe verificarsi per lunghi intervalli di tempo non essendo necessaria dal momento che la semplice apertura del file dell'oggetto sarebbe sufficiente al sistema per individuare la presenza di un nuovo oggetto nell'ambiente. Inoltre, l'integrazione nel tempo potrebbe far sì che l'osservatore non individui gli stimoli successivi, perché se due stimoli hanno la stessa (o simile) posizione potrebbero essere interpretati come due istanze dello stesso evento. Mentre, invece, se il compito richiede una discriminazione fra due oggetti, una nuova informazione dovrebbe essere integrata nel file dell'oggetto per compiere la discriminazione. Quindi, gli autori concludono che un compito di discriminazione può essere più difficile e richiedere un intervallo di tempo più lungo perché il file dell'oggetto venga chiuso. Di conseguenza, il processo di integrazione si renderebbe più necessario in un compito di discriminazione, che in un compito di detezione, e tale necessità aumenterebbe in funzione della difficoltà del compito. Tale interpretazione consentirebbe di spiegare perché l'iniziale effetto facilitatorio dura più a lungo nei compiti di discriminazione che in quelli di detezione, e ancor di più se è una discriminazione difficile. Gli autori fanno, inoltre, notare che, in un compito di detezione, l'integrazione delle rappresentazioni del cue e del target potrebbe essere controproducente perché potrebbe portare al mancato rilevamento del target come evento distinto dal cue. Quindi, in questi compiti verrebbe adottato un set attenzionale, che impedirebbe l'integrazione (permettendo così di distinguere gli eventi) e gli effetti di facilitazione si verificherebbero solo a SOA molto brevi. In conclusione, Lupiáñez e collaboratori (1999, 2001, 2004, 2006) hanno interpretato gli effetti di IOR all'interno del paradigma di *cueing* spaziale come

risultato di processi di integrazione e segregazione *cue-target*, che potrebbero favorire o danneggiare l'elaborazione di un nuovo oggetto, in funzione delle diverse condizioni sperimentali utilizzate. Secondo gli autori, i fenomeni percettivi di integrazione e segregazione *cue-target* sarebbero dei processi automatici e naturali del nostro sistema visivo. Il loro ruolo sarebbe in realtà quello di economizzare le risorse attenzionali necessarie all'elaborazione dell'informazione visiva in entrata. In particolare, fenomeni percettivi di integrazione *cue-target* sarebbero di beneficio nelle prove valide all'interno di un paradigma di cueing spaziale, poiché la rappresentazione evento iniziata dalla comparsa del cue faciliterebbe l'elaborazione del target, anticipandone l'inizio.

In altre parole, l'identificazione del target come una continuazione di un precedente evento cue provvederebbe a una sua parziale elaborazione, relativa alla sua posizione spaziale: essendo cue e target presentati nella stessa posizione, l'elaborazione della posizione spaziale del cue verrebbe utilizzata o presa in prestito per localizzare il target, per il quale non dovrebbe essere computata ex novo, e in maniera indipendente, la posizione spaziale. Tale effetto, derivante dall'integrazione *cue-target*, verrebbe quindi ad aggiungersi al beneficio nell'elaborazione del target, prodotto dall'orientamento attenzionale.

Analogamente, secondo gli autori, fenomeni percettivi di segregazione *cue-target* potrebbero, invece, essere di beneficio nella detezione di target presentati in nuove posizioni spaziali, in quanto solleciterebbero la codifica del target come nuovo oggetto o evento (Jonides e Yantis, 1988; Yantis e Hillstrom, 1994). Questo effetto di facilitazione per target presentati in nuove posizioni spaziali dipenderebbe, tuttavia, da quanto i cue consentono effettivamente di elaborare il target come nuovo evento. Ad esempio, se un target è presentato in nuova posizione, ma vicino nel tempo a un vecchio evento (prove invalide a brevi SOA), questo tipo di cue non sarebbe favorevole alla rapida codifica del target come nuovo evento. Al contrario, se un target è presentato in una nuova posizione e temporalmente distante da un vecchio evento (prove invalide a lunghi SOA), si verificherebbero le condizioni atte a facilitare la codifica del target come nuovo evento.

Secondo Milliken e colleghi (Milliken, 2002; Milliken, Joordens, Merikle e Seiffert, 1998) la tendenza del sistema percettivo a categorizzare stimoli come vecchi (richiedendone l'aggiornamento) o nuovi (richiedendone la codifica come nuovo evento) contribuirebbe al decorso temporale degli effetti di cueing spaziale e spiegherebbe perché la IOR è usualmente osservata solo a SOA lunghi. Secondo tale visione, la IOR è quindi considerata come un vantaggio nell'elaborazione dei target presentati in nuove posizioni, che occorrerebbe come esito naturale della tendenza del sistema percettivo a categorizzare gli eventi come conosciuto/vecchio o sconosciuto/nuovo, piuttosto che come il prodotto di processi inibitori che impediscono l'orientamento attenzionale nei confronti delle posizioni *cued*.

Sebbene non esista ancora un accordo unanime sulla natura e sul significato della IOR, le evidenze sperimentali, riportate dai sostenitori di ciascuna delle differenti ipotesi, sembrano suggerire l'implicazione sinergica di meccanismi attenzionali, motori e percettivi nella generazione di tale fenomeno.

Capitolo 5 L'orientamento dell'attenzione nello spazio 3D

La maggior parte degli studi riportati in letteratura hanno valutato l'attenzione usando display bidimensionali. Di conseguenza, la vera natura 3D dell'ambiente visivo non sembra correttamente rappresentata.

I primi studi a valutare l'orientamento attenzionale nelle tre dimensioni risalgono agli anni '80 del secolo scorso (Downing e Pinker, 1985; Gawryszewski et al., 1987) e si occupavano di come il gradiente di risorse attenzionali si distribuisse nello spazio 3D. Il paradigma utilizzato era quello di *cueing* e i risultati mostravano che il sistema visivo può valutare specifiche posizioni in profondità. Downing e Pinker (1985) chiedevano ai loro soggetti di rispondere il più velocemente possibile alla comparsa di un target in una di otto possibili posizioni. I target, preceduti da un cue centrale predittivo nell'80% delle prove, erano arrangiati su due diversi piani di profondità, con il punto di fissazione che stava in mezzo ad essi. I risultati di questo studio mostravano benefici e costi per gli spostamenti attenzionali, sia sul piano orizzontale che in profondità. Inoltre, gli autori osservavano che i costi attenzionali erano maggiori nelle condizioni in cui un cue invalido veniva presentato nello spazio vicino, rispetto a quando il cue era nello spazio lontano e il target in quello vicino. Risultati simili sono stati ottenuti da Gawryszewski et al. (1987). Nel loro studio i soggetti dovevano rispondere quando veniva presentata un target luminoso, che poteva essere vicino o lontano rispetto al punto di fissazione. TR maggiori nelle prove invalide sembravano indicare che i soggetti non erano in grado di attendere simultaneamente diversi livelli di profondità. Inoltre, la differenza significativa fra prove valide e invalide era più accentuata quando l'attenzione doveva essere spostata da posizioni vicine a lontane piuttosto che il contrario. Gli autori hanno concluso che le risorse attenzionali sarebbero focalizzate in profondità secondo un sistema di coordinate centrato sull'osservatore, e lo spazio sarebbe rappresentato a livello cerebrale in modo egocentrico.

Studi successivi (Andersen, 1990; Andersen e Kramer, 1993) hanno valutato l'orientamento attenzionale in profondità attraverso simulazioni di scene 3D, utilizzando la disparità binoculare, e hanno portato a risultati conflittuali. Andersen (1990) ha utilizzato un compito in cui i soggetti erano istruiti a rispondere a un target centrale ignorando i distrattori circostanti. Questi ultimi venivano presentati in 7 diversi piani di profondità: tre erano presentati tra il soggetto e il piano di profondità del target, uno era sullo stesso piano del target e gli altri tre erano al di là del piano del target. Le immagini presentate erano stereogrammi *random-dot* (Julesz, 1971) visti attraverso dei prismi stereoscopici. Il risultato principale ha evidenziato che la grandezza dell'effetto di interferenza era direttamente legato alla distanza in profondità tra target e distrattori, ma, al contrario dei risultati di Downing e Pinker (1985) e di Gawryszewski (1987), l'effetto di interferenza era maggiore per i distrattori distanti piuttosto che per quelli vicini. Tuttavia, come sottolineato dallo stesso Andersen, l'uso di prismi stereoscopici e le condizioni di visione degli stimoli vicini (distanti 21 cm dagli occhi dell'osservatore), avrebbe potuto influenzare i risultati facendo percepire gli stimoli lontani come più grandi. In uno studio successivo, Andersen e Kramer (1993) hanno valutato se la differenza nella grandezza percepita poteva spiegare l'interferenza maggiore dei distrattori lontani, e hanno ottenuto risultati congruenti con quelli di Downing e Pinker (1985) e di Gawryszewski (1987).

L'evidenza sperimentale sembra dunque indicare che l'attenzione possa essere focalizzata in una precisa posizione dello spazio, con delle coordinate z oltre che x e y. E' stato anche riportato che alcuni dei requisiti per l'allocatione dell'attenzione in una specifica posizione in profondità possono essere le richieste attenzionali del compito (Atchley et al 1997), l'eventuale presenza di un oggetto (*placeholder*) nella posizione indicata dal cue (Hoffman e Mueller 1994), o il tempo di presentazione degli oggetti attenzionali (Marrara e Moore 2000).

È stato inoltre osservato che la capacità di orientare l'attenzione spaziale in una specifica posizione in profondità non è soggetta a declino con l'avanzare dell'età (Atchley e Kramer, 1998; 2000): soggetti anziani sani sembrano perfettamente in grado, al pari dei giovani adulti, di allocare e controllare l'attenzione in profondità. Al pari dei giovani essi possono focalizzare le risorse attenzionali in uno specifico piano in profondità ed eseguire su quel piano una ricerca visiva, escludendo l'informazione distraente proveniente da altri livelli di profondità, in modo tanto efficiente quanto meno gli stimoli distraenti sono salienti, e quanto più il loro occhio si mantiene in grado di attenuare l'informazione non rilevante. In alcuni casi essi sono in grado di ignorare i distrattori anche meglio dei giovani poiché il loro sistema visivo ha una minore sensibilità al contrasto e acuità, e quindi si comporta come un filtro, riducendo l'energia degli stimoli irrilevanti. Negli ultimi anni si è assistito a un crescente interesse nei confronti dell'orientamento attenzionale nello spazio 3D (He e Nakayama 1995; Tyler e Kontsevich 1995; Miura, Shinohara, Kanda, 2002; Atchley; Kramer 2001; Moore, Elsinger, Lleras, 2001; Couyoumdjian, Di Nocera, Ferlazzo 2003; Theeuwes e Pratt, 2003; Bourke, Partridge e Pollux, 2006; Han, Wan e Humphreys 2005; Tse, 2005), e svariati paradigmi sono stati utilizzati per verificare l'esistenza di alcuni meccanismi, già noti nelle due dimensioni, in profondità. Nei prossimi paragrafi verranno brevemente passati in rassegna gli studi più recenti sull'argomento e i principali paradigmi utilizzati.

5.1 Visual search e spazio 3D

Quando cerchiamo qualcosa, ad esempio se vogliamo trovare un mazzo di chiavi su una scrivania su cui si trovano molti altri oggetti, mettiamo in atto delle strategie attenzionali che ci permettono di focalizzare la ricerca visiva su alcune precise caratteristiche dell'oggetto target, ignorando altre possibili configurazioni distraenti. Questo è quello che succede in un paradigma molto utilizzato nello studio dell'attenzione, il *visual search* (Treisman & Gelade, 1980).

Theeuwes, Atchley e Kramer (1998) con un compito di *visual search* hanno valutato se si possa focalizzare l'attenzione in un piano di profondità, e se distrattori su altri piani, con le stesse o diverse caratteristiche di salienza del target, provochino interferenza. In quattro esperimenti, i soggetti osservavano display stereoscopici e cercavano un oggetto target di un colore diverso rispetto ad altri oggetti presenti nella scena.

L'ipotesi prevedeva che se è possibile dirigere l'attenzione esclusivamente e in modo selettivo a uno specifico piano di profondità, allora gli elementi irrilevanti di altri piani non dovrebbero interferire anche quando questi hanno le stesse caratteristiche di salienza del target. Diversamente, se il processamento in parallelo non può essere ristretto a un piano, allora gli elementi di altri piani dovrebbero interferire con la ricerca del target.

Nel primo esperimento venivano presentati per 1.5 sec due piani di profondità, ognuno dei quali conteneva 12 segmenti verdi verticali. La successiva comparsa di un rettangolo verde di contorno attorno a uno dei due piani per 100 ms fungeva da cue, indicando, con una probabilità pari all'80%,

su quale piano sarebbe comparso il target dopo 50 ms. I soggetti dovevano individuare il segmento che diventava rosso e dire se esso si era inclinato verso destra o verso sinistra. La figura 12 mostra il display utilizzato e la successione delle immagini.

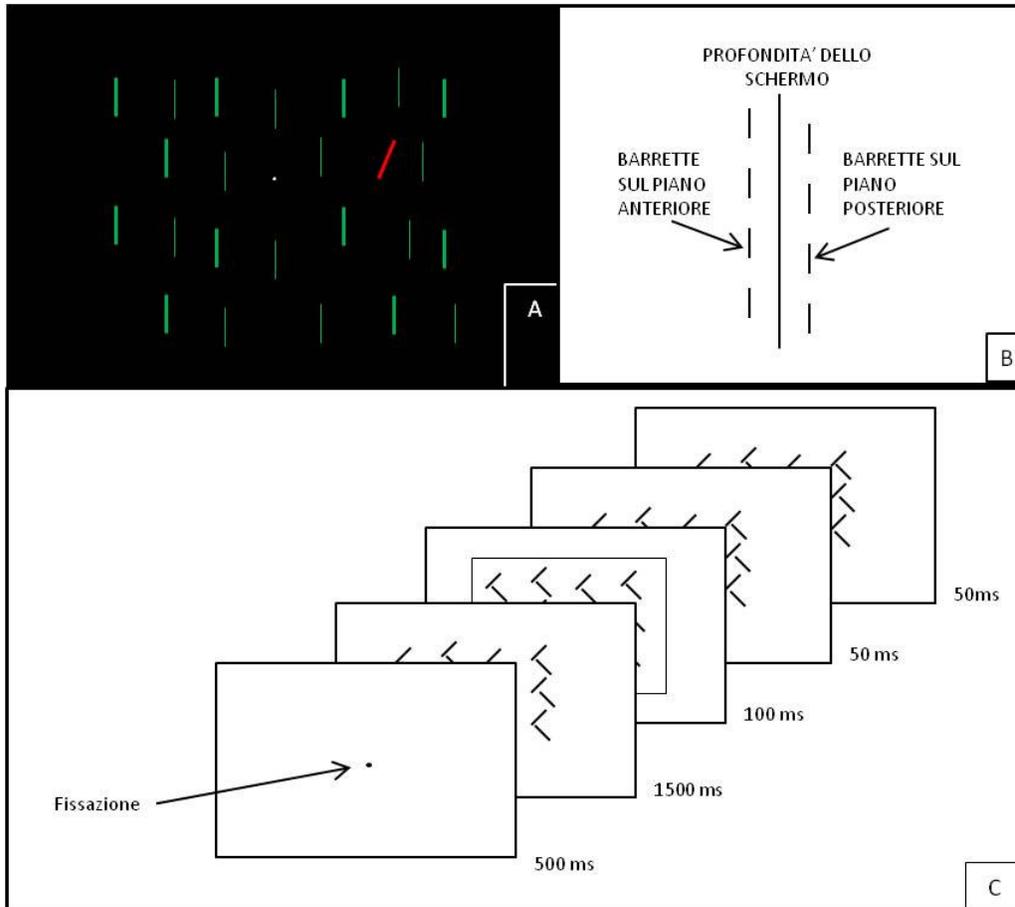


Figura 12. Le tre immagini mostrano esempi degli stimoli presentati nello studio di Theeuwes, Atchley e Kramer (1998). Il riquadro A mostra un esempio del display presentato nell'Esperimento 1. In B è rappresentata una prospettiva laterale che mostra i due livelli di profondità a cui venivano presentati gli stimoli, uno percepito come più vicino rispetto allo schermo e l'altro come più lontano. In C è rappresentato un esempio di successione di eventi.

I risultati hanno evidenziato una maggiore velocità e accuratezza nelle prove valide, a conferma del fatto che i soggetti focalizzavano l'attenzione sul piano *cued*. L'Esperimento 2 valutava se la ricerca di un target nel piano indicato dal cue è influenzata dalla presenza di distrattori su un altro piano. In questo esperimento i segmenti potevano essere inclinati oppure verticali, e i soggetti dovevano individuare un target inclinato e rosso, ignorando la presenza di un distrattore rosso verticale sullo stesso piano indicato dal cue oppure sull'altro. Il cue aveva il 100% di validità ed erano possibili tre condizioni: assenza di distrattori; presenza di distrattori in un piano diverso; presenza di distrattori sullo stesso piano di profondità. Poiché target e distrattore avevano lo stesso colore, e poiché l'informazione di orientamento da sola non era in grado di guidare l'attenzione, l'unico indizio che il soggetto poteva utilizzare era quello di profondità. I risultati hanno evidenziato che la presenza di un distrattore in un diverso piano di profondità rallentava la prestazione rispetto a quando non

c'erano distrattori (TR maggiori nella seconda condizione che nella prima), e che la prestazione peggiore in assoluto si osservava quando i distrattori venivano presentati sullo stesso piano del target (terza condizione). Gli autori hanno concluso che è possibile focalizzare l'attenzione sul piano atteso, che gli elementi dello stesso piano provocano una forte interferenza, e che pure gli elementi dell'altro piano possono interferire con il compito, se pure in misura minore.

L'Esperimento 3 si proponeva di valutare se l'attenzione veniva focalizzata sul piano *cued* allo stesso modo sia nelle condizioni con distrattori che in quelle senza. Queste due condizioni erano presentate in maniera *random* all'interno dello stesso blocco. Il display era simile a quello dell'Esperimento 2, con l'unica differenza che cambiava il colore di tutti gli elementi: essi erano inizialmente tutti rossi e, in seguito, i non target diventavano verdi e gli unici elementi che non cambiavano colore erano il target e i distrattori. I risultati, simili a quelli dell'Esperimento 2, mostravano un'interferenza da parte dei distrattori presentati su altri piani. Un quarto esperimento verificava l'ipotesi che si possa ignorare una singola caratteristica come il colore sul piano *non cued* quando si tratta di un colore diverso da quello del target. In questo esperimento sia il colore che il piano di profondità potevano guidare l'attenzione. A due gruppi di soggetti sono state presentate due versioni diverse dello stesso compito. Un gruppo di soggetti cercava un target rosso fra elementi grigi mentre doveva ignorare distrattori verdi presentati nello stesso o nell'altro piano rispetto al target. L'altro gruppo cercava un target verde ignorando i distrattori rossi. I risultati hanno mostrato che i soggetti che dovevano cercare il target rosso in mezzo agli elementi grigi avevano TR più rapidi rispetto all'altro gruppo. Quando il distrattore era sullo stesso piano, il colore causava interferenza (TR maggiori), diversamente da quanto si osservava se era in un piano diverso.

Riassumendo, l'Esperimento 1 mostrava che è possibile dirigere l'attenzione verso un particolare piano di profondità, e ciò comporta dei benefici, come indicato dalla maggiore velocità dei TR. Gli Esperimenti 2 e 3 evidenziavano che quando il colore del distrattore è lo stesso del target l'interferenza dei distrattori si riduce, ma non si elimina. L'esperimento 4 infine evidenziava che quando i colori di target e distrattore sono diversi ed essi giacciono su piani diversi, la presenza del distrattore non influenza la risposta al target.

5.2 L'orientamento attenzionale durante la guida

È esperienza comune che quando si guida un veicolo, seguendo le indicazioni di un navigatore, l'attenzione decada, così come è noto che un rapido ed efficiente spostamento dell'attenzione tra lo spazio davanti al guidatore e il display dentro il veicolo è di importanza cruciale per la sicurezza.

Uno studio di Miura e colleghi (2002) ha valutato l'influenza di alcune caratteristiche della scena visiva, come quelle che caratterizzano il sistema di navigazione dell'automobile, per determinare quanto esse possano influenzare la sicurezza alla guida. È stato utilizzato un apparecchio lungo 13 m che serviva a simulare la sensazione di essere dentro a un tunnel. I soggetti sedevano su un sedile poggiato su un carrello, le cui vibrazioni simulavano il movimento (come se il soggetto fosse dentro un'automobile in corsa), a due diverse velocità, 40 e 80 km/h. I soggetti guardavano la scena visiva attraverso una lente che amplificava le distanze. La figura 13, tratta dallo studio in questione, mostra l'apparato sperimentale utilizzato.

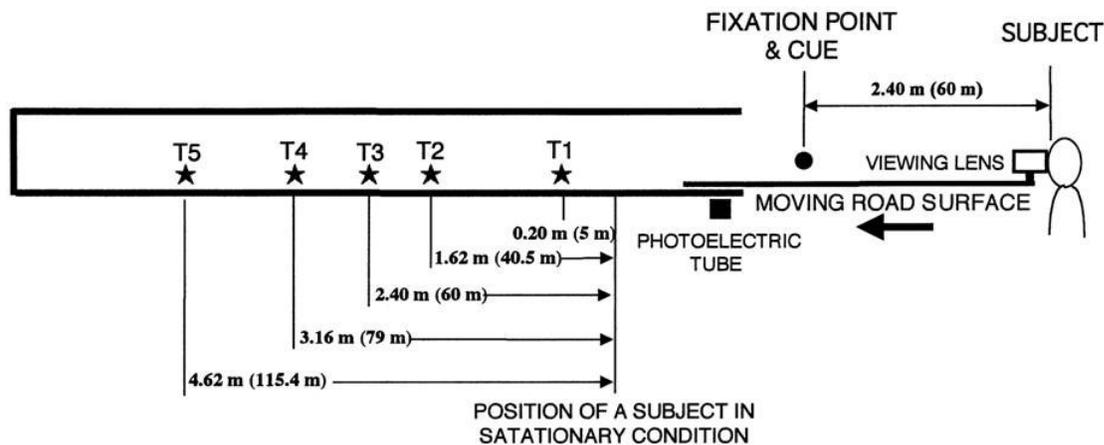


Figura 13. La figura illustra la struttura del simulatore di tunnel utilizzato dagli autori. Tratto da Miura e coll., 2002.

Il target e il punto di fissazione erano presentati lungo la linea centrale del campo visivo dell'osservatore, a diverse profondità. Ai soggetti era chiesto di indicare la posizione del target rispetto al punto di fissazione, ovvero, più vicino, più lontano oppure alla stessa distanza. Il target poteva essere presentato a cinque possibili distanze (0.20 m, 1.62 m, 2.40 m, 3.16 m, 4.62 m) entro 3 cm dalla linea centrale dell'osservatore. Il colore del punto di fissazione fungeva da cue, e indicava se il target sarebbe comparso vicino o lontano rispetto a esso (il verde indicava che sarebbe stato presentato più vicino; il rosso più lontano). Era inoltre prevista una condizione neutra in cui erano presenti due punti di fissazione, uno verde e uno rosso. Il 50% delle prove erano neutre, mentre fra il restante 50%, l'80% erano prove valide e il 20% erano invalide.

I risultati indicavano TR inferiori per target vicini, mentre i maggiori TR erano per target alla stessa distanza del punto di fissazione. Nel confronto tra la condizione statica e la condizione in movimento, il valore medio dei benefici attenzionali in condizioni di movimento era pari a 83 ms, mentre nella condizione statica era 124 ms. Il valore medio dei costi era 14 ms (in movimento) e 50 ms (condizione statica).

Gli autori hanno concluso che l'attenzione, in condizioni statiche, possa operare più rapidamente con eventi attesi (prove valide); tuttavia lo stesso spostamento dell'attenzione dovuto a un evento inatteso (prove invalide) sarebbe maggiormente efficiente in condizioni di movimento. In altre parole, gli Autori suggeriscono che in condizioni statiche si farebbe più affidamento sulle aspettative mentre quando siamo in movimento entrerebbe in atto un meccanismo attenzionale che permetterebbe di fronteggiare più rapidamente eventi inattesi.

Ancora, dal confronto fra le due velocità, all'interno della condizione in movimento, emergeva che nella condizione a 80 km/h i benefici erano maggiori e i costi minori, cosa che, secondo gli autori, indicherebbe che l'aspettativa non valida possa essere cambiata più rapidamente nella condizione ad alta velocità rispetto a quanto si osserva nella condizione a bassa velocità. Così in una situazione di alta velocità l'attenzione potrebbe operare più efficientemente a favore della sicurezza.

L'analisi delle caratteristiche dello spostamento dell'attenzione in profondità ha evidenziato TR minori negli spostamenti attenzionali da posizioni lontane verso quelle vicine, piuttosto che nella direzione opposta; tale differenza era particolarmente accentuata nelle condizioni in movimento, a entrambe le velocità, mentre nella condizione statica non era significativa, come a indicare che le

risorse attenzionali sarebbero più densamente distribuite nell'area vicina al punto di fissazione in condizioni di movimento, piuttosto che quando siamo fermi.

5.3 Orientamento attenzionale endogeno sul piano sagittale

In uno studio di Couyoumdjian e colleghi (2003) è stato valutato se il sistema attenzionale sia in grado di orientare in maniera endogena le risorse attenzionali lungo il piano sagittale a diverse profondità e se, affinché questo avvenga, il cervello debba utilizzare diverse rappresentazioni dello spazio 3D.

L'apparato sperimentale utilizzato era stato costruito in maniera tale da comprendere sia lo spazio peripersonale che quello extrapersonale (vedi capitolo 2, modello di Previc, 1998). Secondo Couyoumdjian e colleghi, poiché lo spazio peripersonale e quello extrapersonale sarebbero caratterizzati da sistemi motori differenti, l'attraversamento del confine che separa il primo dal secondo, da parte del sistema di orientamento dell'attenzione, sarebbe critico per evidenziare l'utilizzo, da parte dell'attenzione, di rappresentazioni spaziali differenti. Di conseguenza, gli Autori ipotizzavano che, nel caso i risultati avessero mostrato che l'orientamento attenzionale dipende dalla porzione di spazio in cui esso si verifica, l'attenzione sarebbe "orientata all'azione".

È stato utilizzato un paradigma endogeno di *cueing* nel quale degli indizi spaziali erano localizzati centralmente attorno al punto di fissazione, e indicavano la posizione del target nel 73% delle prove. Nel 50% delle prove i target venivano presentati all'interno dello spazio peripersonale e nelle restanti prove in quello extrapersonale, assumendo che il confine tra i due spazi fosse localizzabile ad 1 m di distanza dal corpo umano. Poiché, come è noto (p.e., Theeuwes, Atchley e Kramer, 1998), l'attenzione può essere focalizzata su una specifica posizione in profondità, gli autori si aspettavano di osservare risposte più veloci nelle prove valide; inoltre, se diverse rappresentazioni dello spazio, peripersonale ed extrapersonale, sono coinvolte nell'orientamento dell'attenzione in profondità, nelle prove invalide si aspettavano di osservare un effetto dell' "attraversamento dei confini", con TR più lenti per target e cue presentati in porzioni diverse dello spazio rispetto ai TR per target e cue nella stessa porzione dello spazio, a parità di distanze tra cue e target.

L'apparato utilizzato era un parallelepipedo lungo 2 m, aperto da un lato per permettere all'osservatore di guardare dentro (Figura 14). Le posizioni del target erano all'interno di 8 cubi traslucidi, ognuno contenente un LED, posizionati all'altezza degli occhi del soggetto, lungo le pareti interne verticali dell'apparato, 4 sul lato destro e 4 sul sinistro. Si ottenevano così 4 coppie di cubi rispettivamente a 40, 80, 120 e 160 cm dall'osservatore. Il confine tra i due spazi era a metà tra il secondo e il terzo paio di cubi, a 1 m dall'osservatore. I cue erano 8 piccoli LED rossi montati, attorno a punto di fissazione, su una piccola base verticale ad 1 m dall'osservatore, e posizionati secondo una matrice rettangolare 4x2, che riproduceva le possibili posizioni del target (ad esempio, il più alto LED rosso di destra corrispondeva al cubo più lontano di destra). Il cue poteva essere valido, neutro o invalido: in quest'ultimo caso si potevano avere tre diverse condizioni sperimentali: nella prima condizione le posizioni del cue e del target potevano essere a 40 o 80 cm dal soggetto (entrambi nello spazio peripersonale); nella seconda condizione cue e target potevano essere a 120-160 cm dal soggetto (entrambi nello spazio extrapersonale); nella terza condizione se il cue era a 80 cm il target era a 120 cm o viceversa (condizione *cross spaces*). Nella condizione neutrale si accendevano simultaneamente tutti i cue.

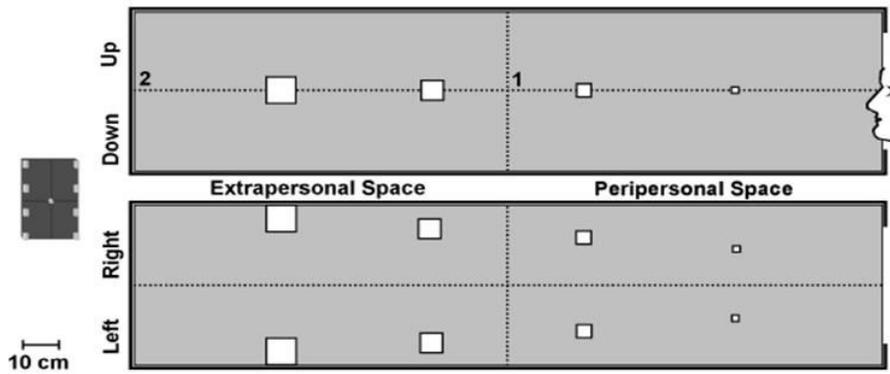


Figura 14. Proiezione ortogonale dell'apparato utilizzato. Il piccolo rettangolo sul lato sinistro rappresenta il punto di fissazione e la disposizione dei cue. I quadrati bianchi all'interno dell'apparato rappresentano le posizioni dei target. Tratto da Couyoumdjian et al., 2003.

I risultati evidenziavano un effetto di validità del cue e un effetto dovuto all'attraversamento del confine tra i due spazi (TR maggiori nelle prove *cross-space*): i TR erano più lenti quando il target veniva presentato in diverse posizioni in uno spazio diverso rispetto al cue, piuttosto che quando le posizioni erano diverse ma nello stesso spazio. Il costo dell'attraversamento del confine era circa di 14 ms, ma non influiva sulla proporzione degli errori.

Un secondo esperimento aveva lo scopo di valutare il ruolo, nell'effetto di attraversamento del confine, della ri-programmazione o dell'esecuzione dei movimenti oculari di vergenza. In questo esperimento la matrice dei cue e il punto di fissazione erano stati spostati indietro, oltre l'ultimo gruppo di cubi, a 2 m di distanza dall'osservatore. Questo accorgimento verificava se l'effetto di attraversamento del confine sui TR osservato nel precedente esperimento fosse attribuibile a un effetto legato alla posizione in profondità del piano di fissazione. In tal caso non si sarebbe dovuto osservare nessun ulteriore costo nelle prove in cui le posizioni di cue e target erano in spazi diversi. I risultati osservati erano simili a quelli dell'Esperimento 1, con un chiaro effetto di validità del cue. Non erano rilevate differenze significative nei TR fra prove neutre e invalide, e permaneva un chiaro effetto di attraversamento del confine.

Infine, gli Autori fanno notare che le prove invalide, all'interno dello spazio peripersonale oppure extrapersonale, coinvolgevano posizioni più vicine/più lontane dall'osservatore, che avrebbero potuto fungere da punti di riferimento generando un effetto di ancoraggio dell'attenzione. Un tale effetto poteva non essere presente nelle prove *cross-space*, perché esse coinvolgevano solo le due coppie centrali di stimoli e generavano TR più lenti. Per controllare questa possibilità, in un terzo esperimento l'effetto del confine tra i due spazi e l'effetto del piano di simmetria venivano dissociati spostando indietro di 40 cm tutti gli stimoli, cosicché il confine tra i due spazi, non più coincidente con il piano di simmetria, fosse ora localizzato fra la prima e la seconda coppia di cubi. Ancora una volta i risultati riportavano TR significativamente più veloci nelle prove valide; inoltre i TR erano più lenti nelle prove *cross-space* che in quelle *cross-symmetry* nello spazio extrapersonale. I risultati confermavano che l'effetto di attraversamento del confine sui TR non era dovuto all'ancoraggio dell'attenzione, supportando l'ipotesi che spostare l'attenzione dallo spazio

peripersonale a quello extrapersonale, o viceversa, implichi l'attivazione di rappresentazioni di spazi diversi e separati, con TR più lenti anche in un semplice compito di detezione.

5.4 Realtà Virtuale e attenzione spaziale in profondità

In uno studio di Maringelli e collaboratori (Maringelli, McCarthy, Steed, Slater, Umiltà, 2001) è stato valutato l'orientamento attenzionale all'interno di un ambiente virtuale tridimensionale. Ai soggetti venivano presentati stimoli a diversa distanza, usando la disparità binoculare come indizio di profondità. Inizialmente i soggetti, all'interno di un ambiente virtuale che rappresentava un giardino, erano incoraggiati a esplorarlo in modo da formarsi una mappa mentale di tale ambiente virtuale. Successivamente veniva somministrato l'esperimento, con un paradigma di *cueing spaziale* (Posner, 1980) con quattro posizioni. I soggetti erano chiamati a rispondere il più velocemente possibile alla comparsa di un target preceduto da un cue periferico, che potevano essere presentati a destra o sinistra, a due diverse profondità.

Due diversi gruppi di soggetti erano assegnati a due differenti condizioni: nella prima (*body condition*), l'ambiente virtuale conteneva una rappresentazione del corpo del soggetto; nella seconda (*no-body condition*), tale rappresentazione non era presente. Mentre nella condizione *body* i soggetti erano consapevoli della distanza degli oggetti vicini e lontani rispetto al proprio corpo, nella condizione *no-body* i soggetti erano consapevoli della distanza tra i due piani di profondità, ma non (o in misura inferiore) della distanza relativa degli stimoli dal loro corpo. Gli autori si aspettavano che la rappresentazione corporea determinasse automaticamente una normale distribuzione delle risorse attenzionali sul tronco e sulle gambe virtuali, e che nella condizione *no-body* i soggetti non fossero in grado di ancorare la loro attenzione a una rappresentazione corporea all'interno dell'ambiente.

I risultati, in accordo con le ipotesi, evidenziavano che nella condizione *body* le risorse attenzionali dei soggetti erano principalmente focalizzate nello spazio vicino, mostrando, nelle prove invalide, una maggiore difficoltà nel *disengagement* dallo spazio vicino e nel *re-engagement* nello spazio lontano. Nella condizione *no-body*, invece, tale asimmetria era presente, ma a favore delle posizioni più distanti (costi maggiori negli spostamenti attenzionali dallo spazio lontano a quello vicino). L'interpretazione proposta dagli Autori prevedeva l'esistenza di due sistemi attenzionali, uno per lo spazio che rientra nella distanza di *reach*, e che opera in coordinate egocentriche, e l'altro selettivo per lo spazio più distante, che opererebbe in coordinate allocentriche.

5.5 Selezione attenzionale *object-based* e *space-based* nello spazio tridimensionale

Atchley e Kramer (2001) hanno valutato quanto gli spostamenti dell'attenzione in profondità siano influenzati da caratteristiche spaziali (*space-based*), e quanto da caratteristiche basate sugli oggetti presenti nel setting visivo (*object-based*). Poiché è noto che i costi per ri-agganciare l'attenzione da una posizione a un'altra nello spazio 2D possono essere ridotti o eliminati se questa è focalizzata su un oggetto (Baylis & Driver, 1992; Duncan, 1984; Egly, Driver, Rafal, 1994; Kramer & Jacobson, 1991; Vecera, 1994; Watson & Kramer, 1999), Atchley e Kramer (2001) hanno valutato se tale risultato potesse essere osservato anche in setting tridimensionali.

E' stato utilizzato un display stereoscopico che mostrava in 3D coppie di tubi attaccati a una parete. Alcune coppie erano costituite da tubi inclinati, che quindi si sviluppavano in profondità. Altre erano costituite da due tubi non inclinati ma posti a profondità diverse l'uno rispetto all'altro.

Compito del soggetto era rilevare la presenza di uno o due target (delle crepe sulla superficie del tubo) sullo stesso o su un diverso oggetto (i.e., tubo). La figura 15 mostra un esempio del display utilizzato in questo studio. Gli autori ipotizzavano che i costi osservati per ri-agganciare l'attenzione da una posizione in profondità a un'altra potessero essere ridotti o eliminati se l'attenzione veniva diretta verso un oggetto che si estendeva in profondità. I risultati di questo primo esperimento hanno confermato le ipotesi: il costo per estrarre le caratteristiche a diverse profondità si annullava quando i target si trovavano su un solo oggetto, come a indicare che la componente *object-based* fosse in grado di operare anche in profondità.

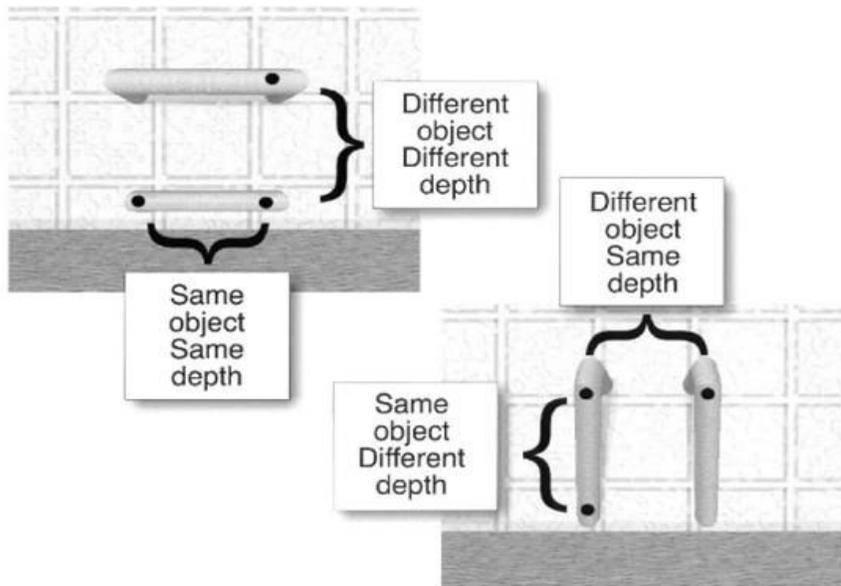


Figura 15. La figura mostra un esempio del display utilizzato. Tratto da Atchley & Kramer, 2001.

Nel secondo esperimento sono stati introdotti cue esogeni per valutare se la componente attenzionale *object-based* potesse essere influenzata o annullata da quella *space-based*. I target venivano preceduti da cue esogeni che non erano spazialmente informativi, e che quindi non determinavano l'intervento di fattori *top down*. I risultati di questo esperimento erano simili a quelli del precedente. Nonostante i cue esogeni fossero stati efficaci, si osservarono gli stessi effetti attenzionali basati sull'oggetto, osservati nel primo esperimento. Le prestazioni erano più accurate se il target era vicino al cue. I costi per spostare l'attenzione in profondità erano osservati principalmente quando si spostava l'attenzione fra oggetti. Se i target venivano presentati a una diversa profondità e su oggetti diversi, i soggetti facevano meno errori rispetto a quando erano alla stessa profondità. Quando la componente *space-based* poteva operare spostandosi fra oggetti, la prestazione migliorava se le posizioni di quegli oggetti erano anche separate in profondità.

Nel terzo esperimento sono stati impiegati dei cue informativi al 75% per creare una forma più forte di selezione spaziale: nonostante l'effetto del cue sui risultati fosse più forte, permaneva un forte effetto *object-based*. La detezione era più veloce e accurata quando i target erano parti dello stesso oggetto. Gli effetti del cue interagivano con la posizione del target sullo stesso oggetto o su oggetti diversi. Quando i target erano sullo stesso oggetto le risposte erano più lente nelle prove invalide. Ad ogni modo, quando i target erano su oggetti diversi, l'effetto di validità del cue non era

significativo. Un tale pattern di risultati è stato interpretato dagli autori come prova che quando l'attenzione è diretta verso una posizione nello spazio può anche distribuirsi agli oggetti vicini. Quando il target era sullo stesso oggetto, e il cue era valido, distribuire l'attenzione su un oggetto determinava un vantaggio perché portava a riconoscere il target, che era distante dal cue, ma sempre sull'oggetto *cued*.

In un quarto esperimento gli autori volevano verificare se un *cueing* spaziale in assenza di *cueing* dell'oggetto avrebbe influenzato la prestazione: i risultati hanno evidenziato che la grandezza dell'effetto *object-based* diminuiva in presenza di cue spaziale, perciò quando il cue era valido e puramente spaziale l'effetto *object-based* persisteva, ma era ridotto. La metodologia adottata faceva in modo che i pre-cue spaziali indicassero regioni dello spazio, non oggetti. Essi mostrarono di avere un chiaro effetto sull'attenzione.

Riassumendo, i risultati di questo studio confermavano che i processi attenzionali possano operare anche in profondità, e indicavano anche che il costo che si osserva quando l'attenzione si muove fra diverse posizioni in profondità può essere influenzato dal fatto di spostare l'attenzione fra oggetti differenti. L'attenzione, infatti, si distribuirebbe equamente sulle superfici degli oggetti, indipendentemente dal fatto che queste si estendano in profondità, riducendo così i costi necessari per spostarsi sull'asse z. Inoltre, la componente *object-based* sembrerebbe interagire con quella *space-based* sebbene non sia chiaro che tipo di rapporto esista fra di esse.

5.6 L'inibizione di ritorno nello spazio 3D

Mentre parecchi studi negli ultimi anni hanno valutato le proprietà dell'orientamento spaziale nello spazio 3D (Atchley e Kramer, 2001; Couyoumdjian, Di Nocera, e Ferlazzo, 2003; Han, Wan, e Humphreys, 2005; Miura, Shinohara, & Kanda, 2002; Moore, Elsinger, e Lleras, 2001; Robertson e Kim, 1999; Theeuwes, Atchley, e Kramer, 1998; Tse, 2005), evidenziando che l'effetto di facilitazione può essere osservato su specifiche posizioni in profondità, circa l'occorrenza della IOR non vi è ancora un accordo generale (Casagrande et al., sottoposto per pubblicazione; Bourke et al., 2006; Theeuwes e Pratt, 2003).

Theeuwes e Pratt (2003) hanno utilizzato un display stereoscopico che mostrava quattro rettangoli, orientati verticalmente, ciascuno diviso in due parti da una linea centrale. Essi erano disposti su due livelli di profondità, con due rettangoli (uno a destra e uno a sinistra rispetto al punto di fissazione) a una profondità vicina, e gli altri due a una profondità lontana rispetto all'osservatore. La coppia di rettangoli vicina e quella lontana avevano virtualmente le stesse coordinate XY, e apparivano separate in profondità grazie all'uso di occhiali stereoscopici. I soggetti fissavano il centro dello schermo, che mostrava i quattro rettangoli. Successivamente, uno dei rettangoli lampeggiava brevemente per 33 ms per indicare la successiva comparsa del target, che consisteva nella scomparsa di alcuni dei segmenti che componevano uno dei rettangoli, di modo che la parte rimanente indicasse una lettera S o una H. Ai soggetti era chiesto di compiere una discriminazione premendo due tasti differenti. I risultati di questo studio, in accordo con la precedente letteratura, hanno evidenziato un effetto di facilitazione a SOA breve sul piano z, mentre al SOA lungo nessuna IOR sul piano z: l'inibizione di ritorno era ugualmente forte su entrambi i piani di profondità quando cue e target avevano le stesse coordinate XY. Gli autori hanno concluso che la IOR non fosse sensibile al piano di profondità.

Uno studio successivo (Bourke et al., 2006), ha messo in discussione i risultati di Theeuwes e Pratt (2003): secondo Bourke e collaboratori, l'aver presentato i rettangoli a diverse profondità alle stesse coordinate XY faceva sì che i rettangoli sul piano anteriore occludessero parzialmente quelli sul piano posteriore, e questo potrebbe, secondo gli autori, aver influenzato i risultati mascherando la presenza di un effetto di IOR in profondità. Per questo motivo, apportando alcune modifiche al display utilizzato da Theeuwes e Pratt (2003), sono stati eseguiti due esperimenti (Figura 16). Nel primo sono state modificate le posizioni XY dei rettangoli sul piano posteriore in modo che questi non fossero più sovrapposti a quelli sul piano anteriore. I risultati hanno evidenziato che quando target e cue erano presentati su lati diversi dell'emicampo visivo (inibizione sul piano orizzontale) l'effetto di IOR era pari a 23 ms, e che quando erano su lati diversi ma anche a diversa profondità la IOR era ancora significativa, ma ridotta (13 ms).

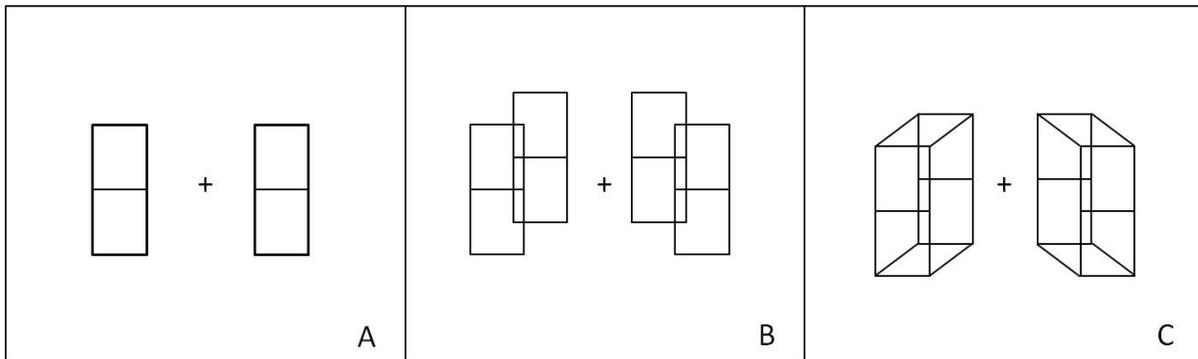


Figura 16. In A è rappresentato il display utilizzato nello studio di Theeuwes e Pratt (2003), con i rettangoli sul piano anteriore sovrapposti a quelli sul piano posteriore. In B è rappresentato il display dell'Esperimento 1 di Bourke et al. (2006) e in C quello dell'Esperimento 2 dello stesso studio.

Gli autori hanno concluso che si trattasse di un effetto della IOR *object-based* (Tipper e Weaver, 1998), e che questa fosse sensibile al piano di profondità. Per confermare questa ipotesi gli autori hanno eseguito un secondo esperimento in cui i rettangoli sul piano anteriore e quelli sul piano posteriore venivano uniti con dei segmenti obliqui sui bordi, in modo da formare dei cuboidi che si estendessero in profondità, uno a destra e uno a sinistra del punto di fissazione. In questo caso, cue e target, indipendentemente dal piano di profondità su cui erano presentati, sarebbero stati sempre all'interno dello stesso oggetto, il cuboide. In accordo con le ipotesi, gli stessi effetti di IOR erano osservati in entrambi i livelli di profondità. Inoltre, rispetto a quanto osservato nel primo esperimento, l'effetto di IOR era più forte, probabilmente, secondo gli autori, a causa di un effetto additivo delle due componenti *location-based* e *object-based*. Infatti, è noto che quando esse si presentano simultaneamente gli effetti di IOR sono maggiori rispetto a quando sono separate (Tipper & Weaver, 1998). Bourke e colleghi hanno concluso che la IOR *space based* sarebbe insensibile al piano di profondità mentre la componente *object-based* della IOR opererebbe utilizzando una rappresentazione tridimensionale dello spazio.

Recentemente sono state avanzate una serie di critiche (Casagrande, Barbato, Mereu, Martella, Marotta, Theeuwes, Collinson, sottoposto per pubblicazione) ai due studi sopra citati (Theeuwes & Pratt, 2003; Bourke, Partridge, Pollux, 2006). La prima era rivolta alla conclusione avanzata nello studio di Bourke et al. (2006), secondo la quale la componente *location-based* della IOR sarebbe

cieca alla profondità. Secondo Casagrande e colleghi tale conclusione non sembrerebbe sufficientemente supportata dai risultati in quanto, in entrambi gli esperimenti, gli stimoli venivano sempre presentati all'interno di oggetti (box rettangolari), e una condizione di controllo in cui non fossero presenti degli oggetti, fondamentale per valutare la componente *location-based* indipendentemente dalla *object-based*, non era prevista. Inoltre, l'assenza di una condizione di controllo in cui la stessa situazione sperimentale fosse proposta in versione bidimensionale, condizione che invece era prevista nello studio di Theeuwes e Pratt (2003), non permetterebbe di escludere la possibilità che i risultati del loro primo esperimento fossero stati influenzati dall'aumentata separazione orizzontale fra i box anteriori e posteriori, e quindi dovuti al fatto che il gradiente d'inibizione decresce allontanandosi dalla posizione indicata dal cue (Maylor & Hockey, 1985). Casagrande e colleghi fanno anche notare che in entrambi gli studi era stato utilizzato un compito di discriminazione, assumendo implicitamente che tali risultati possano essere estesi anche ad altri tipi di compito, ad esempio la semplice detezione. Ancora, contrariamente a quanto avviene nei paradigmi di cueing bidimensionali, era stato utilizzato un unico SOA (883 ms nello studio di Theeuwes e Pratt, 2003; 900 ms in quello di Bourke et al., 2006) che, riducendo l'incertezza temporale circa la comparsa del target, avrebbe potuto influenzare il pattern di risultati osservato, aumentando la percentuale di risposte anticipate. Di conseguenza, per chiarire le dinamiche degli effetti di IOR in una scena tridimensionale, Casagrande e collaboratori hanno eseguito tre esperimenti nei quali hanno valutato separatamente le componenti *object-* e *location-based*. Ciascuno consisteva di tre blocchi di prove che sono stati analizzati separatamente. Il primo blocco rappresentava la condizione tridimensionale stereoscopica, nella quale sono stati utilizzati indizi di profondità sia monoculari che binoculari. Il display mostrava l'interno di una stanza vuota, con il pavimento, il soffitto e le pareti a scacchiera. Gli altri due blocchi erano delle condizioni bidimensionali di controllo. La prima utilizzava lo stesso display del blocco 3D (quindi aveva gli indizi monoculari di profondità), ma non utilizzava immagini stereoscopiche. Questa condizione serviva a verificare se i soli indizi monoculari di profondità fossero sufficienti a determinare un efficace senso di profondità. La seconda condizione di controllo era bidimensionale pura, con stimoli presentati su uno sfondo grigio uniforme, e controllava in particolar modo l'influenza dell'eccentricità e della grandezza degli stimoli sui risultati. La figura 17 mostra un esempio della procedura utilizzata.

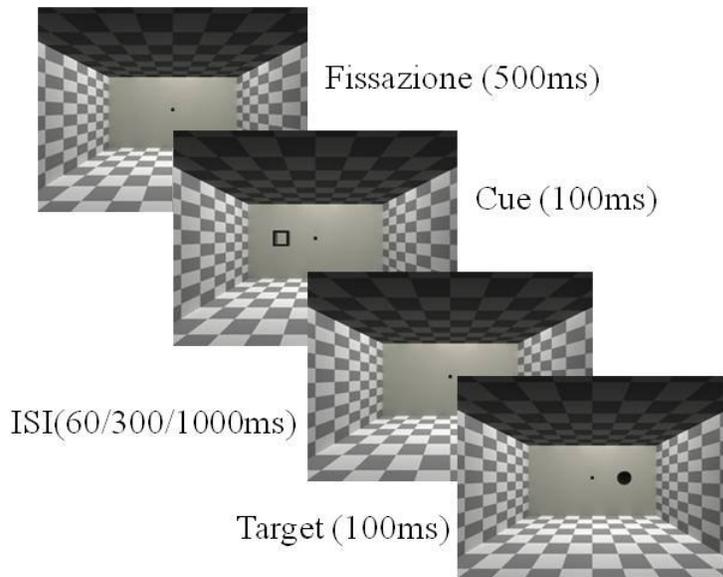


Figura 17. La figura mostra un esempio della successione delle immagini sul display (tratto da Casagrande e coll. *submitted*). In particolare, le immagini rappresentano una condizione con target alla stessa profondità del cue ma in un emicampo diverso.

In tutti e tre gli esperimenti il compito utilizzato era quello di detezione. La differenza cruciale fra i tre esperimenti era che nel primo caso, per valutare la componente *location-based*, gli stimoli venivano presentati in assenza di oggetti che li contenessero, mentre negli altri due cue e target erano presentati all'interno di oggetti tridimensionali per valutare la componente *object-based* (Esperimento 2) e le due componenti *object* e *location* insieme (Esperimento 3). Gli oggetti in questione erano due parallelepipedi che, nel primo caso (Esperimento 2), si estendevano in profondità, mentre nel secondo caso (Esperimento 3) si sviluppavano lungo l'asse x, ciascuno occupando un preciso livello di profondità, senza svilupparsi in essa. La figura 18 mostra il display utilizzato.

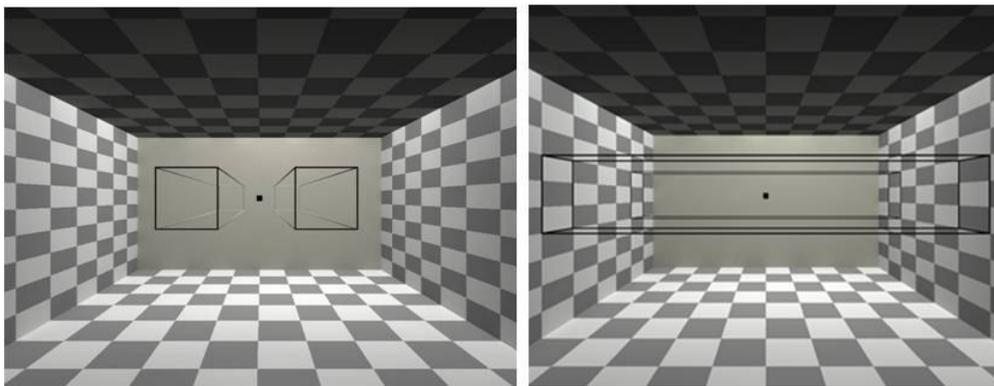


Figura 18. La figura mostra il display utilizzato nell'Esperimento 2 (parallelepipedi che si estendono in profondità) e nell'Esperimento 3 (parallelepipedi a diverse profondità) dello studio di Casagrande e collaboratori (sottoposto per pubblicazione).

I risultati di questo studio evidenziavano effetti della componente *location-based* della IOR specifici per il piano di profondità indicato dal cue (Esperimenti 1 e 3). Inoltre, l'Esperimento 2 mostrava un effetto della componente *object-based* della IOR in profondità.

È interessante notare che in questo studio, nonostante a due SOA lunghi (400 e 1100 ms) sia stato affiancato un SOA breve (160 ms), non erano osservati effetti di facilitazione rispetto al piano bidimensionale. Tuttavia osservare la IOR sul piano bidimensionale con una SOA breve non è un fatto inusuale. Alcuni autori (p.e., Maruff e coll., 1999), infatti, sostengono che facilitazione e IOR siano due effetti indipendenti l'uno dall'altro. In particolare, l'occorrenza dell'effetto di facilitazione sarebbe influenzata dalla durata del cue e del target (p.e., Berlucchi et al., 1989; Maruff et al., 1999). È stato, infatti, mostrato che la facilitazione si evidenzia con maggiore probabilità quando il cue rimane visibile fino alla scomparsa del target, oppure quando il target rimane sullo schermo finché il soggetto non risponde (p.e., Berlucchi et al., 1989; Tassinari et al., 1989; 1994; 1996). In questo studio non c'era sovrapposizione temporale tra cue e target, l'intervallo minimo tra loro era di 60 ms, e la presentazione del target durava 100 ms, a prescindere dall'emissione o meno della risposta da parte del soggetto.

Riassumendo, la conclusione di Casagrande e collaboratori è stata che sia la componente *object-based* che quella *location-based* della IOR sarebbero sensibili al piano di profondità.

5.7 Conclusioni

Data la complessità dell'ambiente che ci circonda, se non fossimo dotati di meccanismi adattivi altamente efficienti, persino attività elementari come la semplice ricerca visiva di un target, metterebbero quotidianamente a dura prova le nostre risorse cognitive. Poiché l'ambiente in cui viviamo presenta tre dimensioni, un sistema attenzionale che funzionasse utilizzando soltanto rappresentazioni spaziali bidimensionali non ci permetterebbe di rispondere in maniera efficace agli stimoli in ingresso.

Da un punto di vista pratico, è certamente più economico valutare i meccanismi attenzionali senza far ricorso a display stereoscopici o apparecchiature di realtà virtuale. Ciononostante, è importante verificare che i meccanismi osservati finora solo con display bidimensionali, siano gli stessi che si osservano nello spazio 3D. Solo in quel caso l'utilizzo esclusivo, vantaggioso dal punto di vista metodologico, di display bidimensionali, che rappresentano una versione molto semplificata della realtà, sarebbe giustificato.

Sebbene negli ultimi decenni un crescente numero di ricerche abbia valutato con scene tridimensionali l'occorrenza di alcuni effetti dell'orientamento attenzionale, molti altri aspetti devono ancora essere indagati. Ci siamo occupati di alcuni fra questi in tre studi che verranno descritti nei capitoli successivi.

Nel primo studio (Capitolo 6) abbiamo cercato di verificare l'importanza del tipo di compito nell'occorrenza di effetti di IOR in 3D, e per questo abbiamo ripetuto l'Esperimento 1 di Casagrande e collaboratori (sottoposto per pubblicazione) utilizzando un compito di discriminazione di forma e uno di discriminazione di posizione spaziale. Questi due tipi di compito sono noti per avere una differente efficacia nell'evidenziare effetti di IOR.

Nel secondo studio (Capitolo 7) abbiamo valutato se l'effetto di inibizione di ritorno in profondità subisca l'influenza del calo di vigilanza che si osserva quando si utilizza un paradigma di veglia protratta. Abbiamo scelto di utilizzare questo paradigma perché riteniamo che comprendere le caratteristiche dell'orientamento attenzionale, in seguito a una modesta riduzione di sonno, abbia

delle importanti implicazioni pratiche, rappresentando ciò che accade nella vita reale quando si richiede a qualcuno di rimanere sveglio per 24 ore (es. un medico in terapia intensiva, un vigile del fuoco durante operazioni di evacuazione, un pilota durante un'operazione militare)(Barger et al., 2006; Tsai et al., 2005).

Nel terzo studio (Capitolo 9) abbiamo verificato l'esistenza dell'effetto di compatibilità spaziale, noto come *effetto Simon* (Simon, 1969), sul piano di profondità. Considerando che esso implica la codifica spaziale e la formazione di mappe spaziali della scena visiva, che riguardano sia la localizzazione dello stimolo sia la programmazione della risposta, abbiamo valutato gli effetti della corrispondenza fra posizione tridimensionale di stimolo ed effetto di risposta quando sono collocati nello spazio vicino e lontano.

Capitolo 6. Effetti di Inibizione di Ritorno in compiti di discriminazione

Il manifestarsi dell'effetto di IOR (Posner e Cohen, 1984) è fortemente dipendente dal tipo di compito utilizzato (si veda Capitolo 5). Compiti come discriminazione di forma, colore, grandezza, orientamento, e luminanza sono considerati difficili (p.e. Gabay, Chica, Charras, Funes e Henik, 2011) e sono stati indicati come meno adatti di altri a evidenziare tale effetto (Terry, Valdes e Neill, 1994; Tanaka e Shimojo, 1996), poiché richiederebbero un intervallo maggiore fra cue e target affinché la IOR si verifici (Lupiáñez et al., 1997). I compiti di detezione e di discriminazione di posizione (o localizzazione) sembrerebbero, invece, i più indicati (Maylor, 1985; Klein & Taylor, 1994; Muller & von Muhlenen, 1996; Schmidt, 1996; Terry et al., 1994).

Nonostante l'effetto di facilitazione in profondità sia stato più volte osservato (p.e., Atchley e Kramer, 2001; Theeuwes, Atchley e Kramer, 1998; Theeuwes e Pratt, 2003), l'effetto di IOR è stato preso in considerazione solamente da tre studi (Theeuwes e Pratt, 2003; Bourke et al., 2006; Casagrande e coll. sottoposto per pubblicazione) con risultati controversi. Mentre i primi due studi hanno utilizzato un compito di discriminazione, il terzo studio ha utilizzato un compito di detezione e ha evidenziato, in accordo con le ipotesi e con alcuni studi precedenti (p.e., Maylor, 1985; Klein & Taylor, 1994; Muller & von Muhlenen, 1996), effetti di IOR in profondità. L'assenza di effetti di IOR *location-based* in profondità negli studi di Theeuwes e Pratt (2003) e Bourke et al. (2006), è stata in parte attribuita al tipo di compito utilizzato (Casagrande e coll. sottoposto per pubblicazione).

Nei prossimi paragrafi verranno descritti due esperimenti. Nel primo, abbiamo deciso di verificare se l'utilizzo di un compito di discriminazione di forma può essere determinante nell'osservare effetti di IOR in profondità. Per fare ciò, abbiamo ripetuto l'Esperimento 1 di Casagrande e colleghi mantenendo identiche le condizioni e le figure utilizzate, con la sola differenza che il compito dei soggetti era discriminare fra due target di forme diverse.

Inoltre (secondo esperimento), poiché il compito di localizzazione, che dovrebbe comportarsi al pari di quello di detezione nell'evidenziare effetti di IOR (p.e. Klein e Taylor, 1994), non era mai stato utilizzato nello studio dell'orientamento attenzionale nello spazio 3D, l'Esperimento 1 di Casagrande è stato ripetuto utilizzando un compito di localizzazione.

In entrambi gli esperimenti abbiamo utilizzato un paradigma di cueing attenzionale con due blocchi di prove separati: uno prevedeva la presentazione di immagini stereoscopiche e l'altro utilizzava immagini bidimensionali. La presenza di una condizione di controllo bidimensionale era fondamentale per assicurarsi che eventuali effetti osservati a diverse posizioni spaziali fossero da attribuire alla profondità degli stimoli e non ad altri fattori come eccentricità o grandezza degli stessi.

6.1 Esperimento 1: Discriminazione di forma

In questo studio ai soggetti si chiedeva di discriminare, premendo due tasti differenti, due target di forma diversa. Ci aspettavamo di osservare effetti di inibizione di ritorno sul piano bidimensionale in entrambi i blocchi di prove (bidimensionale e tridimensionale) e, in accordo con la precedente letteratura (p.e., Lupiáñez et al., 1997) per cui la IOR necessiterebbe di un SOA più lungo per verificarsi in questo tipo di compiti, solo al SOA più lungo fra quelli utilizzati (1100 ms). Inoltre, data l'assenza di effetti di IOR *location-based* in profondità negli studi precedenti che avevano utilizzato un compito di discriminazione (Theeuwes e Pratt, 2003; Bourke, Partridge e Pollux, 2006), ci aspettavamo di non osservare effetti di IOR specifici per la profondità.

6.1.1 Metodo

Partecipanti

Hanno preso parte volontariamente all'esperimento 14 studenti universitari, di età compresa tra i 19 e i 30 anni, con visione normale o corretta. Tutti i soggetti erano destrimani (Quoziente di Preferenza Laterale $\geq .80$), come indicato da un questionario standard (Salmasso e Longoni, 1985). La selezione dei partecipanti era basata sul superamento del test di *screening* per la profondità, che permette di selezionare solo coloro che la percepiscono. Non sono stati inoltre ammessi allo studio i partecipanti che avevano già partecipato a un esperimento simile.

Apparato

Gli stimoli venivano presentati su un computer Pentium 4 con uno schermo di 21 pollici ad alta definizione. La presentazione degli stimoli e la registrazione delle risposte erano controllate dal software E-prime (Psychology Software Tools Inc., Pennsylvania, USA, 1996). Le risposte venivano registrate da una tastiera standard. Gli stimoli sono stati creati usando un pacchetto commerciale di rendering 3D (Cinema 4D). La stereopsi era garantita dall'uso di occhiali a lenti oscure della NuVision (MacNaughton & Co.).

Stimoli

Display visivi differenti sono stati utilizzati nei due blocchi di prove a seconda che la condizione fosse 2D o 3D. Nella condizione 3D gli stimoli erano presentati all'interno di una scena complessa che rappresentava l'interno di una stanza. Le pareti e il pavimento della scena erano state create con un software di grafica 3D e presentavano un ricco set di indizi monoculari (luci, ombre, gradiente di tessitura, prospettiva lineare, grandezza relativa) che rendevano la scena più realistica. Il punto di fissazione si trovava al centro della scena. Gli stimoli potevano essere presentati a 4.5° oppure a 2° di eccentricità (a seconda che fossero nelle posizioni vicine o lontane) a destra o a sinistra del punto di fissazione. Il cue era costituito da una cornice quadrata di colore nero mentre il target era una sfera o una piramide di colore nero. Essi occupavano un'area di 2° x 2° quando presentati nella posizione più vicina, e un'area di 1° x 1° quando erano nella posizione lontana. In questa condizione la percezione tridimensionale era garantita dalla presentazione di immagini stereoscopiche, viste attraverso appositi occhiali.

Nella condizione 2D, invece, gli stimoli venivano presentati su un semplice sfondo grigio uniforme. Il cue e il target erano identici a quelli della condizione 3D (con l'unica differenza che erano bidimensionali) e le possibili posizioni di comparsa erano le stesse.

Procedura

Dopo aver firmato un modulo di consenso informato, ai partecipanti era chiesto di sedere di fronte al computer e mantenere lo sguardo fisso al centro dello schermo evitando movimenti della testa o del collo. Venivano mostrati loro alcuni esempi di immagini stereoscopiche e gli occhiali a lenti oscurate.

Subito dopo veniva somministrato il compito di discriminazione. Due diverse condizioni erano previste in due blocchi di prove separati, uno con immagini tridimensionali stereoscopiche viste attraverso gli occhiali 3D, e l'altro con immagini bidimensionali, che quindi non prevedeva l'utilizzo di occhiali. Ciascun blocco di prove era della durata di 10 minuti e comprendeva 240 trials, con il 20% di *catch trials*. L'ordine di presentazione dei blocchi era randomizzato fra i soggetti. Ai soggetti era chiesto di indicare se il target presentato fosse una sfera o una piramide premendo due tasti differenti (h oppure b) sulla tastiera del computer. Il target poteva essere presentato a due livelli di profondità, a destra o a sinistra, così 4 posizioni erano possibili. Ciascuna prova iniziava con la presentazione del punto di fissazione per 500 ms, seguito dal cue per 100 ms. Il cue non era predittivo circa la posizione di comparsa del target: le quattro posizioni (vicino a destra, vicino a sinistra, lontano a destra, lontano a sinistra) erano ugualmente probabili. Dopo la scomparsa del cue, l'intervallo che precedeva il target poteva durare 60, 300 o 1000 ms, a seconda della condizione di SOA (160, 400, 1100 ms). Il target era poi presentato per 100 ms e ai soggetti era chiesto di rispondere il più rapidamente e accuratamente possibile. Se entro 1000 ms dalla comparsa del target nessuna risposta veniva emessa, la prova successiva aveva inizio.

6.1.2 Disegno sperimentale

I due blocchi di prove sono stati separatamente analizzati. Questo studio aveva un disegno a tre fattori per misure ripetute. Il primo fattore era il *SOA*, che poteva essere 160, 400 o 1100 ms.

Il secondo fattore era l'*Emicampo* (Stesso/Diverso), ovvero il lato (destro o sinistro) di presentazione del target rispetto al cue.

Il terzo fattore era la *Profondità* (Stessa/Diversa), ovvero la posizione in profondità del target rispetto al cue. Naturalmente, quando si fa riferimento alla Profondità nel blocco di prove bidimensionale, poiché le immagini presentate erano piatte, ci si riferisce semplicemente alla distanza degli stimoli dal centro dello schermo o alla loro diversa grandezza relativa.

Un'ANOVA a tre fattori per misure ripetute è stata eseguita sulle medie dei TR delle risposte corrette. Le prove in cui i soggetti impiegavano meno di 300 ms o più di 1000 ms per rispondere sono state escluse dalle analisi. Per l'analisi post hoc delle medie è stato utilizzato il test di Duncan.

6.1.3 Risultati

Nella tabella 2 sono riportate le medie (\pm DS) dei TR per ciascuna condizione sperimentale.

| | BLOCCO 3D | | | | BLOCCO 2D | | | |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | STESSO EMICAMPO | | DIVERSO EMICAMPO | | STESSO EMICAMPO | | DIVERSO EMICAMPO | |
| | StProf | DivProf | StProf | DivProf | StProf | DivProf | StProf | DivProf |
| SOA 160 | 530.41 (61.15) | 529.94 (53.41) | 538.54 (73.39) | 549.74 (71.96) | 516.37 (47.89) | 519.36 (61.45) | 531.89 (48.04) | 530.77 (74.46) |
| SOA 400 | 535.62 (60.30) | 561.01 (62.42) | 537.18 (59.55) | 548.60 (60.83) | 528.33 (64.15) | 544.60 (51.77) | 522.49 (55.52) | 533.13 (50.86) |
| SOA 1100 | 564.92 (75.73) | 574.46 (57.24) | 558.40 (52.19) | 552.83 (72.54) | 554.21 (63.03) | 550.38 (51.04) | 524.50 (48.79) | 534.74 (44.39) |

Tabella 2. Nella tabella sono riportate medie e deviazioni standard per ogni condizione nell'esperimento con compito di discriminazione di forma.

Blocco 3D

L'ANOVA *SOA* (160/400/1100) x *Emicampo* (Stesso/Diverso) x *Profondità* (Stessa/Diversa) condotta sulle medie dei TR, ha evidenziato un effetto principale del *SOA* ($F_{2,26}=7.37$; $p < .01$), con tempi di reazione più rapidi al *SOA* di 160 ms (537 ms), rispetto al *SOA* di 1100 ms (563 ms). Anche la *Profondità* è risultata significativa ($F_{1,13}=10.74$; $p < .01$), con TR più rapidi quando il target era presentato alla stessa profondità del cue (544 ms) rispetto a quando era presentato a una profondità diversa (552 ms). Inoltre, un'interazione *SOA* x *Emicampo* ($F_{2,26}=3.47$; $p < .05$; figura 19) ha evidenziato una tendenza, non significativa verso la facilitazione ($p=.09$) a *SOA* di 160 ms e verso l'inibizione ($p=.08$) a *SOA* di 1100 ms.

Tutte le altre interazioni non sono risultate significative ($F < 2$). Le percentuali di errore sono riportate nella tabella 3.

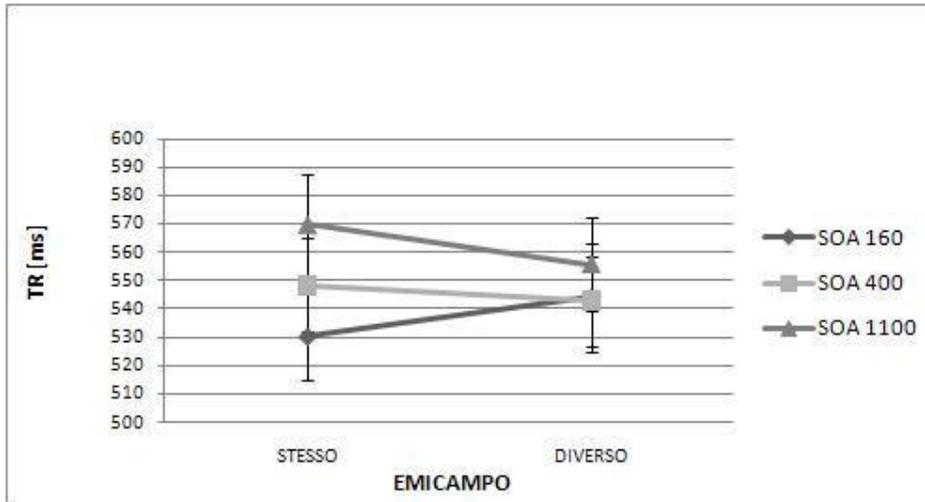


Figura 19. Nel Blocco 3D l'interazione *SOA x Emicampo* ha evidenziato una tendenza, non significativa verso la facilitazione ($p=.09$) a SOA di 160 ms e verso l'inibizione ($p=.08$) a SOA di 1100 ms.

Blocco 2D

L'ANOVA *SOA* (160/400/1100) x *Emicampo* (Stesso/Diverso) x *Profondità* (Stessa/Diversa) condotta sulle medie dei TR, ha evidenziato un effetto principale del *SOA* ($F_{2,26}=4.45$; $p<.05$), con tempi di reazione più rapidi al SOA di 160 ms (525 ms), rispetto al SOA di 1100 ms (541 ms; $p<.01$). Inoltre, l'interazione *SOA x Emicampo* ($F_{2,26}=5.46$; $p=.01$) è risultata significativa e l'analisi post hoc delle medie ha evidenziato TR più rapidi (529.63 ms vs 552.30 ms; $p<.02$) quando il target era presentato in un emicampo diverso rispetto a quando era presentato nello stesso emicampo del cue, solo a SOA di 1100 ms.

Tutte le altre interazioni non sono risultate significative ($F<1$). Le percentuali di errore sono riportate nella tabella 3.

| | Risposte ai Catch trials | Risposte Anticipate | Omissioni | Errori |
|-----------|--------------------------|---------------------|-----------|--------|
| Blocco 2D | 0% | 0% | 1% | 11% |
| Blocco 3D | 0% | 0% | 2% | 12% |

Tabella 3. La tabella riporta le percentuali di errore per entrambi i blocchi di prove nel compito di discriminazione di forma.

6.1.4 Discussione

Questo esperimento ha valutato gli effetti di IOR sul piano 2D e 3D con un compito di discriminazione di forma. In particolare, è stata utilizzata la stessa procedura, ma un compito diverso, di uno studio precedente (Casagrande, Barbato, Mereu, Martella, Marotta, Theeuwes e Collinson, sottoposto per pubblicazione). I risultati non hanno evidenziato effetti di IOR specifici per la profondità. Piuttosto, nel blocco tridimensionale, l'effetto principale della *Profondità* sembrerebbe indicare una facilitazione, come mostrato dai TR più rapidi nelle prove in cui cue e target sono presentati alla stessa profondità, rispetto a quando presentati a profondità diversa,

indipendentemente dall'emicampo di presentazione e dal SOA. Per quanto riguarda gli effetti sull'asse orizzontale, sebbene ci sia una tendenza alla facilitazione a SOA breve (160 ms) e una tendenza all'inibizione a SOA lungo (1100 ms), esse non sono risultate significative, probabilmente a causa della scarsa numerosità del campione di questo studio.

Inoltre, i risultati del blocco bidimensionale hanno evidenziato effetti di IOR sul piano orizzontale solamente al SOA di 1100 ms, in accordo con alcuni studi precedenti (p.e. Lupiáñez et al 1997; 1999) che affermano che, mentre con altri compiti la IOR emergerebbe a 250/300 ms dalla comparsa del cue, se non addirittura a SOA 0 (Maruff et al., 1999), con questo tipo di compito la IOR sarebbe osservata solo dopo i 700 ms. Nel nostro studio, infatti, i due SOA lunghi erano rispettivamente 400 e 1100 ms, il primo evidentemente troppo breve, il secondo abbastanza lungo da evidenziare effetti di IOR.

Si potrebbe obiettare che anche nel blocco tridimensionale avremmo dovuto evidenziare effetti di IOR dal momento che i SOA utilizzati erano gli stessi. Tuttavia è importante considerare che le immagini tridimensionali utilizzate nel blocco 3D erano di gran lunga più complesse di quelle del blocco 2D, richiedendo pertanto un tempo maggiore per essere elaborate e ciò potrebbe aver determinato un generale incremento dei TR (Casagrande e coll. sottoposto per pubblicazione). Di conseguenza, è possibile che nel blocco 3D nemmeno il SOA più lungo fosse sufficiente, data anche la natura del compito, a evidenziare effetti di IOR sul piano orizzontale o in profondità.

6.2 Esperimento 2: Discriminazione di posizione (Localizzazione)

In questo studio ai partecipanti si chiedeva di indicare, premendo due tasti differenti, se il target era stato presentato a destra oppure a sinistra dello schermo. Ci aspettavamo di osservare effetti di inibizione di ritorno sul piano bidimensionale in entrambi i blocchi di prove (bidimensionale e tridimensionale). Inoltre, poiché il compito di localizzazione dovrebbe comportarsi al pari di quello di detezione nell'evidenziare effetti di IOR (Maylor, 1985; Klein & Taylor, 1994; Muller & von Muhlenen, 1996; Schmidt, 1996; Terry et al., 1994), ci aspettavamo di trovare effetti simili a quelli osservati nello studio di Casagrande e collaboratori (sottoposto per pubblicazione), ovvero una IOR specifica per il piano di profondità ai SOA di 400 ms e 1100 ms.

6.2.1 Metodo

Partecipanti

Quindici studenti di età compresa fra i 18 e i 24 anni sono stati invitati a partecipare alla ricerca attraverso il *Research Participation Program* del Dipartimento di Psicologia, presso la National University of Singapore. I criteri di selezione prevedevano che i soggetti avessero visione normale o corretta, che fossero destrimani e che non avessero esperienza passata di attacchi epilettici o disturbi di allineamento oculare come lo strabismo. Per la loro partecipazione i soggetti ricevevano 2 crediti formativi.

Apparato

Gli stimoli venivano presentati su un monitor CRT da 19 pollici ad alta definizione attraverso un computer Intel(R) Core(TM)2 Duo (280 GHz) e una scheda grafica Nvidia Quadro FX 3500 (256 Mb). La presentazione degli stimoli e la registrazione delle risposte erano controllate dal software E-prime (Psychology Software Tools Inc., Pennsylvania, USA, 1996). Le risposte venivano registrate da una tastiera standard. Gli stimoli sono stati creati usando un pacchetto commerciale di rendering 3D (Cinema 4D). La stereopsi era garantita dall'uso di occhiali a lenti oscurate della NuVision (MacNaughton & Co.).

Stimoli

Gli stimoli erano esattamente uguali a quelli utilizzati nello studio precedente, con l'unica differenza che un solo target (la sfera) poteva essere presentato.

Procedura

Dopo aver firmato un modulo di consenso informato, i partecipanti venivano sottoposti a un test di screening per la visione binoculare attraverso il test Randot (Stereo Optical & Co.) che è stato descritto in dettaglio nel Capitolo 3.

Dopo il Randot, ai soggetti era chiesto di sedere di fronte al computer e mantenere lo sguardo fisso al centro dello schermo evitando movimenti della testa o del collo. Venivano mostrati loro alcuni esempi di immagini stereoscopiche e gli occhiali a lenti oscurate.

Subito dopo, veniva somministrato il compito di localizzazione. Due diverse condizioni erano previste in due blocchi di prove separati, uno con immagini tridimensionali stereoscopiche viste attraverso gli occhiali 3D, e l'altro con immagini bidimensionali, che quindi non prevedeva l'utilizzo di occhiali. Ciascun blocco di prove era della durata di 10 minuti e consisteva nella somministrazione di 240 trials con il 20% di catch trials. L'ordine di presentazione dei blocchi era randomizzato fra i soggetti. Il target poteva essere presentato a due livelli di profondità, a destra o a sinistra, così 4 posizioni erano possibili. Ciascuna prova iniziava con la presentazione del punto di fissazione per 500 ms, seguito dal cue per 100 ms. Il cue non era predittivo circa la posizione di comparsa del target: le quattro posizioni (vicino a destra, vicino a sinistra, lontano a destra, lontano a sinistra) erano ugualmente probabili. Dopo la scomparsa del cue, l'intervallo che precedeva il target poteva durare 60, 300 o 1000 ms, a seconda della condizione di SOA (160, 400, 1100 ms). Il target era poi presentato per 100 ms. Se entro 1000 ms dalla comparsa del target nessuna risposta veniva emessa, aveva inizio la prova successiva.

Compito

Ai partecipanti era chiesto di rispondere, il più velocemente possibile, alla posizione del target (destra o sinistra) rispetto al punto di fissazione premendo due tasti differenti (h oppure b, in ordine bilanciato) sulla tastiera del computer.

6.2.2 Disegno sperimentale

Il disegno sperimentale era identico a quello dello studio precedente.

6.2.3 Risultati

La tabella 4 riporta le medie (\pm DS) per ogni condizione sperimentale in entrambi i blocchi di prove.

| | BLOCCO 3D | | | | BLOCCO 2D | | | |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | STESSO EMICAMPO | | DIVERSO EMICAMPO | | STESSO EMICAMPO | | DIVERSO EMICAMPO | |
| | StProf | DivProf | StProf | DivProf | StProf | DivProf | StProf | DivProf |
| SOA 160 | 439.17 (39.92) | 445.42 (47.46) | 447.59 (45.42) | 443.59 (42.66) | 454.93 (53.08) | 467.77 (57.20) | 458.18 (59.28) | 455.05 (51.58) |
| SOA 400 | 471.55 (32.60) | 465.44 (31.48) | 434.98 (32.10) | 452.61 (49.77) | 480.64 (51.78) | 498.64 (62.57) | 453.98 (55.65) | 459.99 (53.81) |
| SOA 1100 | 458.32 (50.89) | 451.52 (47.70) | 439.72 (53.57) | 444.95 (47.35) | 496.95 (66.53) | 494.70 (67.33) | 473.94 (49.82) | 464.14 (61.53) |

Tabella 4. La tabella riporta le medie e deviazioni standard per ogni condizione nell'esperimento con compito di localizzazione.

Blocco 3D

L'ANOVA *SOA* (160/400/1100) x *Emicampo* (Stesso/Diverso) x *Profondità* (Stessa/Diversa) condotta sulle medie dei TR, ha evidenziato un effetto principale dell'*Emicampo* ($F_{1,14}=20.10$; $p < .001$), con tempi di reazione più rapidi quando il target e il cue erano presentati in emicampi diversi (443.91 ms) rispetto a quando erano presentati nello stesso emicampo (455.24 ms). In particolare, l'interazione *SOA* x *Emicampo* ($F_{2,28}=17.03$; $p < .0001$) ha evidenziato TR più rapidi per target presentati in un emicampo diverso da quello del cue a *SOA* di 400 ms (443.80 ms vs 468.50 ms; $p < .0001$) e 1100 ms (442.33 ms vs 454.92 ms; $p < .01$).

Inoltre, l'ANOVA ha indicato un'interazione *SOA* x *Emicampo* x *Profondità* ($F_{2,28}=3.65$; $p < .05$), e l'analisi post hoc delle medie ha evidenziato, a *SOA* di 400 ms, TR più rapidi nelle prove in cui il target era presentato alla stessa profondità del cue, ma in un emicampo diverso rispetto a quando era presentato alla stessa profondità e nello stesso emicampo (434.98 ms vs 471.55 ms; $p < .0001$). Ancora, l'analisi post hoc delle medie ha indicato, a *SOA* di 400 ms, TR più rapidi nelle prove in cui cue e target erano presentati in diversi emicampi ma alla stessa profondità (434.98 ms) rispetto ai TR nelle prove in cui essi erano presentati in diversi emicampi e a diversa profondità (452.61 ms; $p < .05$; figura 20).

Tutte le altre interazioni non sono risultate significative ($F < 4$). Le percentuali di errore sono riportate nella tabella 5.

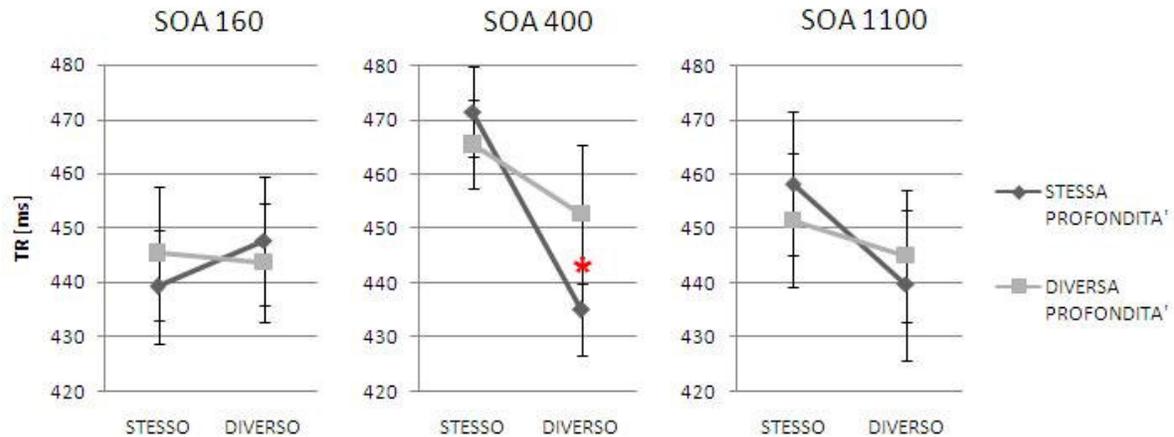


Figura 20. La figura mostra l'interazione *SOA* x *Emicampo* x *Profondità*. L'asterisco indica una $p=0.02$.

Blocco 2D

L'ANOVA *SOA* (160/400/1100) x *Emicampo* (Stesso/Diverso) x *Profondità* (Stessa/Diversa) condotta sulle medie dei TR, ha evidenziato un effetto principale del *SOA* ($F_{2,28}=4.82$; $p < .05$), con tempi di reazione più rapidi al *SOA* di 160 ms (458.99 ms), rispetto al *SOA* di 1100 ms (482.43 ms; $p < .01$). L'effetto principale dell'*Emicampo* ($F_{1,14}=19.12$; $p < .02$) ha mostrato TR più lenti per target presentati nello stesso emicampo del cue (482 ms) rispetto ai target presentati in un emicampo diverso (461 ms). Inoltre, l'interazione *SOA* x *Emicampo* ($F_{1,14}=19.12$; $p < .05$) è risultata significativa e l'analisi post hoc delle medie ha evidenziato TR più rapidi quando il target era presentato in un emicampo diverso rispetto a quando era presentato nello stesso emicampo del cue sia a *SOA* di 400 ms (456.99 ms vs 489.65 ms; $p < .001$) che a *SOA* di 1100 ms (469.04 ms vs 495.83 ms; $p < .001$).

Tutte le altre interazioni non sono risultate significative ($F < 4$). Le percentuali di errore sono riportate nella tabella 5.

| | Risposte ai Catch trials | Risposte Anticipate | Omissioni | Errori |
|-----------|--------------------------|---------------------|-----------|--------|
| Blocco 2D | 4% | 5% | 3% | 1% |
| Blocco 3D | 0% | 0% | 1% | 1% |

Tabella 5. La tabella riporta le percentuali di errore per entrambi i blocchi di prove nell'esperimento con compito di localizzazione.

6.2.4 Discussione

Questo studio voleva valutare se il compito di localizzazione è simile al compito di detezione nell'evidenziare effetti di IOR in profondità. Secondo gli studi che hanno valutato la IOR sul piano bidimensionale, il compito di localizzazione, insieme a quello di detezione, sarebbe particolarmente indicato per osservare tali effetti (Klein e Taylor, 1994; Terry et al., 1994) che, invece,

richiederebbero un SOA più lungo per essere osservati con un compito di discriminazione di forma (Lupiáñez et al., 1997).

Recentemente, Casagrande e collaboratori (sottoposto per pubblicazione) hanno riportato effetti di IOR sul piano bidimensionale e in profondità utilizzando un compito di detezione. In questo studio ci aspettavamo di trovare effetti simili a quelli osservati nello studio di Casagrande e collaboratori.

I risultati del blocco tridimensionale hanno mostrato un effetto principale dell'*Emicampo*, e un'interazione *SOA x Emicampo*, che indica effetti di IOR sull'asse orizzontale ai due SOA maggiori, 400 ms e 1100 ms. Inoltre, è interessante l'interazione *SOA x Emicampo x Profondità* che indica, a SOA di 400 ms, risposte più rapide nelle prove in cui cue e target sono presentati alla stessa profondità ma in diversi emicampi (434.98 ms) rispetto alle prove in cui il target è in un diverso emicampo e a diversa profondità (452.61 ms). Quest'ultimo risultato sembra indicare un effetto di facilitazione in profondità quando l'emicampo di presentazione del target è diverso da quello del cue. L'assenza dello stesso effetto di facilitazione al SOA di 160 ms potrebbe essere imputabile al generale aumento dei TR determinato dall'utilizzo di immagini stereoscopiche, che potrebbero rendere più difficoltosa l'elaborazione dell'immagine visiva e agire ritardando l'emergenza della facilitazione sull'asse z.

Sebbene i compiti di detezione e localizzazione siano ugualmente efficaci nell'evidenziare effetti di IOR sul piano bidimensionale, come mostrato dalla precedente letteratura e dai presenti risultati, l'effetto di IOR in profondità, contrariamente alle nostre ipotesi, non è stato osservato con il compito di localizzazione.

Essendo, questo, il primo studio ad aver valutato la IOR in profondità con un compito di localizzazione, molteplici spiegazioni potrebbero essere avanzate per spiegare i risultati.

Ad esempio, nonostante il compito di localizzazione sia spesso accostato a quello di detezione per quanto riguarda il livello di difficoltà, è possibile ipotizzare che una differenza, se pur marginale, esista. Infatti, mentre nel compito di detezione il soggetto si limita a premere un tasto alla comparsa di uno stimolo target, il compito di localizzazione richiede una selezione fra due possibili risposte, con la conseguente programmazione di una delle due e l'inibizione dell'altra. Se tale differenza può non essere rilevante nel distinguere i due compiti quando vengono utilizzati display bidimensionali, quando si utilizzano display tridimensionali essa può diventare determinante. Questa ipotesi sembrerebbe supportata da uno sguardo preliminare ai risultati dei due esperimenti qui presentati e dell'Esperimento 1 di Casagrande e colleghi. Infatti, osservando i TR medi nei tre compiti si nota che il compito di localizzazione (460 ms) si colloca a metà fra quello di detezione (339) e quello di discriminazione di forma (540). Tuttavia, questi dati sono da considerare puramente indicativi trattandosi di tre gruppi di partecipanti differenti nei tre esperimenti, e ulteriori studi sono necessari. Potrebbe risultare interessante un esperimento di controllo in cui si cerchi di rendere il compito di localizzazione più simile a quello di detezione, ad esempio chiedendo ai soggetti di rispondere al target solo quando è presentato a destra (o a sinistra).

Inoltre, un compito di detezione, nel quale il soggetto deve semplicemente rispondere alla comparsa improvvisa di un target, potrebbe risentire poco (o non risentire affatto) della complessità di un display 3D; invece, in un compito di localizzazione, il fatto di avere un'informazione spaziale in più come la profondità potrebbe rendere più difficile la selezione della risposta, anche se il compito richiede soltanto, come nel nostro caso, un giudizio sull'emicampo di presentazione del target.

Si potrebbe obiettare che, poiché il compito del soggetto era indicare soltanto l'emicampo di presentazione del target, la profondità avrebbe potuto essere ignorata dai soggetti, essendo un'informazione non rilevante. Tuttavia, la presenza di un'interazione *SOA x Emicampo x Profondità* esclude questa possibilità.

Rimane poco chiaro come mai si sia osservato un effetto di facilitazione in profondità solo a carico delle prove in cui il target e il cue erano presentati su emicampi diversi. In altre parole, mentre per target presentati nello stesso emicampo del cue le due posizioni in profondità erano ugualmente inibite, per target presentati in un emicampo diverso, i TR alle due posizioni in profondità erano significativamente diversi: se la profondità era la stessa indicata dal cue, i TR erano più rapidi rispetto a quando la profondità era differente. Si potrebbe suggerire che quando l'attenzione è focalizzata su uno specifico livello di profondità, si distribuisca sul piano orizzontale, determinando i noti effetti inibitori a SOA lungo, mentre faccia più fatica a spostarsi su un livello diverso di profondità. Infatti, i TR nella condizione "Diversa Profondità" sono entrambi rallentati e non differiscono significativamente fra loro in funzione dell'emicampo. Tuttavia questa spiegazione non chiarirebbe come mai un tale pattern di risultati sia stato osservato solo al SOA di 400 ms e non a quelli di 160 ms e 1100 ms.

Per cercare di ottenere risultati più chiari sugli effetti di facilitazione e IOR in profondità, in un esperimento di controllo si potrebbe chiedere ai soggetti di rispondere alla profondità (vicina o lontana) cui viene presentato il target, piuttosto che all'emicampo, e verificare se questo influenza i due effetti sia sull'asse orizzontale che in profondità.

6.3 Discussione generale

Abbiamo qui confrontato due diversi tipi di discriminazione, uno di forma e uno di localizzazione. Sebbene effetti dell'orientamento attenzionale in profondità siano stati osservati in entrambi gli esperimenti, nessun effetto di IOR in profondità è stato rilevato.

Nell'Esperimento 1 (discriminazione di forma) è stato evidenziato un effetto principale della *Profondità*, con una facilitazione (TR più rapidi nelle prove in cui cue e target sono presentati alla stessa profondità, rispetto a quando presentati a profondità diversa), indipendente dall'emicampo di presentazione e dal SOA. Mentre gli effetti dell'orientamento attenzionale sul piano orizzontale sono assenti nel blocco 3D, nel blocco bidimensionale effetti di IOR sono stati osservati solo al SOA di 1100 ms, a conferma dell'ipotesi per cui, con questo tipo di compito, la IOR emergerebbe più tardi (Lupiáñez et al., 1997; 1999).

Nell'Esperimento 2 (localizzazione) si sono osservati effetti inibitori sul piano bidimensionale già al SOA di 400 ms, ma anche a quello di 1100 ms, sia nel blocco bidimensionale che in quello tridimensionale. Anche in questo caso, i risultati confermano la precedente letteratura (Maylor, 1985; Klein & Taylor, 1994; Muller & von Muhlenen, 1996; Schmidt, 1996; Terry et al., 1994), per cui il compito di localizzazione, a differenza di quello di discriminazione di forma, sarebbe particolarmente indicato per osservare la IOR sul piano bidimensionale.

Inoltre, un effetto di facilitazione in profondità nelle prove in cui il target è presentato in un emicampo diverso rispetto al cue, è stato evidenziato dall'interazione *SOA x Emicampo x Profondità*, solo al SOA di 400 ms. Sebbene il nostro intento fosse replicare i risultati di Casagrande e colleghi (sottoposto per pubblicazione), nel loro studio essi evidenziavano una IOR in profondità ai due SOA maggiori (400 e 1100 ms), piuttosto che una facilitazione. Questo risultato

sembrerebbe indicare che quanto la letteratura sostiene circa i compiti di detezione e localizzazione, cioè che si comportino in modo simile nell'evidenziare effetti di IOR, sia vero quando si considerano scene bidimensionali, ma non quando si valutano gli stessi effetti in profondità.

Per spiegare il motivo per cui in alcuni studi si osservano effetti della selezione attenzionale in profondità (Andersen 1990; Andersen e Kramer 1993) e in altri invece no (Ghirardelli e Folk, 1996; Iavecchia e Folk, 1994), Atchley, Kramer, Andersen e Theeuwes (1997) assegnano un ruolo predominante al carico percettivo del compito (Lavie, 1995). Compiti troppo facili potrebbero non richiedere una specifica focalizzazione in profondità dell'attenzione, che di conseguenza sarebbe distribuita sia sul piano di profondità indicato dal cue che su altri piani. Questa teoria del carico percettivo sarebbe supportata da studi con display bidimensionali che suggeriscono una relazione inversa fra difficoltà della discriminazione e grandezza del focus attenzionale (Atchley et al., 1997; Lavie, 1995; Lavie e Tsal, 1994). Tuttavia, questa spiegazione non può essere applicata al nostro caso in quanto, nonostante l'assenza di una IOR in profondità, effetti di facilitazione in profondità sono stati osservati non solo con il compito di discriminazione, ma anche con quello di localizzazione. Inoltre, effetti di IOR in profondità sono stati osservati da Casagrande e colleghi (sottoposto per pubblicazione) con un compito di detezione, il cui carico cognitivo è certamente più basso rispetto ai compiti da noi utilizzati.

E' importante notare che in entrambi gli studi, nonostante siano stati utilizzati un paradigma di orientamento attenzionale implicito e dei cue periferici non informativi, non si sono osservati effetti di facilitazione sul piano bidimensionale. Tuttavia, la robustezza di tale effetto è stata più volte messa in discussione (p.e., Pratt & McAuliffe, 2002; Tassinari, Aglioti, Chelazzi, Peru, e Berlucchi, 1994; Tassinari e Berlucchi, 1996). Ad esempio, alcuni studi hanno proposto che essa dipendesse fortemente da parametri spaziali e temporali del cue (p.e., Maruff, Yucel, Danckert, Stuart, e Currie, 1999; Pratt, Hillis, e Gold, 2001).

Circa la relazione esistente tra gli effetti di facilitazione e IOR non esiste ancora consenso unanime, ma alcuni studi sembrano indicare che, in condizioni particolari, la IOR possa non essere preceduta dalla facilitazione, così come la facilitazione possa non essere seguita da IOR (Lambert e Hockey, 1991; Possamai, 1991; 1992; Tassinari, Aglioti, Chelazzi, Peru, e Berlucchi, 1994). In effetti, quando si usano cue periferici non informativi, l'occorrenza dell'effetto di facilitazione sembrerebbe essere influenzata dalla durata di cue e target (e.g., Berlucchi, Tassinari, Marzi & DiStefano, 1989; Maruff, Yucel, Danckert, Stuart & Currie 1999), dalla loro sovrapposizione spazio-temporale (McAuliffe e Pratt, 2005; Maruff et al., 1999; Maylor, 1985; Maylor & Hockey, 1987; Posner, Rafal, Choate e Vaughan, 1985; Pratt e Abrams, 1995; Rafal, Calabresi, Brennan e Sciolto, 1989; Rafal e Henik, 1994; Tassinari, Aglioti, Chelazzi, Peru e Berlucchi, 1994; Tassinari & Berlucchi, 1996), dalla pratica (Lupiañez, Weaver, Tipper, & Madrid, 2001), dalla salienza del cue (Mele et al., 2008), dalla presenza di catch trials (Okamoto-Barth & Kawai, 2006), dalle caratteristiche fisiche del cue (e.g., Pratt, Hillis, Gold, 2001), dalla permanenza del target sullo schermo fino all'emissione della risposta (Berlucchi, Tassinari, Marzi, DiStefano, 1989; Tassinari, Aglioti, Chelazzi, Peru e Berlucchi, 1994; Tassinari e Berlucchi, 1996; Tassinari, Biscaldi, Marzi e Berlucchi, 1989).

Di conseguenza, il pattern bifasico con effetti di facilitazione seguiti da inibizione, non sempre viene osservato con paradigma di cueing periferico (p.e., Maruff, Yucel, Danckert, Stuart, e Currie, 1999; McAuliffe & Pratt, 2005; Pratt, Hillis, e Gold, 2001), e molti dei fattori sopraelencati

potrebbero aver contribuito all'assenza di un effetto di facilitazione sul piano bidimensionale nel nostro studio.

Capitolo 7. Effetti di IOR nello spazio 3D con un paradigma di veglia protratta

Secondo il modello di Posner e Petersen (1990) è possibile distinguere tre sistemi attenzionali: il sistema di *Orienting*, che permette di orientare, in modo esplicito o implicito l'attenzione sugli stimoli e di metterli a fuoco; il sistema Esecutivo Centrale deputato alla detezione di segnali per il processamento consapevole; il sistema di Allerta, che prepara e mantiene nel tempo lo stato di attivazione necessario a processare gli stimoli in ingresso (si veda capitolo 4).

La maggior parte degli studi sul sistema di *orienting* utilizza il noto paradigma di Posner (1980; vedi paragrafo 4.3), con cue periferico oppure centrale, perché permette di osservare facilmente le tre principali attività di questo sistema: disancoraggio, spostamento e ri-ancoraggio dell'attenzione. Nel caso di cue periferico, mentre i soggetti fissano il centro dello schermo, la loro attenzione è catturata in modo automatico alla periferia del campo visivo da un evento improvviso che precede il target, generalmente non informativo circa la sua posizione di comparsa (Jonides, 1981). Nel caso del cue centrale invece, un indizio simbolico (spesso rappresentato da una freccia direzionale), che può essere più o meno informativo, viene presentato al centro del campo visivo determinando un orientamento attenzionale che si suppone essere volontario, ovvero guidato da processi top-down (Jonides, 1981; Rafal e Henik, 1994).

La validità del cue, cioè la percentuale di prove in cui il cue predice effettivamente la posizione del target, è fondamentale per calcolare i costi/benefici dell'orientamento attenzionale. Come abbiamo visto, infatti, in compiti di questo tipo i soggetti rispondono più velocemente e accuratamente quando il target è presentato nella posizione precedentemente indicata dal cue (prove valide, a SOA breve). Allo stesso modo, rispondono più lentamente a target presentati in una posizione diversa da quella del cue (prove invalide a SOA breve), mentre hanno tempi di reazione intermedi quando il cue non fornisce informazioni sulla posizione del target (prove neutre; Posner, 1980). L'analisi costi/benefici permette di stimare il tempo necessario al sistema di *orienting* per svolgere le sue operazioni. L'effetto di facilitazione rispecchierebbe il vantaggio di aver ancorato l'attenzione nella posizione corretta (indicata dal cue), mentre i costi sarebbero dovuti alla necessità di compiere più operazioni (disancoraggio, spostamento, ancoraggio) per far cadere il target nel focus attenzionale (Posner et al., 1987).

Mentre nel modello originale di Posner e Petersen (1990) non si faceva distinzione fra l'allerta fasica e l'allerta tonica, in un secondo momento esse sono state descritte come funzioni distinte (Fernandez-Duque e Posner, 2001): l'allerta fasica è generalmente intesa come un'attivazione temporanea aspecifica prodotta da un segnale esterno (ad esempio un segnale di *warning*) oppure da un segnale interno (allerta endogena); l'allerta tonica, anche detta attenzione sostenuta o vigilanza, viene definita come la capacità di mantenere nel tempo il controllo volontario dell'attenzione per la detezione di eventi critici (Sarter et al., 2001).

La relazione esistente fra i sistemi di allerta e *orienting* non è molto chiara (Versace, Cavallero, De Min Tona, Mozzato, Stegagno, 2006): da alcuni sono considerati indipendenti l'uno dall'altro (Fan et al., 2002; Fimm et al., 2006; Fernandez-Duque & Posner, 1997; Mesulam, 1990; Posner &

Petersen, 1990); altri sostengono l'idea che ci sia interazione fra i due sistemi (Callejas et al., 2004; 2005; Fuentes e Campoy, 2008; Clark et al., 1989).

Per studiare il sistema di allerta, un paradigma molto utilizzato è quello di veglia protratta, nel quale i soggetti vengono sottoposti a 24 ore di attività sostenuta e continua, con test che valutano diverse funzioni cognitive (per es. Casagrande et al., 2006). Se in tale condizione si fanno eseguire dei compiti cognitivi durante la notte, si osserva un significativo calo prestazionale, riconducibile all'effetto congiunto di fattori circadiani e di privazione di sonno (Casagrande et al., 2006). È noto, infatti, che durante la notte è presente il periodo di maggiore propensione al sonno (il principale *sleep gate*; Lavie, 2001), che determina una riduzione della vigilanza analogamente a quanto fa la riduzione di sonno (p.e. Dinges, 1992). Al di là dell'interesse specifico sul ruolo dei fattori circadiani e della privazione di sonno nella riduzione di vigilanza, affrontato da numerosi studi (p.e., Casagrande et al., 1997; Dinges, 1992; Lavie, 2001; Jung et al., 2011; Santhi et al., 2007), in questa sede è importante sottolineare come la veglia protratta rappresenti un potente e consolidato paradigma sperimentale, utile a ridurre i livelli di vigilanza. Utilizzando un paradigma di veglia protratta, è possibile dunque valutare l'interazione fra i sistemi di allerta e orientamento.

Alcuni studi, utilizzando un paradigma di veglia protratta (Bocca e Denise, 2006; Casagrande et al., 2006; Fimm et al., 2006; Martella et al., 2011) o di riduzione di sonno (Versace, Cavallero, De Min Tona, Mozzato, Stegagno, 2006), e un *covert attention task* (Posner, 1980), hanno valutato la relazione fra il calo di vigilanza e l'orientamento attenzionale giungendo a risultati contrastanti. In particolare, Casagrande et al. (2006) hanno osservato, con un paradigma di veglia protratta, un generale calo della vigilanza, indicato da un aumento significativo dei TR, ma nessun effetto specifico sui meccanismi di orientamento. Nel loro studio, i partecipanti venivano sottoposti, in due giorni consecutivi, a un compito di *covert orienting* con orientamento endogeno dell'attenzione. Il primo giorno il compito, che aveva la durata di venti minuti, veniva somministrato una sola volta, mentre il giorno successivo, nell'arco di 24 ore di veglia protratta, lo stesso compito veniva somministrato 12 volte, ogni due ore.

Al contrario, Versace e colleghi (2006), utilizzando un paradigma di riduzione parziale di sonno e un *covert orienting task*, con cue periferico predittivo, hanno osservato che la riduzione del sonno determinava un aumento dei TR nelle prove Invalide, come a indicare l'influenza della riduzione di allerta sul sistema di ri-orientamento. Un'interazione simile fra i sistemi di allerta e orientamento è stata osservata anche in altri studi che hanno utilizzato un paradigma di veglia protratta e un *covert orienting task* con cue periferico predittivo (Bocca e Denise, 2006; Fimm et al., 2006).

In conclusione, l'interazione fra i due sistemi è stata osservata in studi che utilizzavano cue periferici (Bocca e Denise 2006; Fimm et al. 2006; Versace et al. 2006), mentre essa era assente nello studio di Casagrande (2006), in cui si utilizzavano cue centrali predittivi. La differenza fra questi due tipi di compito fa capo ai processi attenzionali coinvolti: infatti, è noto che un cue centrale predittivo induce movimenti volontari dell'attenzione (Posner, 1980), mentre un cue periferico predittivo determina un orientamento attenzionale che ha in sé delle componenti sia automatiche che volontarie (Jonides 1981; Ivanoff e Klein 2003). Di conseguenza, è stato suggerito che l'interazione fra i sistemi di allerta e orientamento avvenga quando si esegue un compito che coinvolge componenti automatiche dell'attenzione (Martella, Casagrande e Lupiáñez, 2011).

Come abbiamo più volte ricordato, con il paradigma del *covert orienting* (Posner, 1980) in condizioni normali di veglia, si osservano generalmente effetti di facilitazione a intervalli cue-target brevi e di inibizione a intervalli lunghi (Posner e Cohen, 1984; per una rassegna, Klein 2000).

Abbiamo anche visto (capitolo 5) che effetti di facilitazione e inibizione, specifici per lo spazio tridimensionale, sono stati più volte osservati (p.e., Theeuwes, Atchley e Kramer, 1998; Atchley e Kramer, 2001; Casagrande et al., sottoposto per pubblicazione; Bourke et al., 2006). Effetti di

facilitazione in profondità sono anche stati osservati con un paradigma di veglia protratta (Heber, Valvoda, Kuhlen, Fimm, 2008).

In particolare, per quanto riguarda la IOR, si è osservato che essa è sensibile al calo di vigilanza, al punto da scomparire in un paradigma di veglia protratta (Marotta et al., 2008). Tale risultato è stato evidenziato utilizzando un classico paradigma di cueing spaziale in un display bidimensionale. Tuttavia, se i meccanismi che regolano la IOR sul piano bidimensionale e tridimensionale sono gli stessi, in un paradigma di veglia protratta anche la IOR in profondità dovrebbe annullarsi. Per questo motivo abbiamo replicato l'esperimento di Marotta et al. (2008) somministrando di giorno e di notte, in un paradigma di veglia protratta, un compito di IOR bidimensionale e tridimensionale. Per valutare i due tipi di IOR abbiamo utilizzato gli esperimenti usati da Casagrande et al. (sottoposto per pubblicazione), apportandovi alcune modifiche marginali. Per prima cosa, poiché volevamo valutare la IOR, abbiamo eliminato il SOA breve utilizzato nello studio precedente. Secondo, poiché nello studio originale di Casagrande e colleghi i risultati hanno mostrato effetti identici nelle due condizioni bidimensionali (2D e 2D+), soltanto una delle due è stata mantenuta. Abbiamo scelto di mantenere la condizione 2D+ ritenendo che un'immagine complessa e ricca di dettagli fosse più adatta come controllo di una condizione 3D: infatti l'unica differenza fra le immagini utilizzate nelle due condizioni era l'effetto stereoscopico 3D e di conseguenza l'eventuale presenza di effetti IOR lungo l'asse z sarebbe stata attribuibile solo alla profondità e non alla complessità percettiva delle immagini utilizzate.

7.1 Metodo

Partecipanti

Diciotto studenti di sesso maschile (età media 23 ± 2.6) hanno volontariamente preso parte alla ricerca dopo aver firmato un modulo di consenso informato. Sono stati selezionati per una visione normale o corretta e per una preferenza manuale destra indicata da un Indice di Preferenza Manuale $>.85$, valutato con il Questionario di Preferenza Laterale (Salmaso e Longoni, 1985). I partecipanti erano tutti *naïve* e non erano informati sugli scopi della ricerca. Prima di prendere parte alla ricerca, veniva loro chiesto di compilare al risveglio tutte le mattine, per una settimana, un questionario sul sonno. Soltanto i partecipanti che hanno riportato una durata del sonno (7.5 - 8.5 ore al giorno) e delle abitudini di sonno (orario di addormentamento: 11.30 p.m. \pm 60 minuti, orario di risveglio: 7.30 a.m. \pm 60 minuti) normali, e che hanno dichiarato di non soffrire di disturbi del sonno o di patologie mediche o psichiatriche, sono stati inclusi nello studio. I partecipanti erano tutti non fumatori e non avevano trattamenti farmacologici in corso. Durante la sessione sperimentale ai partecipanti non era consentito di assumere sostanze contenenti caffeina (ad esempio, caffè, tè o cioccolata). Per la loro partecipazione alla ricerca hanno ricevuto due crediti formativi.

Misure soggettive

Abbiamo utilizzato una Scala Visuo Analogica (VAS; Curcio et al., 2001) unidimensionale, nella quale al soggetto era chiesto di valutare “come ti senti adesso” rispetto all'aggettivo “sonnolento”, tracciando un segnale con la penna su una riga lunga 100 mm. Gli estremi della riga indicano “per niente” (a sinistra) e “moltissimo” (a destra). La distanza del segnale tracciato dal soggetto dall'estremo sinistro della riga è considerata la variabile dipendente e indica l'intensità soggettiva della sonnolenza.

Esperimento di IOR 2D e 3D

Apparato

Gli stimoli venivano presentati su un computer Pentium 4 con uno schermo di 21 pollici ad alta definizione. La presentazione degli stimoli e la registrazione delle risposte erano controllate dal software E-prime (Psychology Software Tools Inc., Pennsylvania, USA, 1996). Le risposte venivano registrate da una tastiera standard. Gli stimoli sono stati creati usando un pacchetto commerciale di rendering 3D (Cinema 4D). La stereopsi era garantita dall'uso di occhiali a lenti oscurate della NuVision (MacNaughton & Co.).

Stimoli

Le stesse immagini sono state utilizzate nelle due condizioni (2D e 3D), con l'unica differenza che nella condizione 3D gli stimoli erano presentati in modalità stereoscopica. Gli stimoli erano presentati all'interno di una scena complessa che rappresentava l'interno di una stanza. Le pareti e il pavimento della scena sono state create con un software di grafica 3D e presentavano un ricco set di indizi monoculari (luci, ombre, gradiente di tessitura, prospettiva lineare, grandezza relativa) che rendevano la scena più realistica. Il punto di fissazione si trovava al centro della scena. Gli stimoli potevano essere presentati a 4.5° oppure a 2° di eccentricità (a seconda che fossero nelle posizioni vicine o lontane) a destra o a sinistra del punto di fissazione. Il cue era costituito da una cornice quadrata di colore nero mentre il target era una sfera di colore nero. Essi occupavano un'area di 2° x 2° quando presentati nella posizione più vicina, e un'area di 1° x 1° quando nella posizione lontana. Nella condizione 3D la percezione tridimensionale era garantita dall'uso di appositi occhiali a lenti oscurate.

Nella condizione 2D si presentavano le stesse immagini complesse, ma in modalità bidimensionale.

Procedura sperimentale

Ai partecipanti era chiesto di sedere di fronte al computer e mantenere lo sguardo fisso al centro dello schermo evitando movimenti della testa o del collo. Venivano mostrati loro alcuni esempi di immagini stereoscopiche e gli occhiali a lenti oscurate.

Subito dopo veniva somministrato il compito di detezione. Due diverse condizioni erano previste in due blocchi di prove separati, uno con immagini tridimensionali stereoscopiche viste attraverso gli occhiali 3D, e l'altro con immagini bidimensionali complesse, ricche d'indizi monoculari di profondità. Ciascun blocco di prove durava 10 minuti e comprendeva 240 trials. Ai partecipanti era chiesto di rispondere, il più velocemente e accuratamente possibile, alla comparsa di un target (una sfera di colore nero), premendo la barra spaziatrice sulla tastiera del computer. Il target poteva essere presentato a due livelli di profondità, a destra o a sinistra. Ciascuna prova iniziava con la presentazione del punto di fissazione per 500 ms, seguito dal cue per 100 ms. Il cue non era predittivo circa la posizione di comparsa del target: le quattro posizioni (vicino a destra, vicino a sinistra, lontano a destra, lontano a sinistra) erano ugualmente probabili. Dopo la scomparsa del cue, l'intervallo che precedeva il target poteva durare 300 o 1000 ms, a seconda della condizione di SOA

(400 o 1100 ms). Il target era poi presentato per 100 ms. Se entro 1000 ms dalla comparsa del target nessuna risposta veniva emessa, la prova successiva aveva inizio.

Procedura generale

Lo studio si svolgeva in due giorni consecutivi. Al mattino del primo giorno il partecipante giungeva in laboratorio, dove gli veniva spiegata dettagliatamente la procedura. Il secondo giorno, dopo aver dormito 8 ore come di consueto, tornava in laboratorio e veniva tenuto sveglio per 24 ore. L'esperimento di detezione con immagini tridimensionali veniva somministrato, in una stanza buia e insonorizzata, alle 17 e alle 5. L'ordine di presentazione delle condizioni 2D e 3D era bilanciato fra i partecipanti: alcuni cominciavano con il blocco di prove tridimensionale, altri con quello bidimensionale.

Prima e dopo la somministrazione del compito di detezione, erano somministrati altri test cognitivi e la VAS veniva compilata ogni ora dal partecipante.

L'ordine d'inizio delle sessioni (Diurna/Notturna) era bilanciato fra i partecipanti: in particolare, i partecipanti che iniziavano la sperimentazione con la sessione notturna svolgevano la sessione diurna tre giorni dopo il termine del paradigma di veglia protratta.

Solo due pause erano previste nell'arco delle 24 ore della fase sperimentale: una per pranzo (intorno alle 13) e una per cena (intorno alle 8). Lo sperimentatore monitorava continuamente il partecipante per assicurarsi che non si appisolasse.

Analisi dei dati

Sono stati esclusi dalle analisi, per ogni condizione, i TR inferiori a 100 ms e superiori alla media ± 1 deviazione standard.

Un'ANOVA generale *Sessione* (Diurna/Notturna) x *Condizione* (2D/3D) x *SOA* (400/1100) x *Cue* (Invalido-Diverso emicampo e profondità / Validò z-Stessa profondità, diverso emicampo/Validò x-Stesso emicampo, diversa profondità / Validò- Stesso emicampo e profondità) è stata eseguita sulle medie dei TR.

Per analizzare meglio gli effetti del cue e le interazioni significative, due ANOVA separate *Sessione* x *SOA* x *Cue* sono state eseguite su ciascuna condizione (2D e 3D).

Per l'analisi delle interazioni si sono utilizzati i confronti pianificati.

7.2 Risultati

Misure soggettive

L'ANOVA eseguita sulle misure soggettive di sonnolenza è risultata significativa ($F_{6,8,116,4}=10.57$; $p < .0001$ con la correzione di Greenhouse-Geisser; $\epsilon = .2977$) e l'analisi del trend ha rivelato come significativi il trend lineare e quadratico ($F_{1,17} = 37.77$; $p < .0001$ e $F_{1,17} = 32.33$; $p < .0001$, rispettivamente), indicando che la sonnolenza soggettiva aumentava nel tempo, nonostante l'incremento maggiore fosse iniziato fra le ore 20.00 e le 21.00.

Analisi generale

La tabella 6 riporta le medie (\pm DS) per ogni condizione sperimentale in entrambe le sessioni, diurna e notturna.

| | | BLOCCO 2D | | | | BLOCCO 3D | | | |
|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Invalido | Inv-z | Inv-x | Valido | Invalido | Inv-z | Inv-x | Valido |
| DIURNA | SOA 400 | 255.56 51.51 | 245.10 45.38 | 282.71 54.12 | 285.35 43.10 | 271.59 54.99 | 249.27 42.73 | 275.36 56.96 | 300.08 53.05 |
| | SOA 1100 | 251.36 40.10 | 251.70 29.87 | 291.18 42.06 | 284.38 34.38 | 267.51 41.62 | 263.12 33.43 | 278.86 34.80 | 295.47 36.78 |
| NOTTURNA | SOA 400 | 294.25 92.96 | 292.76 78.41 | 294.78 71.27 | 280.30 85.13 | 347.43 62.79 | 333.13 68.28 | 306.93 75.66 | 335.48 71.88 |
| | SOA 1100 | 303.79 72.25 | 294.32 61.85 | 293.27 61.22 | 310.41 54.65 | 321.85 59.56 | 317.36 65.48 | 323.58 48.92 | 302.34 66.70 |

Tabella 6. Medie e DS dei TR in ciascuna condizione sperimentale, nelle due sessioni, diurna e notturna.

L'ANOVA *Sessione* (Diurna/Notturna) x *Condizione* (2D/3D) x *SOA* (400/1100) x *Cue* (Invalido/Valido z/Valido x/Valido) ha evidenziato un effetto principale della *Sessione* ($F_{1,17}=30.73$; $p < .00004$) con TR più rapidi nella sessione diurna (270 ms) rispetto a quella notturna (309 ms; figura 21).

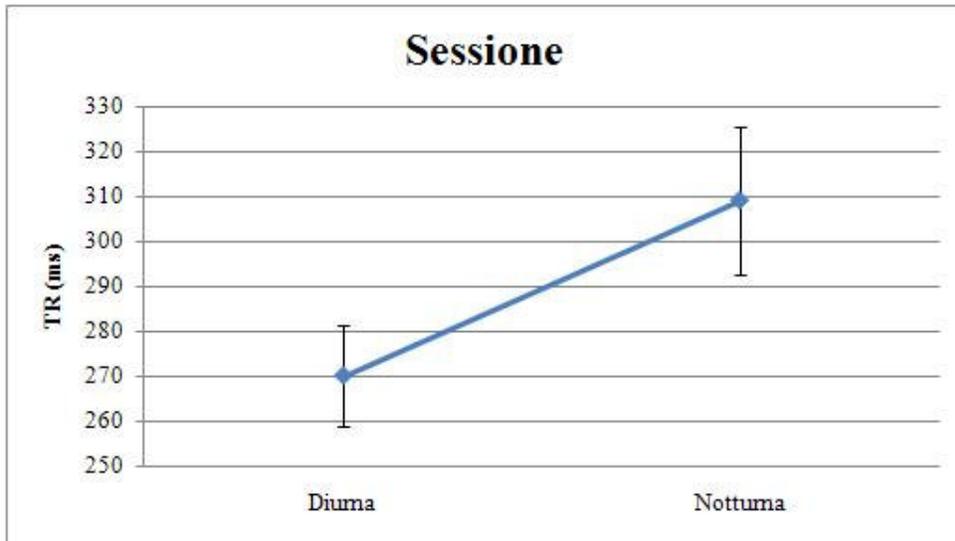


Figura 21. Tempi di reazione nelle prove eseguite in sessione diurna e in sessione notturna.

Anche la *Condizione* è risultata significativa ($F_{1,17}=18.19$; $p < .0006$) con TR più rapidi nella condizione 2D (280 ms) rispetto alla 3D (299 ms).

Un effetto principale del *Cue* ($F_{3,51}=7.08$; $p < .0005$) ha evidenziato TR più rapidi nelle prove Invalide rispetto alle Valide (285 ms vs 299 ms; $p < .003$) e TR minori nelle prove Valide z (281 ms) rispetto alle Valide x (293 ms; $p < .006$) e alle Valide (285 ms; $p < .0001$).

L'interazione *Sessione* x *Cue* ($F_{3,51}=12.11$; $p < .000005$; figura 22) è risultata significativa e le analisi *post hoc* hanno evidenziato, nella sessione diurna, TR più rapidi nelle prove Invalide (254 ms) rispetto alle Valide x (282 ms; $p < .0002$) e alle Valide (291 ms; $p < .000002$), e TR più rapidi nelle prove Valide z (252 ms) rispetto alle Valide x (282 ms; $p < .00007$) e alle Valide (291 ms; $p < .000002$). Nessuna differenza significativa fra i livelli del cue è stata osservata nella sessione notturna.

Anche l'interazione *Condizione* x *SOA* x *Cue* è risultata significativa ($F_{3,51}=3.10$; $p < .04$), e le analisi *post hoc* hanno evidenziato, nella condizione 2D a SOA di 400 ms, TR più rapidi nelle prove Invalide rispetto alle Valide x ($p < .001$) e alle Valide ($p < .007$) e TR più rapidi nelle prove Valide z rispetto alle Valide x ($p < .02$). Al SOA di 1100 ms, sempre nella condizione 2D, TR più rapidi sono stati osservati nelle prove Invalide rispetto alle Valide ($p < .02$), e TR più rapidi nelle Valide z rispetto alle Valide x ($p < .03$) e alle Valide ($p < .004$). Per quanto riguarda la condizione 3D, al SOA di 400 ms le analisi *post hoc* hanno evidenziato TR più rapidi nelle prove Invalide rispetto alle Valide z ($p < .03$) e alle Valide x ($p < .03$), e TR più rapidi nelle Valide z rispetto alle Valide ($p < .002$). Inoltre, TR minori sono stati osservati nelle prove Valide x rispetto alle Valide ($p < .002$). Al SOA di 1100 ms non è stata osservata nessuna differenza significativa fra i livelli della variabile *Cue*.

Condizione 2D

L'ANOVA *Sessione* (Diurna/Notturna) x *SOA* (400/1100) x *Cue* (Invalido/Valido z/Valido x/Valido) ha evidenziato un effetto principale della *Sessione* ($F_{1,17}=11.64$; $p < .004$) con TR più rapidi nella sessione diurna rispetto a quella notturna (265 vs 295 ms).

Un effetto principale del *Cue* ($F_{3,51}=5.15$; $p < .004$) ha evidenziato TR più rapidi nelle prove Invalide (269 ms) rispetto alle Valide x (290 ms; $p < .005$) e alle Valide (290 ms; $p < .006$), e TR minori nelle Valide z (271 ms) rispetto alle Valide x (290 ms; $p < .02$) e alle Valide (290 ms; $p < .02$).

L'interazione *Sessione* x *Cue* ($F_{3,51}=5.33$; $p < .003$; figura 22) ha mostrato, nella sessione diurna, TR più rapidi nelle prove Invalide (238 ms) rispetto alle Valide x (287 ms; $p < .00009$) e alle Valide (285 ms; $p < .0002$), e TR più rapidi nelle Valide z (248 ms) rispetto alle Valide x (287 ms; $p < .002$) e alle Valide (285 ms; $p < .003$). Nessuna differenza significativa è stata osservata nella condizione notturna.

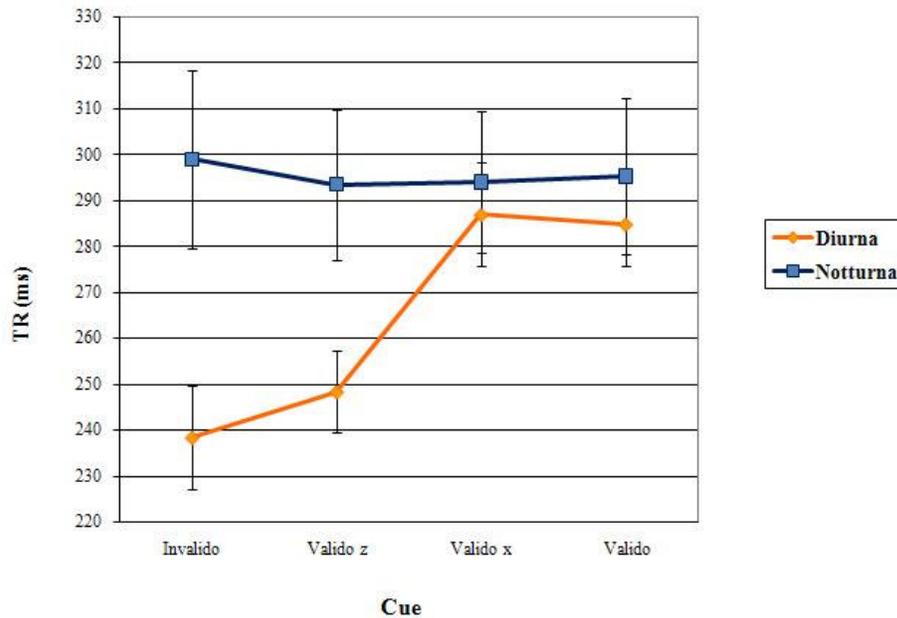


Figura 22. L'interazione *Sessione x Cue* ha evidenziato effetti di IOR sull'asse orizzontale in sessione diurna ma non in sessione notturna.

Condizione 3D

L'ANOVA *Sessione* (Diurna/Notturna) x *SOA* (400/1100) x *Cue* (Invalido/Valido z/Valido x/Valido) ha evidenziato un effetto principale della *Sessione* ($F_{1,17}=33.10$; $p < .00003$) con TR più rapidi nella sessione diurna rispetto a quella notturna (275 vs 323 ms).

L'effetto principale del *Cue* ($F_{3,51}=3.47$; $p < .03$) ha mostrato TR più rapidi nelle prove Valide z (291 ms) rispetto alle Valide (308 ms; $p < .004$), e TR più rapidi nelle prove Valide x (296 ms) rispetto alle Valide (308 ms; $p < .04$).

L'interazione *Sessione x Cue* ($F_{3,51}=8.76$; $p < .00009$; figura 23) è risultata significativa, e l'analisi *post hoc* delle medie ha evidenziato, nella sessione diurna, TR più rapidi nelle prove Invalide (269 ms) rispetto alle Valide (298 ms; $p < .0006$), e TR minori nelle prove Valide z (256 ms) rispetto alle Valide x (277 ms; $p < .009$) e alle Valide (298 ms; $p < .000003$). Inoltre, i TR nelle prove Valide x erano significativamente più rapidi di quelli delle prove Valide (277 ms vs 298 ms; $p < .01$). Nella sessione notturna i TR delle prove Invalide (335 ms) erano più lenti di quelli delle prove Valide x (315 ms; $p < .02$) e delle Valide (319 ms; $p < .05$).

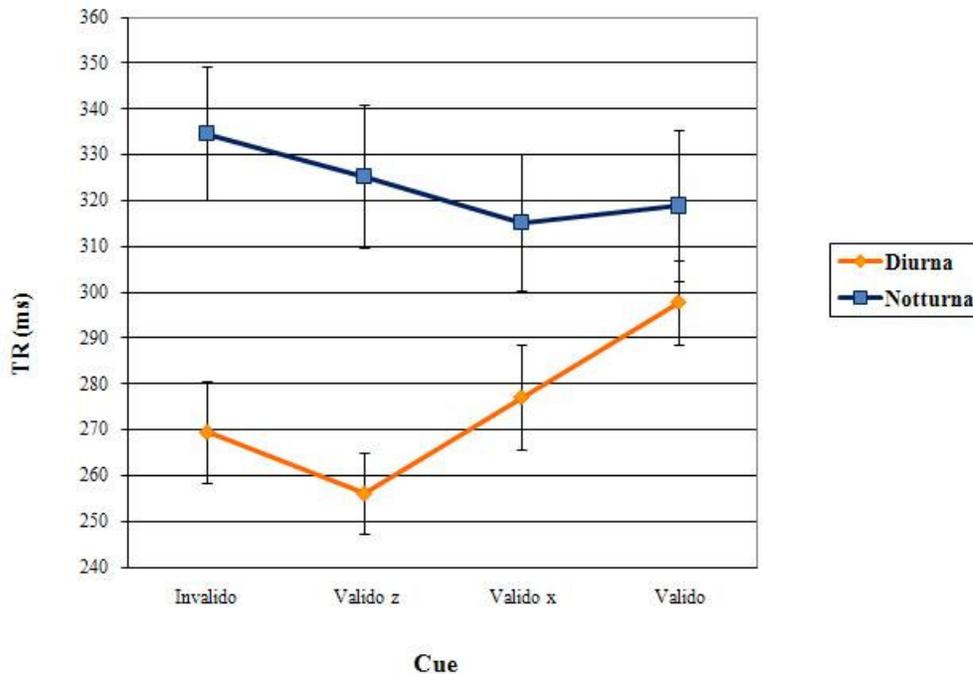


Figura 23. Andamento del cue nelle sessioni diurna e notturna nella condizione 3D.

Anche l'interazione *SOA x Cue* è risultata significativa ($F_{3,51}=5.15$; $p < .004$), mostrando, al SOA di 400 ms, TR più lenti nelle prove Invalide (309 ms) rispetto alle Valide z (291 ms; $p < .003$) e alle Valide x (291 ms; $p < .003$), e TR più rapidi nelle Valide z rispetto alle Valide (291 vs 318 ms; $p < .0001$). Inoltre, TR minori nelle prove Valide x rispetto alle Valide sono stati osservati (291 vs 318 ms; $p < .0001$). Nessuna differenza significativa è stata osservata al SOA di 1100.

7.3 Discussione

Lo scopo di questo studio era valutare l'andamento degli effetti di inibizione di ritorno in profondità con un paradigma di veglia protratta, che ci permettesse di confrontare la prestazione dei partecipanti in condizioni normali di veglia (sessione diurna con livelli standard di vigilanza) con quella in condizioni notturne, caratterizzata da una forte riduzione di vigilanza.

Utilizzando un classico display bidimensionale, si era osservato che i noti effetti di IOR, che si osservano in sessione diurna, sono assenti in una sessione notturna, caratterizzata da una forte riduzione di vigilanza (Marotta et al., 2008). Se i meccanismi che regolano la IOR sul piano bidimensionale e tridimensionale sono gli stessi, ci aspettavamo di osservare gli stessi risultati utilizzando un display tridimensionale.

I risultati hanno evidenziato un globale aumento dei TR nella sessione notturna rispetto a quella diurna, confermando il noto calo delle risorse attenzionali che si osserva con questo paradigma (p.e., Casagrande et al., 2006; Fimm et al., 2006).

Anche la *Condizione* è risultata significativa, con TR maggiori nelle prove tridimensionali rispetto a quelle bidimensionali, confermando la necessità di tempi di elaborazione più lunghi per immagini tridimensionali piuttosto che bidimensionali (p.e., Theeuwes e Pratt, 2003).

Inoltre, l'interazione *Sessione x Cue* mostrava, in accordo con le ipotesi, un effetto di IOR bidimensionale, presente nella sessione diurna ma assente nella sessione notturna.

Di particolare interesse sono le analisi eseguite separatamente sulle condizioni 2D e 3D, che mostrano, oltre agli effetti principali di *Sessione* e *Cue*, l'interazione *Sessione x Cue*. Nella condizione 2D si osserva una IOR sul piano bidimensionale nella sessione diurna ma non in quella notturna. Analogamente, nella condizione 3D si osserva una IOR in profondità nella sessione diurna ma non in quella notturna. Tali risultati evidenziano che utilizzando un display tridimensionale si osservano gli stessi effetti di IOR evidenziati con i classici display bidimensionali e, soprattutto, che la riduzione di vigilanza, ottenuta mediante il paradigma di veglia protratta, ha effetti sulla IOR del tutto simili quando si utilizza un display bidimensionale o tridimensionale. I meccanismi responsabili della IOR sembrano pertanto comportarsi in maniera simile, indipendentemente dal piano –bidimensionale o tridimensionale– in cui l'attenzione si muove. I risultati osservati nella sessione notturna sono coerenti con quanto osservato da altri autori con un paradigma di veglia protratta (Fimm et al., 2006) o di riduzione di sonno (Versace et al., 2006). Infatti, l'effetto osservato sulla IOR durante la sessione notturna può essere facilmente riconducibile all'incremento dei TR delle prove Invalide, osservato nella sessione notturna.

I risultati rappresentano anche la prima replica dell'esistenza di una IOR in profondità in condizioni normali di veglia (Casagrande e colleghi, sottoposto per pubblicazione).

Rimane poco chiaro come mai nella sessione notturna, nella condizione 3D, fosse presente la IOR bidimensionale. E' possibile ipotizzare che l'effetto di IOR bidimensionale in una scena realistica 3D sia più forte che quando valutato con scene schematiche bidimensionali e, pertanto, sia più resistente al calo della vigilanza. Tuttavia, essendo questo il primo studio che ha valutato con scene tridimensionali la IOR in profondità, all'interno di un paradigma di veglia protratta, ulteriori approfondimenti di questo fenomeno sono certamente necessari. I risultati, infine, confermano che quando il cue presenta delle componenti automatiche è possibile osservare un'interazione tra il sistema di allerta e il sistema di orientamento (Callejas et al., 2004; 2005; Fimm et al., 2006; Fuentes & Campoy, 2008; Marotta et al., 2008; Versace et al., 2006).

Capitolo 8. Compatibilità spaziale ed Effetto Simon

Quando la selezione spaziale di una risposta dipende dalla posizione dello stimolo, ad esempio se il compito richiede di premere un tasto a destra o a sinistra in risposta a uno stimolo presentato a destra o sinistra, i tempi di risposta sono più rapidi e accurati in caso di compatibilità spaziale fra stimolo e risposta (S-R) rispetto a quando stimolo e risposta sono incompatibili. Tale differenza nella prestazione viene detta *effetto di compatibilità spaziale* (per una rassegna, Hommel e Prinz, 1997; Proctor e Reeve, 1990; Proctor, 2011). L'effetto di compatibilità spaziale è stato anche osservato quando le posizioni degli stimoli e dei tasti di risposta sono arrangiate verticalmente (p.e., Nicoletti e Umiltà, 1984).

La compatibilità S-R può influenzare la prestazione anche quando risposte definite spazialmente vengono selezionate in base a caratteristiche non spaziali dello stimolo (come ad esempio la forma o il colore) mentre la posizione dello stimolo non è rilevante ai fini del compito. Anche in questo caso, infatti, prestazioni migliori si osservano in caso di corrispondenza fra la posizione di comparsa dello stimolo e quella del tasto di risposta, rispetto a quando non c'è corrispondenza fra le due posizioni (figura 24). Questa differenza è stata definita *Effetto Simon* (Lu e Proctor, 1995; Simon, 1990).

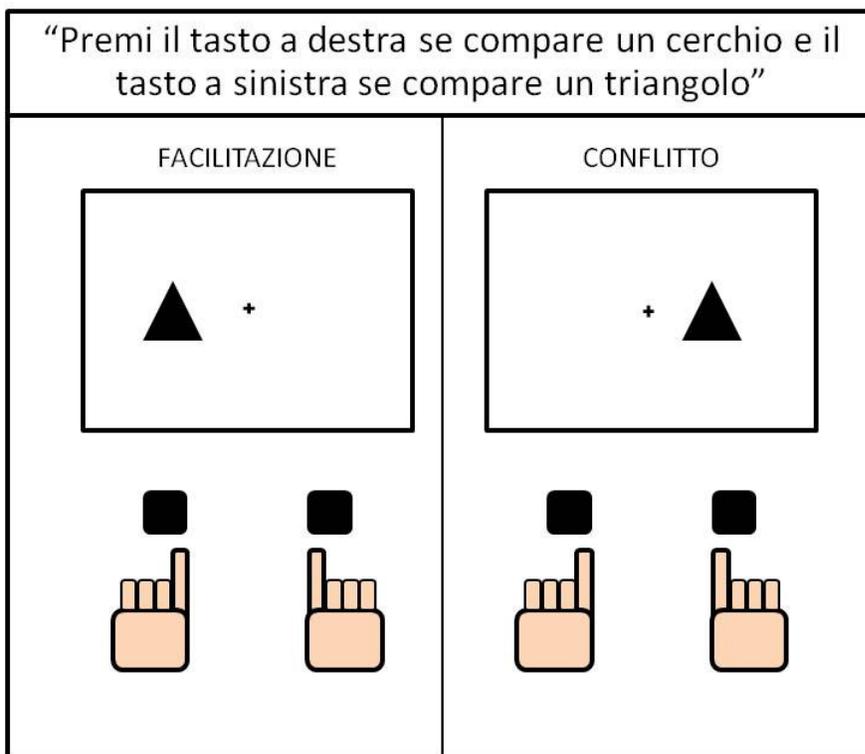


Figura 24. Nella figura è rappresentato un esempio di Compito Simon, in cui la dimensione rilevante è la forma, mentre la posizione di comparsa dello stimolo è irrilevante.

L'Effetto Simon (ES) dimostra che gli attributi spaziali dello stimolo vengono processati automaticamente anche quando non sono rilevanti per la selezione della risposta e utilizzati per preparare una risposta ipsilaterale alla posizione dello stimolo (De Jong, Liang, e Lauber, 1994; Kornblum, Hasbroucq, e Osman, 1990).

Il primo effetto di questo tipo è stato riportato da Simon e Rudell (1967) con stimoli uditivi: i soggetti indossavano delle cuffie attraverso le quali erano presentate le parole “destra” e “sinistra” a uno dei due orecchi, e veniva loro chiesto di premere un tasto a destra o a sinistra, a seconda del significato della parola presentata, ignorandone la posizione (orecchio destro o sinistro) in cui era stata presentata. Il risultato principale mostrò che i soggetti non erano in grado di ignorare la posizione di presentazione della parola. Nonostante essa variasse in modo casuale e non fosse informativa rispetto alla caratteristica rilevante dello stimolo o della risposta, le risposte erano più rapide se la posizione della parola corrispondeva a quella della risposta.

Pochi anni dopo, Simon e Small (1969) utilizzarono lo stesso tipo di compito, che prende il nome di Compito Simon, apportando alcune modifiche. Ai soggetti era chiesto di rispondere, premendo un tasto a destra o a sinistra, a suoni di tonalità bassa o alta che potevano essere presentati all'orecchio destro oppure al sinistro. I risultati mostrarono che le risposte emesse con il tasto destro (toni alti) erano 62 ms più rapide quando il tono era presentato all'orecchio destro, mentre le risposte emesse con il tasto sinistro (toni bassi) erano 60 ms più rapide quando il tono era presentato all'orecchio sinistro piuttosto che al destro. Simon e Small attribuirono questo fenomeno a una tendenza naturale a reagire verso la fonte di stimolazione.

I risultati di Simon e Small (1969) sono stati più volte replicati con stimoli uditivi (per una rassegna, Simon 1990), e l'ES ha dimostrato di essere piuttosto stabile: è stato, infatti, osservato (p.e., Simon, Craft e Webster, 1973), seppur ridotto, anche somministrando il compito per 5 giorni consecutivi o dopo più di mille prove. Il fatto che l'ES persista nonostante la pratica sembrerebbe suggerire che esso rifletta una proprietà fondamentale del processamento di informazioni (Lu e Proctor, 1995).

8.1 Effetto Simon per stimoli visivi

Craft e Simon (1970) per primi dimostrarono l'esistenza di un ES anche con stimoli visivi, utilizzando uno stereoscopio che divideva il campo visivo in due parti. Nel loro Esperimento 1, uno stimolo poteva essere presentato monocolarmente o binocularmente. Nel blocco monoculare, una luce rossa o verde poteva essere presentata nel campo visivo sinistro all'occhio sinistro oppure nel campo visivo destro all'occhio destro. Nel blocco binoculare invece due luci rosse o due luci verdi, una in ciascun campo visivo, erano presentate simultaneamente e i soggetti dovevano rispondere premendo un tasto con la mano sinistra se le luci erano verdi, oppure un altro tasto con la mano destra nel caso le luci fossero rosse. I risultati del blocco monoculare mostrarono risposte 41 ms più rapide quando la luce rossa era presentata all'occhio destro piuttosto che all'occhio sinistro, e 54 ms più rapide quando la luce verde era presentata all'occhio sinistro piuttosto che al destro. I TR nelle prove binoculari erano ancor più rapidi di quelli delle prove monoculari in cui la posizione dello stimolo e del tasto per rispondere corrispondevano. Tale risultato è stato interpretato come indice che l'ES sia dovuto principalmente all'interferenza causata dalla non corrispondenza fra posizione dello stimolo e della risposta piuttosto che alla facilitazione nelle prove in cui c'è corrispondenza (Lu e Proctor, 1995). In seguito l'ES per stimoli visivi è stato più volte replicato da studi che come

dimensione rilevante utilizzavano il colore (p.e., Hedge e Marsh, 1975; Simon e Craft, 1972; Simon, Small, Ziglar, e Craft, 1970; Umiltà e Nicoletti, 1985), la forma geometrica (Nicoletti e Umiltà, 1989; Umiltà e Liotti, 1987), oppure lettere dell'alfabeto (Proctor e Lu, 1994), anche con arrangiamento verticale di stimoli e risposte (p.e., Hedge & Marsh, 1975).

8.2 Modelli teorici

Inizialmente l'ES è stato considerato un fenomeno legato alla selezione della risposta, in parte perché effetti simili si osservano anche quando la posizione dello stimolo è rilevante ai fini del compito (per una rassegna, Proctor e Reeve, 1990).

La prima spiegazione proposta da Simon affermava che l'ES fosse il prodotto di una risposta stereotipata. Infatti, nel primo studio, con stimoli uditivi, Simon e Rudell (1967) parlano di una tendenza naturale ad associare una stimolazione dell'orecchio destro a un movimento della mano destra e viceversa. Successivamente (Simon, 1990), l'ES è stato, in modo più generico, attribuito a una forte tendenza a rispondere alla componente spaziale dello stimolo piuttosto che al suo contenuto simbolico.

Umiltà e Nicoletti (1990) hanno attribuito l'ES alla competizione fra le risposte possibili. Secondo questa spiegazione, l'attributo irrilevante di posizione dello stimolo determinerebbe la generazione di un codice di risposta. Nelle prove in cui questo codice irrilevante di risposta corrisponderebbe al codice di risposta segnalato dalla dimensione rilevante dello stimolo, non vi sarebbe competizione, ma piuttosto un beneficio dovuto alla ridondanza dei codici di risposta. Invece, nelle prove in cui i due codici non corrisponderebbero, si genererebbe una competizione che si assume debba essere risolta prima di produrre la risposta corretta. Questa competizione sarebbe la causa del rallentamento dei TR nelle prove *non-corrispondenti* rispetto alle *corrispondenti*.

Questa teoria è stata successivamente messa in discussione da Hasbroucq e Guiard (1991; vedi anche Stoffels, Van der Molen, e Keuss, 1989), che hanno proposto che l'ES dipenda piuttosto da processi di identificazione dello stimolo. Secondo questa teoria, l'ES sarebbe determinato dalla congruenza stimolo-stimolo (S-S), ovvero la corrispondenza fra le due dimensioni dello stimolo. Secondo gli Autori, associare, attraverso le istruzioni del compito, una posizione di risposta (ad esempio, sinistra) alla proprietà di uno stimolo (ad esempio il colore verde), è come far sì che quella proprietà indichi quella posizione. Infatti, come sostengono Hasbroucq e Guiard, "Poiché l'evento-stimolo equivale alla presentazione di due messaggi simultanei destra-sinistra, esso può essere intrinsecamente congruente o incongruente" (Hasbroucq e Guiard, 1991). L'identificazione dello stimolo richiederebbe più tempo quando la posizione irrilevante (p.e., destra) di uno stimolo sarebbe incongruente con la posizione rilevante (p.e., sinistra) indicata dalla dimensione rilevante ad essa assegnata (p.e. il colore verde).

Tuttavia, la teoria dell'identificazione dello stimolo di Hasbroucq e Guiard è stata smentita da alcuni studi (p.e., Hommel, 1995) mentre la teoria della selezione della risposta rimane la più accreditata (Lu e Proctor, 1995).

Mewalt, Connelly e Simon (1980) hanno elaborato un modello che propone la formazione di un buffer di ricerca per ogni possibile risposta. Questi buffer, che conterrebbero tutti gli stimoli con le rispettive risposte possibili assegnate, verrebbero passati in rassegna in maniera seriale auto-terminante. La comparsa dello stimolo orienterebbe il soggetto a cercare prima il buffer che corrisponde alla posizione dello stimolo.

Verfaellie, Bowers e Heilman (1988) hanno modificato questa spiegazione attribuendo il vantaggio per risposte sullo stesso lato dello stimolo a dei pattern di attivazione emisferica. In particolare, quando uno stimolo viene presentato in un emicampo, l'emisfero cerebrale controlaterale si attiverebbe determinando un orientamento attenzionale nell'emicampo corrispondente. La risposta a quello stimolo avrebbe un vantaggio perché sarebbe mediata dall'emisfero attivato. Questa spiegazione non ha ottenuto molto credito, e piuttosto è stata smentita da alcune evidenze sperimentali (p.e., Umiltà e Nicoletti, 1985).

Una spiegazione alternativa a quella attenzionale è stata proposta da Hommel (1993d), che ha sostenuto che la posizione dello stimolo verrebbe codificata in termini di posizione relativa rispetto a un oggetto o punto preso come riferimento. Nei suoi esperimenti uno stimolo target (ad esempio un rettangolo rosso o verde nel suo Esperimento 1) era accompagnato da un altro stimolo non informativo (ad esempio un rettangolo grigio), nella posizione non occupata dal target, che serviva come oggetto di riferimento. La comparsa del target e del rettangolo non informativo era preceduta da quella di un ampio box che circondava entrambe le possibili posizioni del target per valutare l'ipotesi di Stoffer (1991) per cui nessuna codifica spaziale avverrebbe quando l'attenzione, diretta a una cornice che delimita uno spazio, deve focalizzarsi sulla posizione del target. L'ES è stato osservato in tutti gli esperimenti di questo studio (Hommel, 1993d) in cui il target era presentato insieme a un oggetto che faceva da riferimento. Hommel ha concluso che la codifica spaziale dello stimolo dipenderebbe dalla disponibilità di un oggetto che possa fungere da punto di riferimento, che nei paradigmi standard è solitamente il punto di fissazione.

Nello stesso anno Hommel (1993c) ha proposto l'ipotesi di sovrapposizione temporale, basata dell'idea che la velocità di processamento relativo influenzerebbe la grandezza dell'ES. Secondo questa ipotesi, la codifica spaziale per la dimensione irrilevante dello stimolo si formerebbe rapidamente alla comparsa dello stimolo per poi decadere. La grandezza dell'ES sarebbe una funzione del grado di sovrapposizione nelle funzioni di attivazione dei codici irrilevanti e rilevanti. È stato anche proposto (Hommel 1994b) che il decadimento della codifica spaziale potrebbe riflettere una strategia inibitoria automatica oppure volontaria. Queste due alternative sono state valutate (Hommel 1994b), trasformando la frequenza relativa di prove non corrispondenti in prove corrispondenti in uno studio in cui la presentazione dell'informazione rilevante dello stimolo poteva essere immediata oppure ritardata. Attraverso due esperimenti l'autore modificava la discriminabilità dello stimolo (Esperimento 1) e la formazione immediata o ritardata dello stimolo (Esperimento 2) per manipolare la relazione temporale fra la codifica dell'informazione rilevante dello stimolo e quella della posizione dello stimolo. In accordo con le ipotesi, i risultati mostravano che l'ES era maggiore nelle condizioni di maggiore discriminabilità rispetto a quando la discriminabilità era bassa. Inoltre, esso era maggiore quando la formazione dello stimolo era immediata rispetto a quando era ritardata. Tali risultati erano in accordo con l'ipotesi di un graduale decadimento dell'attivazione della codifica della risposta indotta dalla posizione. Inoltre, l'ES diminuiva all'aumentare della frequenza di prove non corrispondenti, mentre si invertiva quando la frequenza era più alta. L'autore ha concluso che la preparazione strategica del processamento dello stimolo e della selezione della risposta sarebbe basata sull'informazione irrilevante circa la posizione dello stimolo. Inoltre, il decadimento della codifica non sarebbe il risultato di una strategia, ma sarebbe piuttosto un processo automatico.

Un'altra spiegazione proposta è quella della corrispondenza fra dimensioni, che si focalizza principalmente sulla somiglianza fra la dimensione dello stimolo e quella della risposta. Secondo questo modello (Kornblum e colleghi, 1990), uno stimolo attiverebbe automaticamente la sua risposta corrispondente quando fra le dimensioni di stimolo e risposta c'è somiglianza, ovvero le due dimensioni sono sovrapponibili. Nel Compito Simon, la dimensione irrilevante della posizione dello stimolo si sovrapporrebbe con la dimensione della posizione della dimensione di risposta. Di conseguenza, le risposte corrispondenti alla posizione dello stimolo verrebbero automaticamente attivate. Le risposte sarebbero così velocizzate quando questa risposta è la stessa di quella indicata dalla dimensione rilevante dello stimolo, mentre sarebbero rallentate se le due dimensioni entrano in conflitto.

Kornblum e Lee (1995) descrivono la coppia S-R in termini di presenza o meno di corrispondenza (somiglianza fisica o concettuale) fra la dimensione rilevante dello stimolo e la dimensione della risposta, fra la dimensione irrilevante dello stimolo e quella della risposta, e fra la dimensione rilevante e quella irrilevante dello stimolo.

Secondo Proctor (2011), allo stato attuale i modelli volti a spiegare l'ES lo attribuirebbero all'attivazione della risposta generata da una via automatica (Kornblum e Lee, 1995), incondizionata (De Jong, Liang, & Lauber, 1994), oppure basata su relazioni S-R a lungo termine (O'Leary & Barber, 1993).

8.2.1 Le due vie di selezione della risposta

Molti autori hanno proposto l'esistenza di due percorsi alternativi per la selezione della risposta (Hommel & Prinz, 1997; Notebaert, Soetens, & Melis, 2001), uno diretto (o automatico) e uno indiretto (o volontario). Nel percorso diretto, uno stimolo attiverebbe dei codici di risposta attraverso associazioni S-R a lungo termine che sarebbero iper-apprese o innate. Nel percorso indiretto, uno stimolo attiverebbe delle risposte attraverso associazioni a breve termine o regole di traduzione definite dalle istruzioni del compito (Barber & O'Leary, 1997; Tagliabue, Zorzi, Umiltà, & Bassignani, 2000).

Il percorso indiretto, detto anche *condizionato*, codificherebbe la dimensione non spaziale rilevante dello stimolo e porterebbe alla selezione della risposta corretta sulla base delle istruzioni del compito. L'altro percorso, anche detto *incondizionato* o automatico, codificherebbe la dimensione spaziale, irrilevante ai fini del compito, attivandosi indipendentemente dall'identificazione dello stimolo o dalle istruzioni del compito. Barber e O'Leary (1997; vedi anche Umiltà & Zorzi, 1997) hanno distinto questi due percorsi sulla base del loro legame con la memoria a breve termine (Short Term Memory links; STM) o a lungo termine (Long Term Memory links; LTM). Secondo questo approccio la grandezza dell'ES dipenderebbe dalla forza di attivazione relativa dei due percorsi. Infatti, alla comparsa dello stimolo, la sua posizione attiverebbe la via automatica, basata sulla LTM, preattivando la risposta corrispondente. Allo stesso tempo, il percorso volontario, legato alla STM, attiverebbe la risposta corretta in base all'informazione non spaziale. Se entrambi i percorsi convergono sulla stessa risposta, i TR dovrebbero essere più rapidi. Altrimenti, la risposta errata deve essere inibita e la selezione della risposta corretta richiederebbe un tempo maggiore (vedi Kornblum, Stevens, Whipple, e Requin, 1999; Tagliabue et al., 2000; Zorzi e Umiltà, 1995).

8.2.2 La codifica spaziale

Recentemente Hommel (2011) ha ricordato una questione interessante di cui si è a lungo dibattuto in letteratura. Mentre nel caso in cui si abbia uno stimolo uditivo presentato a una delle due orecchie si ha la certezza che esso sia uno stimolo “destro” oppure “sinistro”, quando si utilizzano display complessi bisogna tener conto di vari fattori. In uno studio di Nicoletti e Umiltà (1989) ai soggetti venivano presentati sei box su uno schermo e il target, una forma geometrica, poteva essere presentato all’interno di uno di questi. In un esperimento i soggetti dovevano fissare una croce al centro dello schermo e le risposte col tasto sinistro erano più rapide se lo stimolo era presentato in uno dei tre box che stavano più a sinistra rispetto alla fissazione, mentre le risposte col tasto destro erano più rapide quando il target era in uno dei tre box che stavano più a destra.

In un altro esperimento i soggetti dovevano fissare una croce a destra o a sinistra dell’interno display, ma orientare l’attenzione al centro dello schermo. Gli stessi risultati dell’esperimento precedente furono osservati, suggerendo che la codifica spaziale dipende dalla posizione del focus attenzionale e non da quella dello sguardo. In un ulteriore esperimento, i soggetti dovevano prestare attenzione a dei piccoli quadratini che venivano presentati fra due box. Indipendentemente dalla posizione assoluta del quadratino atteso e dal box che conteneva il target, le risposte erano più rapide se il target era presentato a sinistra del quadratino atteso, e viceversa per target presentati a destra. Tali risultati sembravano indicare che il focus attenzionale ha un ruolo importante nel codificare gli stimoli come “destri” o “sinistri”. Gli autori conclusero che il fatto di dirigere l’attenzione in un punto dello spazio determina una organizzazione percettiva destra-sinistra del display e degli stimoli in esso (Nicoletti e Umiltà, 1989).

Alcuni anni dopo, Nicoletti e Umiltà (1994) (ma anche Stoffer e Yakin, 1994) hanno considerato un’altra possibilità: mentre la loro ipotesi precedente enfatizzava il focus attenzionale corrente, la codifica spaziale potrebbe in realtà essere influenzata dalla posizione precedentemente attesa dal focus. In altre parole, uno stimolo presentato a sinistra di una posizione correntemente attesa potrebbe essere codificato come “sinistro” non perché si trova sulla sinistra ma perché l’attenzione deve essere spostata a sinistra affinché possa essere focalizzata su quello stimolo. Se così fosse, gli stimoli non dovrebbero essere codificati spazialmente se si impedisce all’attenzione di muoversi verso di essi. E se uno stimolo non riceve una codifica spaziale non si dovrebbe osservare alcun ES (Nicoletti e Umiltà, 1994). Per testare questa ipotesi, ai soggetti era presentata una piccola lettera proprio sotto il punto di fissazione, contemporaneamente alla comparsa del target e i soggetti dovevano riportare di quale lettera si trattasse. Questo accorgimento serviva a evitare che l’attenzione fosse orientata al target. I risultati confermarono le ipotesi e non evidenziarono alcun ES.

Tuttavia, sottolinea Hommel (2011), altre codifiche spaziali, oltre a quelle circa la posizione dello stimolo (e quindi del focus) sono implicate nell’effetto di compatibilità spaziale. Il sistema cognitivo non computerebbe solo una posizione dello stimolo, ma molte, di modo che ciascuno stimolo sia contemporaneamente codificato in varie mappe spaziali che possano essere utilizzate per differenti scopi computazionali (Rizzolatti, Riggio, & Sheliga, 1994). I codici computati in ognuna di queste mappe possono interagire con le rappresentazioni della risposta, se non altro per la sua localizzazione (Hommel, 2011). Dunque, la rappresentazione spaziale dell’azione comprenderebbe diversi codici spaziali come indicato dall’osservazione di contributi separati forniti all’ES dalle

caratteristiche spaziali dell'effettore utilizzato, del movimento compiuto e dell'intenzione raggiunta (Hommel, 1993a; Simon et al., 1970).

8.3 Effetti sequenziali e influenza della pratica

È interessante notare come l'ES possa essere modulato combinando in uno stesso compito (o alternando in compiti diversi) prove in cui la posizione spaziale è rilevante e prove in cui non lo è, e prove in cui c'è corrispondenza o meno fra stimolo e risposta (p.e., Soetens, Maetens, Zeischka, 2010). In particolare, l'ES può essere eliminato (Notebaert & Soetens, 2003; Notebaert et al., 2001), oppure invertito (ovvero facilitazione per le risposte non congruenti con la posizione del target) quando in un compito seriale la prova precedente è incongruente (p.e., Mordkoff, 1998; Stürmer, Leuthold, Soetens, Schröter, & Sommer, 2002; Valle-Inclán, Hackley, & de Labra, 2002). In termini del modello dei due percorsi alternativi, questo effetto è stato originariamente spiegato come l'azione dei processi controllati/volontari nel bloccare (Stoffels, Van der Molen, & Keuss, 1989) o ostacolare (Mordkoff, 1998) il percorso automatico.

Tagliabue e collaboratori (2000) hanno osservato un aumento dell'ES invertito all'aumentare dell'intervallo fra un compito di compatibilità spaziale e il Compito Simon, come a indicare che gli effetti a lungo termine sarebbero determinati da un processo di consolidamento di memoria. Nello studio di Tagliabue e colleghi (2000) i soggetti eseguivano un Compito Simon dopo esser stati sottoposti a 72 prove con compatibilità o incompatibilità spaziale. I risultati mostravano un ES standard dopo le prove incompatibili. La grandezza dell'effetto dopo le prove incompatibili dipendeva però dall'intervallo fra i due compiti: dopo un ritardo di 5 minuti non c'era nessun ES mentre dopo 7 giorni l'effetto era invertito.

Ancora, l'ES invertito è stato osservato quando si alternano, nello stesso compito, con una mappatura incompatibile, prove in cui la posizione del target è rilevante e prove in cui non lo è (Marble & Proctor, 2000; Proctor, Marble, & Vu, 2000) oppure quando le prove in cui non c'è corrispondenza fra stimolo e risposta sono pari all'80% delle prove totali (Hommel, 1994), mentre aumenta quando predominano le prove corrispondenti (Toth et al., 1995).

Quando il numero di prove corrispondenti e non corrispondenti è uguale, l'ES si riduce (p.e., Praamstra, Kleine, & Schnitzler, 1999; Ridderinkhof, 2002), sparisce (p.e., Mordkoff, 1998; Stürmer, Leuthold, Soetens, Schroter, & Sommer, 2002), o si inverte (di Pellegrino, Ciaramelli, & Ladavas, 2007; Hommel, Proctor, & Vu, 2004; Wendt, Kluwe, & Peters, 2006) dopo una prova non-corrispondente, mentre esso si osserva regolarmente dopo una prova corrispondente. Questi fenomeni sono noti come *effetti sequenziali* (vedi Iani et al., 2009). Tali effetti indicherebbero che l'attivazione attraverso legami a lungo termine, considerata automatica, sarebbe in realtà influenzata da processi top-down (Mordkoff, 1998; Ridderinkhof, 2002; Stoffels, 1996; Stürmer et al., 2002), con aggiustamenti compensatori che avverrebbero dopo la detezione di un conflitto nella prova successiva (p.e., Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001). Tale ipotesi sarebbe supportata da dati elettrofisiologici (e.g., Gratton, Coles, & Donchin, 1992; Stürmer & Leuthold, 2003; Stürmer et al., 2002) e di neuroimmagine (e.g., Egner & Hirsch, 2005).

Secondo Iani e collaboratori (2009) sia gli effetti della pratica che gli effetti sequenziali sarebbero la prova dell'adattamento a specifiche esperienze, favorendo un legame fra stimolo e risposta, indipendentemente dalle istruzioni del compito.

8.4 L'influenza degli effettori della risposta

Secondo Vu et al. (2000), le risposte sarebbero codificate in base alla dimensione che sarebbe saliente per l'arrangiamento specifico di stimolo e risposta.

Hommel (1993), invece, sostiene che l'evidenza empirica (p.e. Wallace 1971; 1972; Guiard, 1983) suggerirebbe che né l'effettore utilizzato né la sua posizione, sarebbero necessariamente critici per la codifica della risposta nel Compito Simon.

Proctor et al (2004) hanno valutato se l'effetto di compatibilità spaziale e l'ES si osservano in situazioni in cui la somiglianza fisica fra la dimensione spaziale della risposta e quella dello stimolo è minima. A questo scopo hanno condotto tre esperimenti in cui i soggetti rispondevano a dei toni presentati a uno dei due orecchi ruotando un volante in senso orario oppure antiorario.

Studi precedenti (Guiard, 1983; Wang, Proctor e Pick, 2003) avevano utilizzato un paradigma simile riportando che, quando le mani erano poste alla base del volante, dove movimenti delle mani sono opposti a quelli del volante (un movimento verso destra provoca una rotazione in senso antiorario e viceversa), i soggetti codificavano le risposte producendo una mappatura compatibile se le istruzioni non enfatizzavano movimenti della mano o del volante.

Simon, Hinrichs, e Craft (1970), con stimoli uditivi, e poi Wallace (1971), con stimoli visivi, hanno mostrato che l'ES è indipendente dall'arto utilizzato per emettere la risposta. In entrambi gli studi, infatti, i soggetti dovevano premere un tasto a destra o a sinistra con le braccia incrociate (cioè con la mano destra che premeva il tasto di sinistra e viceversa) oppure non incrociate. Nonostante le risposte fossero più lente nella condizione con le braccia incrociate, la grandezza dell'ES era costante.

Un esperimento simile è stato condotto da Wallace (1972), con i soggetti che non vedevano la posizione delle loro braccia, coperte da un pannello. Anche in questo caso l'ES era osservato sia nella condizione crociata che in quella non crociata. Wallace (1972) concluse che l'ES sarebbe funzione della codifica delle risposte e degli stimoli in termini di posizioni spaziali. La codifica spaziale delle risposte influenzerebbe i TR anche quando le alternative di risposta non sarebbero definite da attributi spaziali.

Un'altra variante del compito è quella di Hedge e Marsh (1975) in cui a stimoli colorati vengono assegnati tasti di risposta colorati a destra e a sinistra. Nonostante la corrispondenza fra stimolo e risposta sia definita dal colore (p.e., premere il tasto verde alla comparsa dello stimolo rosso e viceversa), i tasti di risposta di diversi colori sono comunque distinti in base alla loro posizione spaziale. Anche in questo caso si osserva l'ES (Brebner, 1979; De Jong et al. 1994; Hasbroucq & Guiard, 1991; Hedge & Marsh, 1975; Lu & Proctor, 1994; Simon et al., 1981), come a indicare che esso si presenta ogni qual volta la risposta viene codificata spazialmente.

8.5 Effetti delle dimensioni orizzontali e verticali

Nel compito di compatibilità S-R, in cui bisogna rispondere premendo il tasto di destra per stimoli presentati a destra e viceversa, l'effetto di compatibilità (*Stimulus-Response Compatibility; SRC*) è ottenuto sia se stimoli e tasti di risposta sono orientati lungo l'asse orizzontale sia se sono orientati su quello verticale, ed è di grandezza simile (Nicoletti & Umiltà, 1984; Vu, Proctor, & Pick, 2000). Mentre se misurate separatamente, non sembra esserci alcun vantaggio per la dimensione orizzontale su quella verticale, quando una serie di stimoli e risposte variano simultaneamente lungo le dimensioni orizzontali e verticali (ad esempio quando le loro posizioni sono i vertici delle

diagonali di un quadrato immaginario), nel compito di compatibilità S-R si osserva spesso una sorta di prevalenza destra-sinistra nella generazione dei codici spaziali, ovvero l'effetto SRC è maggiore per la dimensione orizzontale che per quella verticale (p.e., Nicoletti e Umiltà, 1984, 1985; Nicoletti, Umiltà, Tressoldi, e Marzi, 1988).

Hommel (1996) aveva messo in discussione questo effetto, fornendo evidenze per cui un bias delle istruzioni (Esperimento 1) e un bias degli effettori (Esperimento 2) sarebbero i responsabili dell'effetto di prevalenza. La sua ipotesi era che negli esperimenti di Nicoletti e Umiltà (1984, 1985; Nicoletti et al., 1988) i soggetti seguissero delle istruzioni orizzontali nonostante fossero state date loro solo delle istruzioni verticali. Secondo Hommel non ci sarebbe prevalenza destra-sinistra su alto-basso nella generazione dei codici spaziali. Piuttosto, l'autore propone la spiegazione del bias di risposta, secondo cui la prevalenza destra sinistra sarebbe un artefatto dovuto all'uso di effettori posti uno a destra e uno a sinistra.

Umiltà e Nicoletti (1990) avevano proposto che, quando è richiesta una risposta a un'informazione spaziale, l'attenzione sarebbe naturalmente attratta dalla dimensione orizzontale e di conseguenza questa dimensione determinerebbe un processamento controllato o un movimento volontario, a scapito di quella verticale.

Secondo Vu e Proctor (2001; 2002) la prevalenza destra-sinistra non sarebbe dovuta a un vantaggio della dimensione orizzontale sulla verticale, ma piuttosto al fatto che in molte situazioni, il contesto dello stimolo e della risposta (ad esempio il semplice fatto di rispondere con la mano destra o con la sinistra) diventa un punto di riferimento saliente per una codifica orizzontale. Questa spiegazione è nota come *ipotesi della salienza relativa*. Vu e Proctor (2001) hanno evidenziato che la salienza della dimensione orizzontale sarebbe favorita dall'uso di due effettori destra-sinistra piuttosto che dall'uso di un singolo effettore, oppure posizionando i due effettori in modo che risultino più distanti l'uno dall'altro (Vu & Proctor, 2001; Vu et al., 2000).

In accordo con questa teoria Rubichi et al. (2004) hanno osservato una prevalenza destra-sinistra in un compito di compatibilità S-R: mentre un effetto SRC orizzontale era presente sia che gli effettori di risposta avessero un arrangiamento orizzontale che verticale, un effetto SRC verticale era presente solo quando si utilizzavano gli effettori verticali. Rubichi et al (2004) hanno suggerito che, quando entrambe le dimensioni devono essere processate, la prevalenza destra-sinistra potrebbe essere dovuta alla salienza di fattori intrinseci che si aggiungerebbero ai fattori ambientali.

Secondo Hommel e Lippa (1995) la codifica indotta dal contesto non dipenderebbe dal fatto che la posizione dello stimolo sia rilevante ai fini del compito, infatti si osserverebbe anche nel Compito Simon. Tale codifica, inoltre, sarebbe indipendente dalle intenzioni del soggetto, quindi automatica. La codifica spaziale dello stimolo non avrebbe un riferimento solo egocentrico oppure ambientale, ma anche in relazione al contesto visivo, all'interno del quale avverrebbero la codifica della posizione intrinseca e quella basata sull'oggetto (Hinton & Parsons, 1981; Palmer, 1989; Rock, 1973).

Per quanto riguarda il Compito Simon, non c'è accordo generale sul fatto che ci sia o meno una prevalenza della dimensione destra-sinistra su quella verticale (Proctor et al., 2004). Ad esempio, Proctor e colleghi (2003) hanno osservato un ES di simile grandezza per le dimensioni orizzontale e verticale con un display neutro in cui gli stimoli erano presentati a uguali distanze lungo i quattro vertici di un quadrato immaginario. Inoltre, rendendo una dimensione più saliente dell'altra, l'ES per quella dimensione aumentava rispetto a quello dell'altra dimensione. In contrasto, Rubichi,

Nicoletti e Umiltà (2005; Esperimento 1) hanno riportato un effetto di prevalenza destra-sinistra quando gli stimoli variavano lungo le due dimensioni, mentre le risposte erano disposte lungo una sola dimensione per volta ed erano eseguite da effettori codificati lungo la stessa dimensione di risposta.

Klein e colleghi (2006) hanno definito *effetto di compatibilità ortogonale* quello per cui, quando la posizione dello stimolo è rilevante, ci sarebbe un effetto asimmetrico dell'asse ortogonale del codice spaziale dello stimolo, che dipenderebbe dalla posizione della risposta (Bauer & Miller, 1982; Cho & Proctor, 2001; Umiltà, 1991; Weeks & Proctor, 1990; Weeks, Proctor, & Beyak, 1995; per una rassegna, Cho & Proctor, 2003). Ad esempio, quando gli stimoli sono allineati verticalmente e le risposte orizzontalmente, le risposte con tasto destro sarebbero più rapide per gli stimoli presentati nella parte alta del campo visivo mentre le risposte con il tasto sinistro sarebbero più rapide per stimoli presentati nella posizione più bassa.

Tuttavia, nel loro studio (Klein et al 2006) non hanno rilevato alcun effetto di compatibilità ortogonale, né effetti di prevalenza destra-sinistra.

Capitolo 9. Effetto Simon nello spazio tridimensionale

Nonostante negli ultimi quarant'anni una ricca letteratura si sia occupata delle caratteristiche dell'ES (per una rassegna, Proctor, 2011; Hommel, 2011; Klein e Ivanoff, 2011), non è mai stato valutato se la codifica spaziale della posizione dello stimolo e dell'effettore tenga conto anche della terza dimensione.

Come abbiamo visto, l'effetto Simon è presente sia per stimoli presentati nella dimensione orizzontale sia in quella verticale dello spazio (p.e., Hedge & Marsh, 1975). Sebbene non vi sia accordo generale, alcuni studi hanno riportato una prevalenza della dimensione orizzontale su quella verticale (p.e. Rubichi, Nicoletti e Umiltà, 2005) riconducibile al fatto che nella realtà quotidiana gli stimoli si presentano con maggiore frequenza secondo un allineamento orizzontale (Proctor, Vu e Nicoletti 2003; Rubichi, Nicoletti, Pelosi, Umiltà 2004).

Quando si esegue un'azione che coinvolge un oggetto presente nel campo visivo, è necessario che l'attenzione venga focalizzata sull'oggetto in questione e sulla regione dello spazio in cui l'oggetto si trova, e che si tenga conto del rapporto fra la posizione dell'oggetto e quella della mano (Logan, 1994). È noto che lo spazio che ci circonda può essere idealmente suddiviso in due regioni principali (Previc, 1998), gestite da sistemi cerebrali differenti: il sistema Peripersonale, che si occuperebbe prevalentemente delle operazioni che avvengono nello spazio immediatamente prossimo a noi, e il sistema Extrapersonale, dedicato prevalentemente allo spazio lontano (si veda capitolo 2). La codifica delle porzioni di spazio vicino e lontano farebbe riferimento a due sistemi di coordinate differenti, rispettivamente egocentrico e allocentrico (Maringelli et al., 2001). Infatti, uno studio recente ha mostrato che spostare l'attenzione fra i due spazi (peripersonale ed extrapersonale) ha un costo, in termini di TR e accuratezza, dovuto all'attivazione di diverse rappresentazioni spaziali (Couyoumdjian e colleghi, 2003).

Mentre lo spazio peripersonale è stato definito come lo spazio all'interno del quale il braccio può muoversi per afferrare gli oggetti e sarebbe legato alla pianificazione ed esecuzione di movimenti manuali così come alla localizzazione degli oggetti (Goodale e Milner, 1992; Previc, 1998), lo spazio extrapersonale sarebbe tutto ciò che sta oltre l'area di movimento del braccio e si occuperebbe della ricerca visiva e dell'identificazione di oggetti. Un migliore processamento per gli stimoli che si presentano nello spazio peripersonale piuttosto che extrapersonale è stato più volte documentato (p.e., Downing e Pinker, 1985; Previc, 1998; Lloyd et al., 2010).

Il nostro studio si proponeva di valutare la presenza di un ES in profondità, considerando le dinamiche di tale effetto quando le posizioni di comparsa del target sono all'interno dello spazio peripersonale o di quello extrapersonale.

Tre diverse condizioni sono state valutate in blocchi di prove separati: uno tridimensionale (3D), uno con indizi monoculari di profondità (2D+) e uno bidimensionale (2D). Sono stati utilizzati due set di risposta: in un caso i tasti di risposta erano collocati a diverse profondità, con la tastiera ruotata di 90° rispetto alla sua posizione canonica; nell'altro, la tastiera è stata posta in posizione verticale, con i due tasti di risposta collocati in alto e in basso (vedi Figura 25).

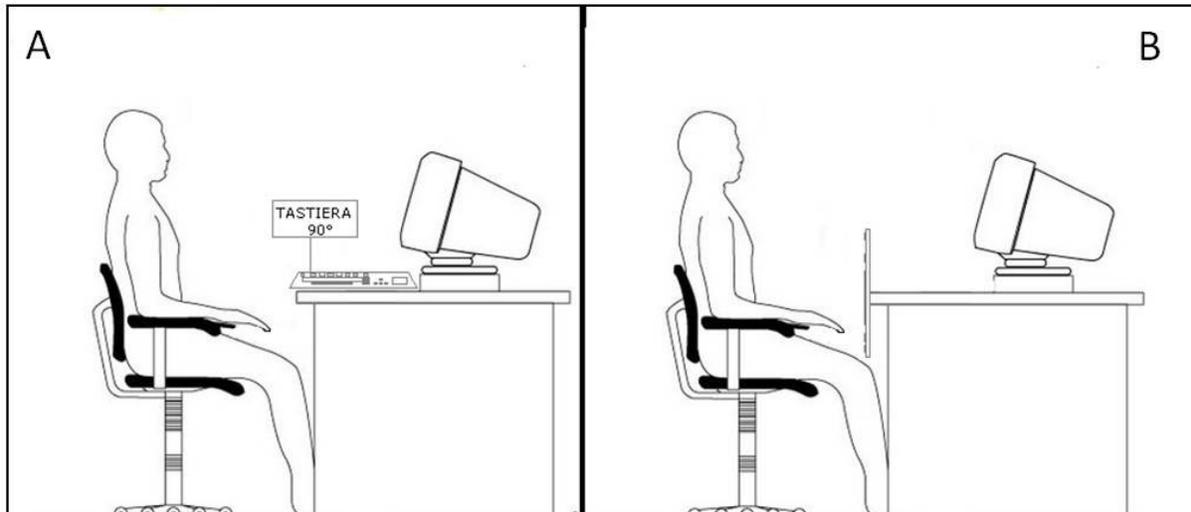


Figure 25. In A è raffigurata la condizione con la tastiera ruotata di 90° rispetto alla sua posizione usuale. In B è raffigurata la condizione con la tastiera posta verticalmente di fronte all'osservatore.

Gli stimoli potevano essere presentati in alto o in basso, a due diverse profondità: nello spazio peripersonale oppure in quello extrapersonale.

Data la maggiore concentrazione di risorse attenzionali nello spazio vicino rispetto a quello lontano (p.e., Lloyd et al., 2010; Dufour e Touzalin, 2008), ci aspettavamo di trovare, solo nella condizione tridimensionale, risposte più rapide nello spazio peripersonale rispetto a quello extrapersonale, indipendentemente dalla posizione del tasto utilizzato per rispondere.

Inoltre, nella condizione tridimensionale con la tastiera ruotata di 90°, poiché a stimoli presentati a diversa profondità bisognava rispondere utilizzando dei tasti posti a diversa profondità, ci aspettavamo di osservare un ES nella terza dimensione.

Nelle prove con tastiera verticale invece ci aspettavamo di osservare un ES per la dimensione verticale dovuta alla congruenza fra stimolo e risposta (tasto in alto-stimolo in alto, tasto in basso-stimolo in basso), e nessun ES in profondità.

9.1 Metodo

Partecipanti

Hanno volontariamente preso parte alla ricerca 24 studenti universitari, di età compresa fra i 20 e i 30 anni. Sono stati selezionati soltanto studenti con una visione normale o corretta e con una preferenza manuale destra, valutata con il Questionario sulla preferenza laterale (Salmaso e Longoni, 1985). Prima di partecipare alla ricerca gli studenti firmavano un modulo di consenso informato.

Apparato

Gli stimoli sono stati presentati attraverso un computer Pentium 4 con uno schermo di 21 pollici ad alta definizione. Per controllare la comparsa degli stimoli, la loro durata e la registrazione delle risposte è stato utilizzato il software E-prime. Le risposte venivano registrate per mezzo di una tastiera standard e i movimenti del capo erano limitati dall'uso di un poggia-mento. Gli stimoli

tridimensionali sono stati creati con un software di resa tridimensionale (Autocad 2008). Le immagini create sono state poi trasformate in anaglifi e venivano osservate attraverso specifici occhiali.

Stimoli

L'esperimento prevedeva tre condizioni sperimentali: nella prima, tridimensionale, gli stimoli erano immagini che presentavano indizi monoculari di profondità insieme alla disparità binoculare (3D); nella seconda (che abbiamo considerato bidimensionale) si presentavano immagini contenenti solo indizi monoculari di profondità (2D+); nella terza si presentavano immagini bidimensionali pure, senza alcun indizio di profondità (2D).

Condizione 3D

Gli stimoli target, delle sfere di colore nero o bianco, erano presentati su uno sfondo complesso, che raffigurava l'interno di una stanza, che aveva un'altezza di 40 cm sullo schermo (2.40 m altezza percepita), una profondità di 70 cm (percepita 4 m), e una larghezza di 70 cm (percepita 4 m). Un muro grigio (il fondo della stanza) era al centro del campo visivo ed era circondato da quattro pareti con una tessitura a mattoncini grigi. Il punto di fissazione misurava 0.2 cm x 0.2 cm ed era posto al centro dello schermo.

Gli stimoli potevano essere presentati 50 cm sopra o sotto il punto di fissazione, a diversa profondità rispetto all'osservatore: a 20 cm nel caso in cui fosse presentato nello spazio peripersonale, a 290 cm quando presentato nello spazio extrapersonale. Due immagini quasi identiche, rappresentanti i punti di vista dei due occhi, sono state create per ogni condizione, e trasformate in anaglifi.

Condizione bidimensionale con indizi monoculari

Le caratteristiche degli stimoli e della stanza erano le stesse di quelle della Condizione 3D. L'unica differenza era che una sola immagine centrale (e non due punti di vista) veniva presentata per ogni condizione. Naturalmente, i soggetti non indossavano occhiali 3D in questa condizione.

Condizione bidimensionale pura

Le dimensioni degli stimoli erano mantenute identiche a quelle delle condizioni precedenti. Tuttavia era assente qualsiasi indizio di profondità, pertanto gli stimoli venivano presentati su uno sfondo grigio uniforme e non all'interno della stanza.

Procedura

I partecipanti eseguivano il compito in una stanza buia e insonorizzata. Dopo aver firmato il consenso informato venivano fatti sedere di fronte al computer, a una distanza di 56 cm dallo schermo, con la testa poggiata sul poggiatesta, la cui altezza veniva regolata in modo che il centro del campo visivo corrispondesse con il centro del monitor.

Veniva loro chiesto di rispondere, il più velocemente e accuratamente possibile, alla comparsa di un target, presentato al di sopra o al di sotto del punto di fissazione. La risposta al target doveva essere basata sul colore (nero o bianco) dello stimolo bersaglio, premendo il tasto "Q" se il target era di colore nero e il tasto "P" se era di colore bianco (o viceversa in modo bilanciato fra i soggetti).

Ogni prova iniziava con la presentazione del punto di fissazione per 500 ms. Successivamente, il target era presentato per 200 ms. La prova terminava con la risposta del soggetto oppure, in caso di mancata risposta, entro 1500 ms. L'intervallo fra una prova e l'altra durava 700 ms.

In ordine bilanciato fra i soggetti, ciascuna condizione (tridimensionale, monoculare e bidimensionale) era ripetuta in due modalità: con la tastiera del computer posizionata in verticale oppure ruotata di 90° sul piano di profondità.

Ciascuna delle tre condizioni era costituita da 72 prove ed era preceduta da un blocco di pratica di 24 prove. Un esempio degli stimoli presentati è raffigurato nella Figura 26.

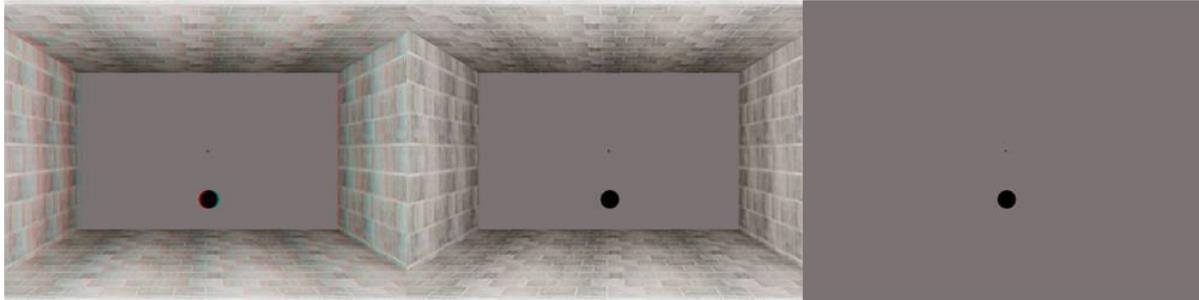


Figura 26. Un esempio degli stimoli utilizzati nei tre blocchi di prove, tridimensionale (a sinistra), monoculare (al centro), e bidimensionale (a destra), in cui il target era presentato in basso, alla profondità vicina.

9.2 Analisi dei dati

I risultati delle prove eseguite nelle due modalità di risposta (tastiera ruotata di 90°/tastiera verticale) sono stati separatamente analizzati con un'ANOVA per misure ripetute considerando come fattori la *Condizione* (3D, 2D+, 2D), il *Tasto* (Vicino/Lontano se la tastiera era ruotata; Basso/Alto se era verticale), la *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore), lo *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale). L'ANOVA è stata eseguita sui TR medi delle risposte corrette. Dall'analisi sono stati esclusi i TR inferiori a 200 ms e superiori a 1200 ms.

Inoltre un'ANOVA *Tasto* (Vicino/Lontano se la tastiera era ruotata; Basso/Alto se era verticale), x *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) è stata eseguita separatamente per ciascuna condizione (3D, 2D+, 2D).

Infine, avendo ipotizzato che un ES in profondità sarebbe stato osservato solo nelle prove con la tastiera ruotata di 90° (e naturalmente solo nella condizione 3D, o tutt'al più nella 2D+), il fattore *Posizione* è stato collassato e un'ANOVA *Tasto* (Vicino/Lontano) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) è stata eseguita separatamente per ciascuna condizione.

Per le analisi delle interazioni sono stati eseguiti dei confronti pianificati.

9.3 Risultati

La tabella 7 riporta le medie (\pm DS) dei TR in tutte le condizioni sperimentali, per entrambi gli orientamenti della tastiera.

| Blocco | Pos. stimolo | Pos. tasto | Tastiera ruotata 90° | | Tastiera verticale | |
|--------|--------------|--------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | PERIPERS. | EXTRAP. | PERIPERS. | EXTRAP. |
| 2D | Alto | Basso/Vicino | 563,47 (152,25) | 560,26 (135,72) | 550,88 (118,23) | 552,53 (124,12) |
| | | Alto/Lontano | 436,51 (71,580) | 437,29 (73,38) | 448,87 (108,45) | 460,59 (102,98) |
| | Basso | Basso/Vicino | 439,74 (71,08) | 442,89 (60,77) | 457,83 (80,61) | 456,92 (99,89) |
| | | Alto/Lontano | 555,86 (152,47) | 549,77 (150,02) | 567,12 (134,08) | 566,16 (160,72) |
| 2D+ | Alto | Basso/Vicino | 541,33 (140,33) | 552,11 (139,59) | 550,91 (110,06) | 539,66 (99,562) |
| | | Alto/Lontano | 412,70 (69,89) | 431,58 (73,75) | 424,42 (65,03) | 429,02 (69,50) |
| | Basso | Basso/Vicino | 422,07 (70,53) | 427,10 (63,06) | 434,30 (68,66) | 453,48 (84,05) |
| | | Alto/Lontano | 529,95 (164,07) | 553,17 (155,75) | 553,13 (155,51) | 555,70 (145,83) |
| 3D | Alto | Basso/Vicino | 555,33 (131,19) | 584,28 (143,92) | 561,62 (104,07) | 574,47 (120,02) |
| | | Alto/Lontano | 439,29 (85,36) | 458,46 (78,22) | 462,32 (69,93) | 471,04 (73,88) |
| | Basso | Basso/Vicino | 448,10 (77,76) | 441,29 (68,85) | 470,81 (79,24) | 465,80 (84,51) |
| | | Alto/Lontano | 565,38 (163,55) | 570,71 (152,91) | 589,94 (139,35) | 588,84 (155,78) |

Tabella 7. Medie e deviazioni standard dei TR in ogni condizione sperimentale, nelle prove con tastiera ruotata di 90° e con tastiera verticale.

Prove con tastiera ruotata di 90°: Analisi generale.

L'ANOVA *Condizione* (3D, 2D+, 2D) x *Tasto* (Vicino/Lontano) x *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un effetto principale della *Condizione* ($F_{2,46}=4.92$; $p < .01$) con TR più lenti nella condizione 3D (508 ms) rispetto alla 2D+ (484 ms; $p < .0001$) e alla 2D (498 ms; $p < .05$). Si è osservato un effetto principale dello *Spazio* ($F_{1,23}= 7.62$; $p < .01$), con TR più rapidi nello spazio peripersonale (492 ms) rispetto allo spazio extrapersonale (501 ms).

Un'interazione *Tasto* x *Posizione* ($F_{1,23}= 20.18$; $p < .0002$; Figura 27) ha evidenziato TR più rapidi quando il tasto di risposta era quello più lontano e il target era presentato nell'emicampo superiore (436 ms) rispetto a quando era nell'emicampo inferiore (554 ms; $p < .002$). Inoltre, TR più rapidi sono stati osservati quando il tasto di risposta era quello più vicino e il target era presentato nell'emicampo inferiore (437 ms) rispetto a quando presentato nell'emicampo superiore (559 ms; $p < .004$).

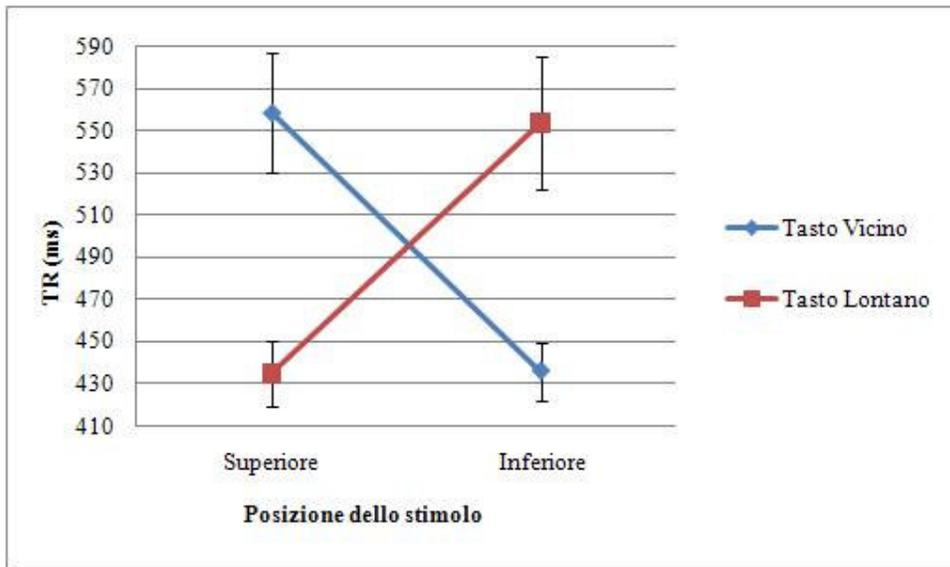


Figura 27. La figura mostra le medie dei TR a ciascun livello della *Posizione* dello stimolo (Superiore, Inferiore) in funzione di ciascun livello della variabile *Tasto* (vicino, lontano).

Un'interazione *Condizione* x *Spazio* (Figura 28) è stata anche osservata ($F_{2,46}=4.34$; $p < .02$), con TR inferiori per stimoli presentati nello spazio peripersonale rispetto all'extrapersonale, sia nella condizione 2D+ (477 ms vs. 491 ms; $p < .001$), che nella 3D (502 ms vs. 514 ms; $p < .01$).

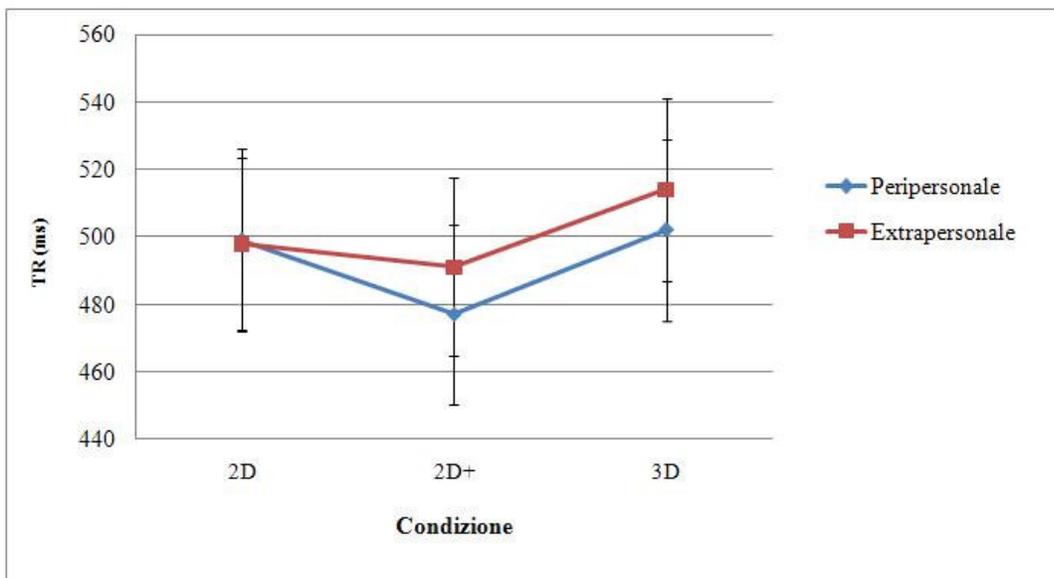


Figura 28. La figura mostra le medie dei TR in ciascuna livello della *Condizione* (2D, 2D+, 3D) in funzione di ciascun livello dello *Spazio* (peripersonale, extrapersonale).

Prove con tastiera ruotata di 90°: Condizione 3D.

L'ANOVA *Tasto* (Vicino/Lontano) x *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un effetto principale dello *Spazio* ($F_{1,23}=7.03$; $p=.01$), con TR più rapidi per target presentati nello spazio peripersonale (502 ms) rispetto ai TR per target presentati nello spazio extrapersonale (514 ms). Inoltre, l'interazione *Tasto* x *Posizione* ($F_{1,23}=22.01$; $p<.001$; figura 29) ha evidenziato TR significativamente inferiori nel rispondere con il tasto lontano quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo superiore (449 ms), rispetto a quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (568 ms; $p<.003$), e viceversa, TR più rapidi quando dovevano rispondere con il tasto vicino e lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (445 ms) rispetto a quando veniva presentato nell'emicampo superiore (570 ms; $p<.002$).

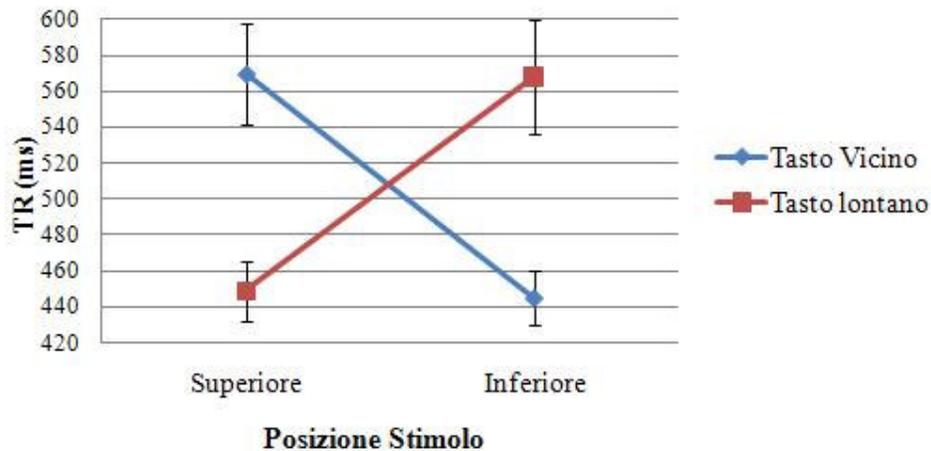


Figura 29. La figura mostra l'interazione *Tasto* x *Posizione* dello stimolo per la condizione 3D.

Prove con tastiera ruotata di 90°: Condizione 2D+.

L'ANOVA *Tasto* (Vicino/Lontano) x *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un effetto principale dello *Spazio* ($F_{1,23}=10.97$; $p<.01$), con TR più rapidi per stimoli presentati nello spazio peripersonale (476 ms) rispetto a quelli presentati nello spazio extrapersonale (491 ms).

Un'interazione *Tasto* x *Posizione* ($F_{1,23}=19.38$; $p<.001$; Figura 30) ha mostrato TR minori a rispondere con il tasto lontano quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo superiore (425 ms), rispetto a quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (547 ms; $p<.01$), e TR più rapidi quando dovevano rispondere con il tasto vicino e lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (422 ms) rispetto a quando veniva presentato nell'emicampo superiore (542 ms; $p<.01$).

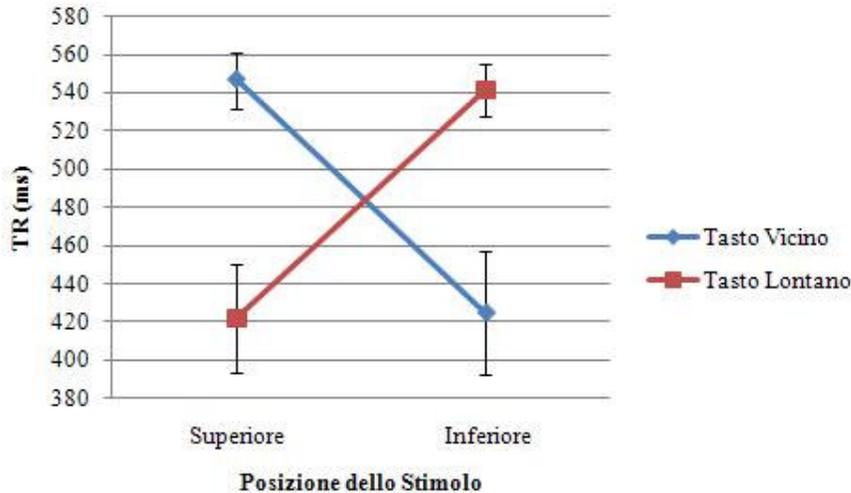


Figura 30. La figura mostra l'interazione fra la *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) e il *Tasto* (vicino, lontano) nella condizione 2D+.

Prove con tastiera ruotata di 90°: Condizione 2D.

L'ANOVA *Tasto* (Vicino/Lontano) x *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un'interazione significativa *Tasto* x *Posizione* dello stimolo ($F_{1,23}=17.95$; $p < .001$), con TR significativamente inferiori nel rispondere con il tasto lontano quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo superiore (441 ms), rispetto a quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (562 ms; $p < .01$), e TR più rapidi quando dovevano rispondere con il tasto vicino e lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (437 ms) rispetto a quando veniva presentato nell'emicampo superiore (553 ms; $p < .005$).

Prove con tastiera ruotata di 90°: Analisi con il fattore Posizione collassato: Condizione 3D

L'ANOVA *Tasto* (Vicino/Lontano) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un effetto principale dello *Spazio* ($F_{1,23}=7.03$; $p < .02$), con TR più rapidi per stimoli presentati nello spazio peripersonale (502 ms) rispetto ai TR per stimoli nello spazio extrapersonale (513 ms). L'interazione *Tasto* x *Spazio* non è risultata significativa ($F < 1$).

Prove con tastiera ruotata di 90°: Analisi con il fattore Posizione collassato: Condizione 2D+

L'ANOVA *Tasto* (Vicino/Lontano) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un effetto principale dello *Spazio* ($F_{1,23}=10.97$; $p < .01$), con TR più rapidi per stimoli presentati nello spazio peripersonale (476 ms) rispetto ai TR per stimoli nello spazio extrapersonale (490 ms). L'interazione *Tasto* x *Spazio* non è risultata significativa ($F < 1$).

Prove con tastiera ruotata di 90°: Analisi con il fattore Posizione collassato: Condizione 2D

L'ANOVA *Tasto* (Vicino/Lontano) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) non ha rilevato effetti significativi (tutte le $F < 1$).

Prove con tastiera verticale: Analisi generale.

L'ANOVA *Condizione* (3D, 2D+, 2D) x *Tasto* (Alto/Basso) x *Posizione* (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un effetto principale della *Condizione* ($F_{2,46}=4.95$; $p<.02$), con TR maggiori nella condizione 3D (523 ms) rispetto alla 2D (507 ms; $p<.05$) e alla 2D+ (492 ms; $p<.0001$). Inoltre, l'interazione *Tasto* x *Posizione* ($F_{1,23}=25.62$; $p<.0001$; Figura 31) ha evidenziato TR significativamente minori quando la posizione dello stimolo corrispondeva alla posizione del tasto: i soggetti erano più rapidi nel rispondere con il tasto più in alto quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo superiore (456 ms), rispetto a quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (555 ms; $p<.004$); ancora, essi erano più rapidi quando dovevano rispondere con il tasto più in basso e lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (449 ms) rispetto a quando veniva presentato nell'emicampo superiore (570 ms; $p<.001$).

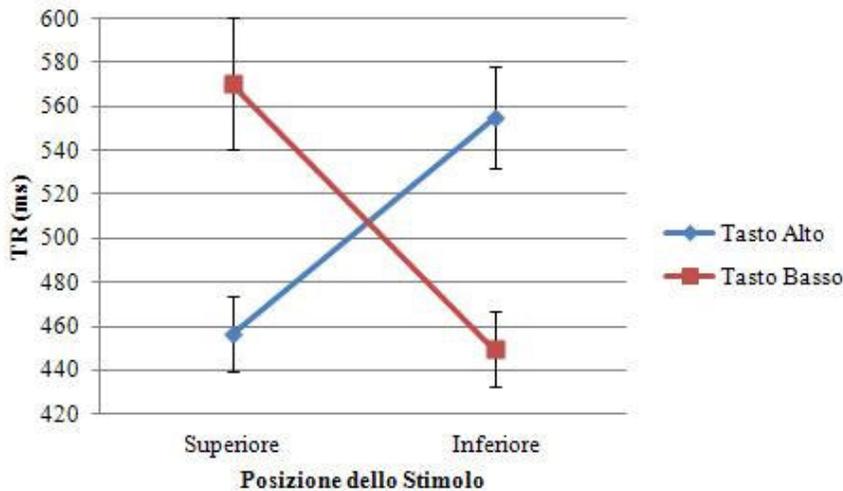


Figura 31. La figura mostra l'interazione *Posizione* dello stimolo (Superiore/ Inferiore) x *Tasto* (Alto/Basso), con tempi più rapidi nel rispondere con il tasto basso a stimoli nell'emicampo inferiore e con il tasto alto a stimoli presentati nell'emicampo superiore.

Prove con tastiera verticale: Condizione 3D.

L'ANOVA *Tasto* (Alto/Basso) x *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un'interazione significativa *Tasto* x *Posizione* ($F_{1,23}=24.41$; $p<.0001$), con TR significativamente inferiori quando la posizione del stimolo corrispondeva alla posizione del tasto: i soggetti erano più rapidi nel rispondere con il tasto superiore quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo superiore (468 ms), rispetto a quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (568 ms; $p<.01$), ed erano più rapidi quando dovevano rispondere con il tasto inferiore e lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (467 ms) rispetto a quando veniva presentato nell'emicampo superiore (589 ms; $p<.001$).

Prove con tastiera verticale: Condizione 2D+.

L'ANOVA *Tasto* (Alto/Basso) x *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un'interazione significativa *Tasto* x *Posizione* ($F_{1,23}=26.68$; $p<.0001$), con TR significativamente inferiori quando la posizione del stimolo

corrispondeva alla posizione del tasto: i soggetti erano più rapidi nel rispondere con il tasto superiore quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo superiore (444 ms), rispetto a quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (545 ms; $p < .01$), ed erano più rapidi quando dovevano rispondere con il tasto inferiore e lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (427 ms) rispetto a quando veniva presentato nell'emicampo superiore (554 ms; $p < .001$).

Prove con tastiera verticale: Condizione 2D.

L'ANOVA *Tasto* (Alto/Basso) x *Posizione* dello stimolo (Superiore/Inferiore) x *Spazio* (Peripersonale/Extrapersonale) ha evidenziato un'interazione significativa *Tasto* x *Posizione* ($F_{1,23}=22.25$; $p < .0001$), con TR significativamente inferiori quando la posizione del stimolo corrispondeva alla posizione del tasto: i soggetti erano più rapidi nel rispondere con il tasto superiore quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo superiore (457 ms), rispetto a quando lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (552 ms; $p < .01$), ed erano più rapidi quando dovevano rispondere con il tasto inferiore e lo stimolo veniva presentato nell'emicampo inferiore (455 ms) rispetto a quando veniva presentato nell'emicampo superiore (567 ms; $p < .001$).

9.4 Discussione

L'obiettivo principale di questo studio era valutare la presenza e l'intensità dell'effetto Simon nello spazio tridimensionale.

Sono stati utilizzati due differenti arrangiamenti della tastiera per valutare il rapporto fra la posizione degli effettori e quella degli stimoli, sia in profondità (vicino – lontano) sia sulla dimensione verticale. I risultati delle prove eseguite con i due diversi arrangiamenti della tastiera sono stati analizzati separatamente.

L'effetto principale della *Condizione*, presente sia nelle prove con tastiera ruotata che in quelle con tastiera verticale, ha evidenziato tempi di risposta più lenti nella condizione 3D rispetto alle altre due, indicando che la complessità della scena visiva ha un effetto sulla rapidità di elaborazione dello stimolo e selezione della risposta.

Le analisi eseguite sulle prove con la tastiera ruotata di 90 gradi, in cui i tasti di risposta sono posizionati a diverse profondità, hanno evidenziato un generale effetto dello *Spazio*, con tempi di risposta più rapidi per stimoli presentati nello spazio peripersonale, confermando l'ipotesi di una maggiore concentrazione delle risorse attenzionali nello spazio immediatamente prossimo a noi (p.e., Lloyd et al., 2010).

Tale ipotesi risulta piuttosto plausibile se la si considera da un punto di vista adattivo: si può supporre, infatti, che il nostro cervello abbia appreso, grazie all'esperienza, che stimoli statici locati in una posizione vicina a noi generalmente richiedano una risposta più rapida di quella richiesta da stimoli statici lontani. Tale comportamento consentirebbe anche una rapida difesa verso stimoli potenzialmente dannosi.

È interessante notare come l'effetto dello *Spazio* si sia osservato solo nelle condizioni 3D e 2D+, e non nella 2D, a conferma che il setting sperimentale utilizzato rappresentasse un'efficace simulazione di percezione tridimensionale, sia con la disparità binoculare che con indizi monoculari di profondità. In particolare, mentre la condizione 2D+ era stata inizialmente considerata come

bidimensionale, i risultati sembrano indicare che l'effetto della profondità sia generato anche dal semplice utilizzo di indizi monoculari.

I risultati hanno anche evidenziato un'interazione *Condizione x Spazio*, con tempi di risposta più rapidi per stimoli presentati nello spazio peripersonale piuttosto che extrapersonale nelle condizioni 2D+ e 3D, ma non nella 2D, indicando, ancora una volta, l'efficacia delle prime due condizioni nel simulare la percezione di profondità.

L'assenza di un'interazione *Tasto x Spazio* nell'ANOVA eseguita sulle prove con tastiera ruotata, collassando il fattore *Posizione*, sembrerebbe indicare l'assenza di un Effetto Simon legato alla profondità.

Tuttavia, una spiegazione alternativa può essere avanzata. Infatti, è possibile ipotizzare che, nel nostro studio, l'occorrenza di un effetto Simon in profondità sia stata mascherata dalla presenza di un più forte effetto Simon per la dimensione verticale. Per confutare questa ipotesi, ulteriori studi sono necessari. Ad esempio, si potrebbe replicare lo stesso esperimento prevedendo solo due posizioni possibili di comparsa del target, con le stesse coordinate bidimensionali, ma a due diverse profondità, in modo da non coinvolgere la dimensione verticale.

Infine, va osservato che in tutte le condizioni (2D, 2D+, 3D) l'interazione *Tasto x Posizione* ha indicato tempi di risposta più rapidi nel rispondere con il tasto più lontano a stimoli presentati nella parte alta del campo visivo, e viceversa, tempi di risposta più rapidi nel rispondere con il tasto più vicino agli stimoli presentati nella parte inferiore dello spazio visivo.

Lo stesso risultato è stato osservato nell'analisi sulle prove eseguite con la tastiera verticale. Mentre in questo tipo di prove esso rappresenta un chiaro effetto Simon verticale, con tempi più rapidi nelle prove congruenti (stimolo in alto-tasto in alto, stimolo in basso-tasto in basso) rispetto a quelle incongruenti, non è chiaro il significato che tale risultato può avere nelle prove con la tastiera orientata in profondità. Una possibile spiegazione è che nonostante il nostro setting abbia efficacemente simulato una percezione tridimensionale, i due tasti di risposta non fossero percepiti come a due diverse profondità, ma piuttosto secondo la dimensione verticale. La tastiera del computer è, infatti, un oggetto familiare, che nel quotidiano ha un orientamento lungo la dimensione orizzontale (destra-sinistra rispetto alla linea centrale del soggetto). La sua rotazione di 90° potrebbe aver mentalmente rappresentato per i soggetti una rotazione dalla posizione orizzontale a quella verticale, piuttosto che in profondità. Per controllare questa ipotesi si potrebbe ripetere l'esperimento variando il tipo di compito: non più un compito Simon, ma un compito di compatibilità S-R, in cui cioè la dimensione spaziale dello stimolo è rilevante ai fini della risposta. Mantenendo l'orientamento della tastiera ruotata di 90° ed enfatizzando nelle istruzioni del compito la corrispondenza fra la posizione in profondità dei tasti e quella degli stimoli si potrebbe verificare l'occorrenza di un Effetto Simon per la terza dimensione.

L'assenza di effetti legati alla profondità nell'analisi sulle prove con tastiera verticale, sembra indicare che l'orientamento verticale degli effettori abbia generato un ES sulla quella dimensione e abbia fatto sì che l'informazione relativa alla profondità venisse ignorata.

In conclusione, il nostro studio non ha evidenziato alcun Effetto Simon in profondità, sebbene ulteriori studi siano necessari per escludere la possibilità che le caratteristiche del setting utilizzato e l'arrangiamento degli effettori ne abbiano mascherato l'emergenza.

Conclusioni

Questo lavoro ha trattato l'orientamento nello spazio tridimensionale da un duplice punto di vista: percettivo e attenzionale.

Nella prima parte, abbiamo visto come il sistema visivo utilizzi capacità innate e conoscenze apprese per formare una rappresentazione 3D dello spazio che ci circonda. Si tratta di meccanismi altamente complessi d'integrazione e fusione di informazioni provenienti da molteplici fonti. Nonostante la loro complessità, la stabilità di tali meccanismi è garantita da strategie compensatorie che, in caso di mal funzionamento di una componente, consentono ugualmente di percepire lo spazio e programmare le azioni con successo. Si pensi ad esempio al caso dei soggetti con tratti di personalità schizotipica. Nonostante i loro disturbi visuo-percettivi siano stati riportati con una certa frequenza in letteratura, la percezione di profondità binoculare non era mai stata valutata prima d'ora, probabilmente a causa della mancata consapevolezza, in questi soggetti, del sottile deficit presentato. Nel nostro studio (Capitolo 3), infatti, tale deficit è stato osservato solo nelle prove ad alta difficoltà, laddove la difficoltà era rappresentata dal conflitto fra indizi di profondità contrastanti. Nella realtà quotidiana, probabilmente, la forza sinergica delle stimolazioni multisensoriali permette di compensare il deficit, e di dare una precisa collocazione spaziale agli oggetti intorno a noi anche senza la stereopsi.

Sebbene nella pratica clinica l'assessment della stereopsi sia scarsamente utilizzato, è nostra opinione che esso possa offrire numerosi spunti di approfondimento sul funzionamento del sistema visivo, ma anche sulla percezione e l'orientamento spaziale. Inoltre, essendo stato riportato un deficit di stereopsi in alcune categorie cliniche (per esempio, Alzheimer e schizofrenia), l'utilizzo di un test di visione stereoscopica potrebbe essere utile nella diagnosi precoce di soggetti a rischio. Una maggiore conoscenza dei meccanismi della visione binoculare porta dei vantaggi anche nell'ambito della ricerca di base, nella progettazione di setting ecologici che possano più efficacemente simulare situazioni di vita reale.

Nei nostri studi abbiamo, infatti, utilizzato tecniche di visione stereoscopica per verificare l'esistenza di alcuni meccanismi attenzionali ben noti sul piano bidimensionale.

Nonostante i recenti progressi della tecnologia abbiano contribuito alla diffusione di strumenti di realtà virtuale e visione tridimensionale, la maggior parte degli studi sull'attenzione spaziale ha finora utilizzato *settings* bi-dimensionali per valutare la distribuzione delle risorse attenzionali nello spazio, dando per scontato che i meccanismi che entrano in gioco nella realtà 3D siano gli stessi.

In realtà ciò non è sempre vero. Nel Capitolo 6, ad esempio, abbiamo valutato l'importanza del tipo di compito nell'occorrenza di effetti di IOR in 3D, confrontando un compito di discriminazione di forma e uno di localizzazione. La letteratura che ha valutato gli stessi effetti sul piano bidimensionale indica il compito di localizzazione come più indicato rispetto a quello di discriminazione nell'evidenziare effetti di IOR. Tale differenza è stata attribuita al livello di difficoltà inferiore del primo rispetto al secondo. Sebbene effetti dell'orientamento attenzionale in profondità siano stati osservati in entrambi gli esperimenti, i due compiti si sono comportati in maniera simile per quanto riguarda la IOR sull'asse z, in altre parole, nessun effetto di IOR in profondità è stato rilevato. E' possibile ipotizzare che l'utilizzo di un display 3D incrementi la difficoltà del compito di localizzazione. Infatti, essendo, questo, un compito che richiede la

selezione della risposta in base a un attributo spaziale dello stimolo, l'aggiunta dell'informazione circa la sua coordinata z potrebbe rallentare il processamento influenzando, così, l'emergenza dell'effetto di IOR. Di conseguenza, l'utilizzo di un display tridimensionale in questo caso potrebbe essere fondamentale.

Nel Capitolo 7 abbiamo verificato l'occorrenza di effetti di IOR in profondità con un paradigma di veglia protratta, confrontando i risultati ottenuti in una condizione diurna caratterizzata da livelli standard di vigilanza, e in una notturna, caratterizzata da una drastica riduzione della vigilanza. Utilizzando tale paradigma, abbiamo osservato una IOR in profondità, nella condizione diurna, che si annullava nella sessione notturna, in accordo con i risultati di studi che hanno valutato lo stesso effetto con display bidimensionali. Tali risultati evidenziano, non solo come alcuni processi attenzionali sembrano coinvolgere gli stessi meccanismi di orientamento attenzionale in uno spazio bidimensionale e tridimensionale, ma sembrano suggerire anche importanti spunti di ricerca in ambito applicativo. Se l'inibizione di ritorno rappresenta un meccanismo di esplorazione visiva adattivo per l'individuo, questo sembra incepparsi quando i livelli di vigilanza sono assai ridotti per l'azione congiunta di fattori circadiani, di una deprivazione parziale di sonno e della fatica accumulata nel corso della veglia protratta e sostenuta. Quest'ultima condizione mima situazioni lavorative molto diffuse, come quelle di lavoratori turnisti e, soprattutto, dei lavoratori h-24 (con turni operativi di 24 ore continuative), così diffusi nei reparti di emergenza e di terapia intensiva negli ospedali, nelle basi militari, e in molte altre condizioni, che sicuramente richiedono elevati livelli di attenzione selettiva, nonché l'integrità dei meccanismi di esplorazione dell'ambiente.

Nel Capitolo 9 abbiamo valutato l'esistenza dell'effetto di compatibilità spaziale, noto come *effetto Simon* (Simon, 1969), sul piano di profondità, e sebbene si siano osservati alcuni effetti dell'orientamento attenzionale nello spazio 3D, l'effetto Simon sull'asse z era assente. Ciononostante, riteniamo che ulteriori studi siano necessari per escludere la possibilità che le caratteristiche del setting utilizzato e l'arrangiamento degli effettori ne abbiano mascherato l'emergenza. Infatti, un'efficiente codifica spaziale dello stimolo e dell'effettore dovrebbe determinare la formazione di mappe spaziali che tengano conto non soltanto della dimensione orizzontale e di quella verticale, ma anche della profondità. Se così fosse, considerata anche la maggiore concentrazione di risorse attenzionali nello spazio peripersonale rispetto a quello extrapersonale, e data la specializzazione del sistema peripersonale per la pianificazione ed esecuzione di movimenti manuali, effetti di compatibilità spaziale dovrebbero potersi osservare anche in profondità, e con caratteristiche diverse a seconda che gli stimoli siano presentati nello spazio vicino o lontano.

Riassumendo, la necessità di comprendere i meccanismi cognitivi che consentono la percezione e l'azione all'interno di un ambiente tridimensionale, oltre ad interessare la ricerca di base, ha anche, e soprattutto, un interesse applicato. Infatti, conoscere il funzionamento di tali meccanismi in soggetti sani può fornire importanti suggerimenti nell'implementazione di sistemi tecnologici (per esempio, dispositivi radar o navigatori), e contribuire alla prevenzione di incidenti sul lavoro.

In campo neuropsicologico, inoltre, tali studi potrebbero essere utili nella progettazione di programmi riabilitativi per pazienti che presentano disturbi dell'attenzione spaziale e/o della percezione di profondità. Pertanto, l'utilizzo prevalente (se non esclusivo) di *settings* ecologici sarà certamente un valore aggiunto nella ricerca futura.

Riferimenti

- Abel, L. A., Levin, S., & Holzman, P. S. (1992). Abnormalities of smooth pursuit and saccadic control in schizophrenia and affective disorders. *Vision Research*, *32*, 1009-1014.
- Adams, D.L., & Zeki, S. (2001). Functional organization of macaque V3 for stereoscopic depth. *Journal of Neurophysiology*, *86*, 2195–2203.
- Amador, X.F., Malaspina, D., Sackeim, H.A., Coleman, E.A., Kaufmann, C.A., Hasan, A., & Gorman, J.M. (1995). Visual Fixation and Smooth Pursuit Eye Movement Abnormalities in Patients with Schizophrenia and their relatives. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, *7*, 197–206.
- Amaral, D.G., & Sinnamon, H.M. (1977). The locus coeruleus: Neurobiology of a central noradrenergic nucleus. *Progress in Neurobiology*, *9*, 147-196.
- Andersen, G.J. (1990). Focused attention in three-dimensional space. *Perception & Psychophysics*, *47*, 112–120.
- Andersen, G.J., & Kramer, A.F. (1993). Limits of focused attention in three-dimensional space. *Perception & Psychophysics*, *53*, 658–667.
- Anderson, E.J., Rees, G. (2011). The neural correlates of spatial orienting in the human superior colliculus. *Journal of Neurophysiology*. [Epub ahead of print]
- Arnold, S.E., Hyman, B.T., Flory, J., Damasio, A.R., & van Hoesen, G.W. (1991). The topographical and neuroanatomical distribution of neurofibrillary tangles and neuritic plaques in the cerebral cortex of patients with Alzheimer's disease. *Cerebral Cortex*, *1*, 1-6.
- Antelman, S. M., & Caggiula, A. R. (1977). Norepinephrine-dopamine interactions and behavior. *Science*, *195*, 646-653.
- Anzai, A., Chowdhury, S.A., Deangelis, G.C. (2011). Coding of Stereoscopic Depth Information in Visual Areas V3 and V3A. *The Journal of Neuroscience*, *31*(28):10270-10282
- Ardekani, B.A., Nierenberg, J., Hoptman, M.J., Javitt, D.C., & Lim, K.O. (2003). MRI study of white matter diffusion anisotropy in schizophrenia. *Neuroreport*, *14*, 2025-2029.
- Aslin RN, Dumais ST. (1980). Binocular Vision in infants: a review and a theoretical framework, *Advances in Child Development and Behavior*, *15*, 53-94.
- Atchley, P., & Kramer, A. (2001). Object and space-based attentional selection in three-dimensional space. *Visual Cognition*, *8*, 1-32.
- Atchley, P., & Kramer, A.F. (1998). Spatial cueing in a stereoscopic display: Attention remains “depth-aware” with age. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *53*, 318–323.

- Atchley, P., Kramer, A.F. (2000). Age-related changes in the control of attention in depth. *Psychological Aging, 15*, 78-87.
- Atchley, P., Kramer, A.F., Andersen, G.J., & Theeuwes, J. (1997). Spatial cueing in a stereoscopic display: Evidence for a depth-aware attentional focus. *Psychonomic Bulletin and Review, 4*, 524-529.
- Atkinson J. (1984) Human visual development over the first six months of life. A review and a hypothesis. *Human Neurobiology, 3*, 61-74. Masson Ed.
- Backus, B.T., Fleet, D.J., Parker, A.J., & Heeger, D.J. (2001). Human cortical activity correlates with stereoscopic depth perception. *Journal of Neurophysiology, 86*, 2054–2068.
- Bagnara, S., (1984). L'attenzione. Il Mulino. Bologna
- Baizer, J.S., Ungerleider, L.G. & Desimone, R. (1991). Organization of visual inputs to the inferior temporal and posterior parietal cortex in macaques. *Journal of Neuroscience, 11*, 168-190.
- Barber, P., & O'Leary, M. (1997). The relevance of salience: Towards an activation account of irrelevant stimulus–response compatibility effects. In B. Hommel & W. Prinz (Eds.), *Theoretical issues in stimulus– response compatibility* (pp. 135-172). Amsterdam: North-Holland.
- Barger, L.K., Ayas, N.T., Cade, B.E., Cronin, J.W., Rosner, B., Speizer, F.E., Czeisler, C.A. (2006) Impact of extended-duration shifts on medical errors, adverse events, and attentional failures. *PLoS Medicine, 3*, 487.
- Barlow, H.B., Blakemore, C., Pettigrew, J.D. (1967). The neural mechanisms of binocular depth discrimination. *Journal of Physiology. 193*, 327-342.
- Bashinski, H.S., & Bacharach, V.R. (1980). Enhancement of perceptual sensitivity as the result of selectively attending to spatial locations. *Perception and Psychophysics, 28*, 241-248.
- Bauer, D.W., & Miller, J. (1982). Stimulus-response compatibility and the motor system. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 34A*, 367-380.
- Baylis, G.C., & Driver, J. (1992). Visual parsing and response competition: The effects of grouping factors. *Perception and Psychophysics, 51*, 129-154.
- Bear, D. M. (1983). Hemispheric specialization and the neurology of emotion. *Archives of Neurology, 40*, 195-202.
- Bedwell, J.S., Brown, J.M., & Miller, L.S. (2003). The magnocellular visual system and schizophrenia: what can the color red tell us? *Schizophrenia Research, 63*, 3, 273-284.

- Bedwell, J.S., Miller, L.S., Brown, J.M., & Yanasak, N.E. (2006). Schizophrenia and red light: fMRI evidence for a novel bio-behavioral marker. *International Journal of Neuroscience*, *116*, 881-894.
- Bellgrove, M., Collinson, S.L., James, A., Mattingley, J., Pantelis, C., Fitzgerald, P.B., & Bradshaw, J.L. (2004). Attenuation of perceptual asymmetries in patients with early-onset schizophrenia: Evidence in favor of reduced hemispheric differentiation in schizophrenia? *Laterality*, *9*, 1, 79-92.
- Bemporad, J. R. (1967). Perceptual disorders in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, *123*, 971-976.
- Berkinblit, M.B., Fookson, O.I., Smetanin, B., Adamovich, S.V., Poizner, H. (1995). The interaction of visual and proprioceptive inputs in pointing to actual and remembered targets. *Experimental Brain Research*, *107*, 326-330.
- Berkinblit, M., Fookson, Q., Hening, W., & Poizner, H. (1995). How Parkinsonians point in 3-D space. *Society for Neuroscience Abstracts*, *21*, 1249.
- Berlucchi, G., Tassinari, G., Marzi, C.A., & Di Stefano, M. (1989). Spatial distribution of the inhibitory effect of peripheral non-informative cues on simple reaction time to non-fixated visual targets. *Neuropsychologia*, *27*, 201-221.
- Betta, E., Galfano, G., Turatto, M. (2007). Microsaccadic response during inhibition of return in a target-target paradigm. *Vision Research* *47*, 428-436.
- Bick, P.A., & Kinsbourne, M. (1987). Auditory hallucinations and subvocal speech in schizophrenic patients. *American Journal of Psychiatry*, *144*, 222-225.
- Bishop, P.O. & Henry, G. H. (1971). Spatial vision. *Annual Review of Psychology*, *22*, 119-160.
- Blanchard, R.J., Griebel, G., Guardiola-LeMaitre, B., Brush, M.M., Lee, J., & Blanchard, D.C. (1997). An ethopharmacological analysis of selective activation of 5-HT_{1A} receptors: The mouse 5-HT_{1A} syndrome. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, *57*, 897-908.
- Bocca, M.L., & Denise, P. (2006). Total sleep deprivation effect on disengagement of spatial attention as assessed by saccadic eye movements. *Clinical Neurophysiology*, *117*, 894-899
- Botvinick, M.M., Braver, T.S., Barch, D. M., Carter, C. S. & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, *108*(3), 624-652.
- Bourke, P.A., Partridge H., Pollux P.M.J. (2006) Additive effects of inhibiting attention to objects and locations in three-dimensional displays. *Visual Cognition*, *13* (5), 643-654.
- Bowers, D., & Heilman, K.M. (1980). Pseudoneglect: Effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, *18*, 491-498.

- Bracha, H.S., Cabrera, F.J., Jr., Karson, C.N., & Bigelow, L.B. (1985). Lateralization of visual hallucinations in chronic schizophrenia: *Biological Psychiatry*, *20*, 1132-1136.
- Bradley, D.C., Chang, G.C., Andersen, R.A. (1998). Encoding of three-dimensional structure-from-motion by primate area MT neurons. *Nature*, *392*, 714-717.
- Braff, D.L. (1981). Impaired speed of information processing in non-medicated schizotypal patients. *Schizophrenia Bulletin*, *7*, 499-508.
- Brain, W.R. (1941). Visual disorientation with special reference to lesions of the right cerebral hemisphere. *Brain*, *64*, 244-272.
- Brebner, J. (1979). The compatibility of spatial and non-spatial relationships. *Acta Psychologica*, *43*, 23-32.
- Brenner, C.A., McDowell, J.E., Cadenhead, K.S., & Clementz, B.A. (2001). Saccadic inhibition among schizotypal personality disorder subjects. *Psychophysiology*, *38*, 399-403.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. New York: Oxford University Press.
- Brookes, A. & Stevens K. (1989). The analogy between stereo depth and brightness. *Perception* *18*, 601-614.
- Brown, R.M., Crane, A.M., & Goldman, P.S. (1979). Regional distribution of monoamines in the cerebral cortex and subcortical structures of the rhesus monkey: Concentrations and in vivo synthesis rates. *Brain Research*, *168*, 133-150.
- Brugger, P., & Graves, R.E. (1997). Right hemispatial inattention and magical ideation. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, *247*, 55-57.
- Bush, G., Luu, P. & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Science*. *4*, 215-222.
- Butler, P.D., & Javitt, D.C. (2005). Early-stage visual processing deficits in schizophrenia. *Current Opinion in Psychiatry*, *18*, 151-157.
- Butler, P.D., DeSanti, L.A., Maddox, J., Harkavy-Friedman, J.M., Amador, X.F., Goetz, R.R., et al. (2003). Visual backward-masking deficits in schizophrenia: relationship to visual pathway function and symptomatology. *Schizophrenia Research*, *59*, 199-209.
- Butler, P.D., Hoptman, M.J., Nierenberg, J., Foxe, J.J., Javitt, D.C., & Lim, K.O. (2006). Visual white matter integrity in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, *163*, 2011-2013.
- Butler, P.D., Martinez, A., Foxe, J.J., Kim, D., Zemon, V., Silipo, G., Mahoney, J., et al. (2007). Subcortical visual dysfunction in schizophrenia drives secondary cortical impairments. *Brain*, *130*, 417-430.

- Butler, P.D., Schechter, I., Zemon, V., Schwartz, S.G., Greenstein, V.C., Gordon, J., et al. (2001). Dysfunction of early stage visual processing in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, *158*, 1126-1133.
- Butler, P.D., Zemon, V., Schechter, I., Saperstein, A.M., Hoptman, M.J., Lim, K.O., et al. (2005). Early-stage visual processing and cortical amplification deficits in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, *62*, 495-504.
- Cadenhead, K.S., Light, G.A., Geyer, M., McDowell, J.E., & Braff, D.L. (2002). Neurobiological measures of schizotypal personality disorder: defining an inhibitory endophenotype? *American Journal of Psychiatry*, *159*, 869-871.
- Callejas, A., Lupiáñez, J., Funes, M.J., Tudela, P. (2004). The three attentional networks: on the independence and interactions. *Brain Cognition* *54*, 225-227.
- Callejas, A., Lupianez, J., Funes, M.J., Tudela, P. (2005). Modulations between the attentional networks. *Experimental Brain Research*, *167*, 27-37.
- Carter, C.S., Robertson, L.C, Nordahl, T.E., Chaderjian, M., & Oshora-Celaya, L. (1996). Perceptual and attentional asymmetries in schizophrenia: Further evidence for a left hemisphere deficit. *Psychiatry Research*, *62*, 111-119.
- Casagrande, M., Martella, D., DiPace, E., Pirri, F., Guadalupi, F. (2006). Orienting and alerting: effects of 24 hours of prolonged wakefulness. *Experimental Brain Research*, *171*, 184-193.
- Casagrande M., Violani C., Curcio G., Bertini M. (1997). Assessing vigilance through a brief pencil Letter Cancellation Task (LCT): effects of one night of sleep deprivation and of the time of day. *Ergonomics*, *40* (6), 613-630.
- Casagrande, M., Barbato, M., Mereu, S., Martella, D., Marotta, A., Theeuwes, J., Collinson S. L. *Visual Cognition*. Sottoposto per pubblicazione
- Chalmers, J., & Pilowsky, P. (1991). Brainstem and bulbospinal neurotransmitter systems in the control of blood pressure. *Journal of Hypertension*, *9*, 675-694.
- Chapman, L.J. (1966). The early symptoms of schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, *112*, 225-251.
- Chapman, L.J., Chapman, J.P., & Raulin, M.L. (1978). Body-image aberration in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, *87*, 399-407.
- Chen, Y., Levy, D.L., Nakayama, K., Matthyse, S., Palafox, G., & Holzman, P.S. (1999). Dependence of impaired eye tracking on deficient velocity discrimination in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, *56*, 155-161.

- Cheal, M.L., Lyon, D.R., & Hubbard, D.C. (1991). Does attention have different effects on line orientation and line arrangement discrimination? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 825-857.
- Cherry, K.E., & Parks, D.C. (1989). Age-related differences in three-dimensional spatial memory. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 44, 16-22.
- Chica, A.B., Klein, R.M, Rafal, R.J., Hopfinger, J.B. (2011). Endogenous saccade preparation does not produce inhibition of return: failure to replicate Rafal, Calabresi, Brennan, & Sciolto (1989). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(5):1193-206.
- Cho, Y.S., & Proctor, R.W. (2001). Effect of an initiating action on the up-right/down-left advantage for vertically arrayed stimuli and horizontally arrayed responses. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 472-484.
- Cho, Y.S., & Proctor, R.W. (2003). Stimulus and response representations underlying orthogonal stimulus-response compatibility effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 45-73.
- Chua, S.E., & McKenna, P.J. (1995). Schizophrenia—a brain disease? A critical review of structural and functional cerebral abnormality in the disorder. *British Journal of Psychiatry*, 166, 563-582.
- Claridge, G. (1978). Animal models of schizophrenia: The case for LSD-25. *Schizophrenia Bulletin*, 4, 186-209.
- Clark, C.R., Geffen, G.M., Geffef, L.B. (1989). Catecholamine and the covert orientation of attention in humans. *Neuropsychologia*, 27, 131-139.
- Clohessy, A.B., Posner, M.I., Rothbart, M.K., & Vecera, S.P. (1991). The development of inhibition of return in early infancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 345-350.
- Cogan, D.C. (1974). Paralysis of down-gaze. *Archives of Ophthalmology*, 91, 192-199.
- Cohen, R., Gutbrod, K., Meier, E., & Romer, P. (1987). Visual search processes in the Token Test performance of aphasics. *Neuropsychologia*, 25, 983-987.
- Corbetta, M., & Shulman, G.L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Neuroscience Reviews*, 3, 201-215.
- Coslett, H.B., Schwartz, M.E, Goldberg, G., Haas, D., & Perkins, J. (1993). Multi-modal hemispatial deficits after left hemisphere stroke. *Brain*, 116, 527-554
- Couyoumdjian, A., Di Nocera, F., & Ferlazzo, F. (2003). Functional representation of 3D space in endogenous shifts. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 155-183

- Coyle, J.T., Price, D.L., & DeLong, M.R. (1983). Alzheimer's disease: A disorder of cortical cholinergic innervation. *Science*, *219*, 1184-1190.
- Coward, R.S., Poliakoff, E., O'Boyle, D.J., Lowe, C. (2004). The contribution of non-ocular response inhibition to visual inhibition of return. *Experimental Brain Research*, *155*(1), 124-8.
- Craft, J.L., & Simon, J.R. (1970). Processing symbolic information from a visual display: Interference from an irrelevant directional cue. *Journal of Experimental Psychology*, *83*, 415-420.
- Crow, T.J. (1973). Catecholamine-containing neurones and electrical self-stimulation: 2. A theoretical interpretation and some psychiatric implications. *Psychological Medicine*, *3*, 66-73.
- Cumming, B.G., Parker, A.J., (1999). Binocular neurons in V1 of awake monkeys are selective for absolute, not relative, disparity. *Journal of Neuroscience*, *19*, 5602-5618.
- Curcio, G., Casagrande, M., Bertini, M. (2001). Sleepiness: evaluating and quantifying methods. *International Journal of Psychophysics*, *41*(3):251-263.
- Cutting, J.E., & Vishton, P.M. (1995). Perceiving layout and knowing distances: The integration, relative potency, and contextual use of different information about depth. In W. Epstein & S. Rogers (Eds.), *Handbook of perception and cognition* (Vol. 5, pp. 69-117). San Diego, CA: Academic Press.
- Daffner, K.R., Scinto, L.F., Weintraub, S., Guinessey, J., & Mesulam, M.M. (1992). Diminished curiosity in patients with probable Alzheimer's disease as measured by exploratory eye movements. *Neurology*, *42*, 320-328.
- Danziger, S., Kingstone, A., & Snyder, J.J. (1998) Inhibition of return to successively stimulated locations in a sequential visual search paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 1467-1475.
- Davies, D.R., & Parasuraman, R. (1982). *The psychology of vigilance*. London: Academic Press.
- 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.
- DeAngelis, G.C. & Newsome, W.T. (1999). Organization of disparity-selective neurons in macaque area MT. *Journal of Neuroscience*, *19*, 1398-1415.
- DeAngelis, G.C., Cumming, B.G., Newsome, W.T., (1998). Cortical area MT and the perception of stereoscopic depth, *Nature*, *394*, 677-680.
- Deutsch, J.A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, *70*, 80-90.

- Di Pellegrino, G., Ciaramelli, E., & Ladavas, E. (2007). The regulation of cognitive control following rostral anterior cingulate cortex lesions in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*, 275-286.
- Dichgans, J., & Brandt, T. (1978). Visual-vestibular interaction: Effects on self-motion perception and postural control. In R. Held, H. Leibowitz, & H.-L. Teuber (Eds.), *Perception: Vol. 8. Handbook of sensory physiology* (pp. 755-804). New York: Springer-Verlag,
- Diner, D.B. and Fender, D.H. (1993). *Human Engineering in Stereoscopic Viewing Devices*. Plenum Press (New York).
- Dinges D.F. (1992). Probing the limits of functional capability: the effects of sleep loss on short-duration tasks. In: Broughton RJ, Ogilvie RD (eds) *Sleep, Arousal, and Performance*. Birkhauser, Boston, pp 176-188.
- Diwadkar, V.A., Montrose, D.M., Dworakowski, D., Sweeney, J.A., & Keshavan, M.S. (2006). Genetically predisposed offspring with schizotypal features: an ultra-high risk group for schizophrenia? *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, *30*, 2, 230-238.
- Dodd, J.V., Krug, K., Cumming, B.G., Parker, A.J. (2001). Perceptually bistable three-dimensional figures evoke high choice probabilities in cortical area MT. *Journal of Neuroscience*, *21*, 4809-4821
- Doniger, G.M., Foxe, J.J., Murray, M.M., Higgins, B.A., & Javitt, D.C. (2002). Impaired Visual Object Recognition and Dorsal/Ventral Stream Interaction in Schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, *59*, 1011-1020.
- Downing, C.J., Pinker, S. (1985). The spatial structure of visual attention, in: M.I. Posner, O.S.M. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 171-187.
- Drago, E, Musco, S., Nardo, L., Valerio, C., Grassi, M., & Rampello, L. (1996). Behavioral and neurochemical alterations induced by reversible conductive hearing loss in aged male rats. *Neuroscience Letters*, *205*, 1-4.
- Driver, J., & Tipper, S. P. (1989). On the nonselectivity of “selective” seeing: Contrasts between interference and priming in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 304-314.
- Driver, J. & Baylis, G. (1989). Movement and visual attention: The spotlight metaphor breaks down. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *17*, 561-570
- Driver, J., Davis, G., Russell, C., Turatto, M., Freeman, E. (2001). Segmentation, attention and phenomenal visual object. *Cognition*, *80* (1-2), 61-95.

- Dufour, A., & Touzalin, P. (2008). Improved visual sensitivity in the perihand space. *Experimental Brain Research*, *190*, 91-98.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*, 501-517.
- Ebner, E., Broekema, V., & Ritzier, B. (1971). Adaptation to altered visual-proprioceptive input in normals and schizophrenics. *Archives of General Psychiatry*, *24*, 367-371.
- Egeth, H.E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation and time course. *Annual Review of Psychology*, *48*, 269-297.
- Egly, R., Driver, J., & Rafal, R.D. (1994). Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, *123*, 161-177.
- Egner, T., & Hirsch, J. (2005). Cognitive control mechanisms resolve conflict through cortical amplification of task-relevant information. *Nature Neuroscience*, *8*, 1784-1790.
- Eilam, D., Szechtman, H., & Spear, L.P. (1992). Quinpirole alters quadruped activity in rats from the second postnatal week. *Developmental Psychobiology*, *25*, 275-289.
- Endroczi, E. (1983). Limbic system, pituitary-adrenal axis, and adaptive behavior. In H. Selye (Ed.), *Selye's guide to stress research* (pp. 249-270). New York: Scientific and Academic Editions.
- Ericksen, C.W., & Yeh, Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception & Performance*, *11*, 583-589.
- Ericsson, K., Hilleras, P., Holmen, K., & Winblad, B. (1996). Human figure drawing (HFD) in the screening of cognitive impairment in old age. *Journal of Medical Screening*, *3*, 105-109.
- Eriksen, B.A. & Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Attention, Perception & Psychophysics*, *16*, 143-149.
- Eriksen, C.W., & Hoffman, J.E. (1973). The extent of processing of noise elements during selective encoding from visual displays. *Perception & Psychophysics*, *14*, 155-160.
- Eriksen, C.W., St. James J.D., (1986), Visual attention within and around the field of focal attention : A zoom lens model. *Perception and Psychophysics*, *40*, 225-240.
- Eriksen, C.W., & Collins, J.F. (1969). Temporal course of selective attention. *Journal of Experimental Psychology*, *80*(2), 254-61.
- Erkelens, C.J., & Collewijn, H. (1985). Motion perception during dichotic viewing of moving random-dot stereograms. *Vision Research*, *25*, 583-588

- Euclide, (300a.c./1945). Ottica (Tradotto da HE Burton). *Journal of the Optical Society of America*, 35, 357-372.
- Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A., Posner, M.I. (2002) Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 340-347.
- Fan, J., Raz, A., & Posner, M.I. (2003). Attentional mechanisms. In M. J. Aminoff & R. B. Daroff (Eds.). *Encyclopedia of Neurological Sciences* (Vol. 1, pp. 292-299). New York: Elsevier Science
- Farah, M.J., & Buxbaum, L.I. (1997). Object-based attention in visual neglect: Conceptual and empirical distinctions. In P. Thier & H.O. Karnath (Eds.), *Parietal lobe contributions to orientation in 3D space*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Farmer, C.M., O'Donnell, B.F., Niznikiewicz, M.A., Voglmaier, M.M., McCarley, R.W., & Shenton, M.E. (2000). Visual Perception and Working Memory in Schizotypal Personality Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 157, 781-788.
- Felleman, D.J. and Van Essen, D.C. (1991). Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex. *Cerebral Cortex*, 1, 1-47.
- Fernandez-Duque, D. & Posner, M.I. (2001). Brain imaging of attentional networks in normal and pathological states. *Journal of Experimental and Clinical Neuropsychology*, 23, 74-93.
- Fernandez-Duque, D., & Posner, M.I. (1997). Relating the mechanisms of orienting and alerting. *Neuropsychologia*, 35(4), 477-486.
- Ferraina, S, Pare, M., Wurtz, R. (2000) Disparity sensitivity of frontal eye field neurons. *Journal of Neurophysiology*, 83, 625-629.
- Fimm, B., Willmes, K., Spijkers, W. (2006). The effect of low arousal on visuo-spatial attention. *Neuropsychologia*, 44, 1261-1268.
- Flor-Henry, P. (1976). Lateralized temporal-limbic dysfunction and psychopathology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 280, 777-797.
- Fogt, N., Jones, R. (1998). The effect of forced vergence on retinal correspondence. *Vision research*, 38(18), 2711-2719.
- Foote, S. L., Bloom, S. E., & Aston-Jones, G. (1983). Nucleus locus coeruleus: New evidence of anatomical and physiological specificity. *Physiological Reviews*; 63, 844-914.
- Frigyesi, T.L., Ige, A., Iulo, A., & Schwartz, R. (1971). Denigration and sensorimotor disability induced by ventral tegmental injection of 6-hydroxy-dopamine in the cat. *Experimental Neurology*, 33, 78-87.

- Friston, K.J., Liddle, P.E, Frith, C.D., Hirsch, S.R., & Frackowiak, R.S.J. (1992). The left medial temporal region and schizophrenia. *Brain*, *115*, 367-382.
- Fuentes, L.J., & Campoy, G. (2008). The time course of alerting effect over orienting in the attention network test. *Experimental Brain Research*, *185*, 667-672.
- Gabay, S., Chica, A.B., Charras, P., Funes, M.J., Henik, A. (2011). Cue and target processing modulate the onset of inhibition of return. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, [Epub ahead of print].
- Gaffron, M. (1958). Some new dimensions in the phenomenal analysis of visual experience. *Journal of Personality*, *24*, 285-307.
- Galfano, G., Betta, E., & Turatto, M. (2004). Inhibition of return in microsaccades. *Experimental Brain Research*, *159*, 400-404.
- Gaspar, P., Berger, B., Febvret, A., Vigny, A., & Henry, J.P. (1989). Catecholamine innervation of the human cerebral cortex as revealed by comparative immunohistochemistry of tyrosine hydroxylase and dopamine-beta-hydroxylase. *Journal of Comparative Neurology*, *279*, 249-271.
- Gawryszewsky, L.D.G., Riggio, L., Rizzolatti, G., & Umiltà, C. (1987). Movements of attention in three spatial dimensions and the meaning of “neutral” cues. *Neuropsychologia*, *25*, 19-29.
- Ghiradelli, T.G., & Folk, C.L. (1996). Spatial cuing in a stereoscopic display: Evidence for a “depth-blind” attentional spotlight. *Psychonomic Bulletin and Review*, *3*, 81-86.
- Giacometti, A.R., Davis, P.C., Alazraki, N.P., & Malko, J.A. (1994). Anatomic and physiologic imaging of Alzheimer's disease. *Clinics in Geriatric Medicine*, *10*, 277-313.
- Glahn, D.C., Therman, S., Manninen, M., Huttunen, M., Kaprio, J., Lönnqvist, J. & Cannon, T.D. (2003). Spatial working memory as an endophenotype for schizophrenia. *Biological Psychiatry*, *53*, 624-626.
- Gnadt, J.W., & Mays, L.E. (1995). Neurons in monkey parietal area LIP are tuned for eye-movement parameters in 3-D space. *Journal of Neurophysiology*, *73*, 280-297.
- Gold, M., Shuren, J., & Heiltnan, K.M. (1994). Proximal intentional neglect: A case study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *57*, 1395-1400.
- Goldsmith, M. (1998). What's in a location? Comparing object-based and space-based models of feature integration in visual search. *Journal of Experimental Psychology: General*, *127*, 189-219.
- Gonzalez, F., & Perez, R., (1998). Neural mechanisms underlying stereoscopic vision. *Progress in Neurobiology*, *55*, 191-224.

- Goodale, M.A., & Milner, A.D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, *15*, 20-25.
- Grabowska, A. (1983). Lateral differences in the detection of stereoscopic depth. *Neuropsychologia*, *21*, 249-257.
- Gratton, G., Coles, M. G. [H.], & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, *121*, 480-506.
- Grusser, O.J. (1983). Multimodal structure of the extrapersonal space. In A. Hein & M. Jeannerod (Eds.), *Spatially oriented behavior* (pp. 327-352). New York: Springer-Verlag.
- Guariglia, C., & Antonucci, G. (1992). Personal and extrapersonal space: A case of neglect dissociation. *Neuropsychologia*, *30*, 1001-1009.
- Guiard, Y. (1983). The lateral coding of rotations: A study of the Simon effect with wheel-rotation responses. *Journal of Motor Behavior*, *15*, 331-342.
- Gur, R.E., Mozley, P.D., Resnick, S.M., Mozley, L.H., Shtasel, D.L., Gallacher, F., Arnold, S.E., Karp, J.S., Alavi, A., Revich, M., & Gur, R.C. (1995). Resting cerebral glucose metabolism in first-episode and previously treated patients with schizophrenia relates to clinical features. *Archives of General Psychiatry*, *52*, 657-667.
- Halligan, P. W., & Marshall, J.C. (1991). Left neglect for near but not far space in man. *Nature*, *350*, 498-500.
- Han, S., Wan, X., Humphreys, G.W. (2005). Shifts of spatial attention in perceived 3-D space. *The quarterly journal of experimental psychology*, *58A* (4), 753-764.
- Hartmann, E. (1976). Schizophrenia: A theory. *Psychopharmacology*, *49*, 1-15.
- Harvey, M., Milner, A.D., & Roberts, R.C. (1994). Spatial bias in visually-guided reaching and bisection following right cerebral stroke. *Cortex*, *30*, 343-350.
- Hasbroucq, T., & Guiard, Y. (1991). Stimulus-response compatibility and the Simon effect: Toward a conceptual clarification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *17*, 246-266.
- He, Z.J., & Nakayama, K. (1995). Visual attention to surfaces in three-dimensional space. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *92*, 11155-11159.
- Heber, I.A., Valvoda, J.T., Kuhlen, T., Fimm, B. (2008). Low arousal modulates visuospatial attention in three-dimensional virtual space. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *14*, 309-317.

- Hedge, A., & Marsh, N.W.A. (1975). The effect of irrelevant spatial correspondences on two-choice response-time. *Acta Psychologica*, 39, 427-439.
- Helmholtz, H. von (1910) *Handbuch der Physiologischen Optik*, Verlag von Leopold Voss, Hamburg und Leipzig.
- Hemker, L., Kavsek, M. (2010). The relative contribution of relative height, linear perspective, and texture gradients to pictorial depth perception in 7-month-old infants. *Perception*, 39(11):1476-90.
- Herrick, C.J. (1908). On the phylogenetic differentiation of the organs of smell and taste. *Journal of Comparative Neurology*, 18, 157-166.
- Herve, D., Simon, H., Blanc, G., Lisoprawski, A., le Moal. M., Glowinski, I., & Tassin, J.P. (1979). Increased utilization of dopamine in the nucleus acumbens but not in the cerebral cortex after dorsal raphe lesion in the rat. *Neuroscience Letters*, 15, 127-133.
- Hinkle, D.A., Connor, C.E., (2002). Three-dimensional orientation tuning in macaque area V4. *Nature Neuroscience*, 5, 665-670.
- Hinton, G.E., & Parsons, L.M. (1981). Frames of reference and mental imagery. In I.Long & A. Baddeley (Eds.), *Attention and performance IX* (pp. 261-277). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hoffman, J.E., & Mueller, S. (1994). *An in-depth look at attention*. Presented at the 35th Annual Meeting of the Psychonomic Society, St. Louis, Mo.
- Hoffman, J.E., & Nelson, B. (1981). Spatial selectivity in visual search. *Perception & Psychophysics*, 30, 283-290.
- Hommel, B. (1993). The relationship between stimulus processing and response selection in the Simon task: Evidence for a temporal overlap. *Psychological Research*, 55, 280-290.
- Hommel, B. (1993a). The effects of spatial cues on visual attention, response selection, and spatial compatibility. Poster presented at the 34th annual meeting of the Psychonomic Society, Washington, DC.
- Hommel, B. (1993c). The relationship between stimulus processing and response selection in the Simon task: Evidence for a temporal overlap. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 55, 280-290.
- Hommel, B. (1994). Spontaneous decay of response-code activation. *Psychological Research*, 56, 261-268.
- Hommel, B. (1995). Stimulus-response compatibility and the Simon effect: Toward an empirical clarification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 21(4), 764-775.

- Hommel, B. (1996). No prevalence of right–left over top–bottom spatial codes. *Perception & Psychophysics*, *58*, 102-110.
- Hommel, B. (2011). The Simon effect as tool and heuristic. *Acta Psychologica*, *136*, 188-201.
- Hommel, B. (1994b). Spontaneous decay of response-code activation. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, *56*, 261-268.
- Hommel, B. (1993d). The role of attention for the Simon effect. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, *55*, 208-222.
- Hommel, B., & Lippa, Y. (1995). S–R compatibility effects due to context-dependent spatial stimulus coding. *Psychonomic Bulletin & Review*, *2*, 370-374.
- Hommel, B., & Prinz, W. (Eds.) (1997). Theoretical issues in stimulus–response compatibility. Amsterdam: North-Holland.
- Hommel, B., Proctor, R., & Vu, K.P.L. (2004). A feature-integration account of sequential effects in the Simon task. *Psychological Research*, *68*, 1-17.
- Honda, H., & Findlay, J.M. (1992). Saccades to targets in three-dimensional space: Dependence of saccadic latency on target location. *Perception and Psychophysics*, *52*, 167-174.
- Hornykiewicz, O. (1986). Brain noradrenaline and schizophrenia. *Progress in Brain Research*, *65*, 29-39.
- Howard, I.P., Rogers, B.J., (1995). *Binocular Vision and Stereopsis*. Oxford University Press, Oxford.
- Howard, I.P., Rogers, B.J., (2002). *Seeing in Depth, Vol. 2: Depth Perception*, Ian P. Howard and Brian J. Rogers. Toronto: I. Porteous, 2002. Pages: 625.
- Howard, I.P., Rogers, B.J., (2002). *Seeing In Depth, Vol. 1: Basic Mechanisms*. Toronto: I. Porteous, 2002. Pages: 650.
- Hubel, D.H., Livingstone, M.S. (1987). Segregation of form, color, and stereopsis in primate area 18. *Journal of Neuroscience*, *7*, 3378-3415.
- Hubel, D.H., & Wiesel T.N. (1970). Stereoscopic vision in macaque monkey. Cells sensitive to binocular depth in area 18 of the macaque monkey cortex. *Nature*, *225*, 41-42.
- Iani, C., Rubichi, S., Gherri, E., & Nicoletti, R. (2009). Co occurrence of sequential and practice effects in the Simon task: Evidence for two independent mechanisms affecting response selection. *Memory & Cognition*, *37*, 358-367.
- Iavecchia, H.P., & Folk, C.L. (1995). Shifting visual attention in stereographic display: a time course analysis. *Human Factors*, *36*, 606-618.

- Ivanoff, J., Klein, R.M. (2003). Orienting of attention without awareness is affected by measurement-induced attentional control settings. *Journal of Vision*, 3, 32-40.
- Jacobs, B.J., & Fornal, C.A. (1991). Activity of brain serotonergic neurons in the behaving animal. *Pharmacological Reviews*, 43, 563- 578.
- James, W. (1950). *The principles of psychology*. New York: Dover. (Original work published 1890).
- Janowsky, D.S., Davis, J.M., El-Yousef, M.K., & Sekerke, H.J. (1972). A cholinergic-adrenergic hypothesis of mania and depression. *Lancet*, 2, 632-635.
- Janssen, P., Vogels, R., Liu, Y., Orban, G.A., (2001). Macaque inferior temporal neurons are selective for threedimensional boundaries and surfaces. *Journal of Neuroscience*, 21, 9419-9429.
- Janssen, P., Vogels, R., Orban, G.A., (1999). Macaque inferior temporal neurons are selective for disparity-defined three-dimensional shapes. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 96, 8217-8222.
- Janssen, P., Vogels, R., Orban, G.A., (2000a). Selectivity for 3D shape that reveals distinct areas within macaque inferior temporal cortex. *Science*, 288, 2054-2056.
- Janssen, P., Vogels, R., Orban, G.A., (2000b). Three-dimensional shape coding in inferior temporal cortex. *Neuron*, 27, 385-397.
- Javoy-Agid, E, Scatton, B., Ruberg, M., L'Heureux, R., Cervera, P., Raisman, R., Maloteaux, J.-M., Beck, H., & Agid, Y. (1989). Distribution of monoaminergic, cholinergic, and GABAergic markers in the human cerebral cortex. *Neuroscience*, 29, 251-259.
- Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J.B. Long & A.D. Baddeley (Eds.). *Attention and performance IX* (pp.187-203). Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Jonides, J. & Yantis, S. (1988). Uniqueness of abrupt visual onset in capturing attention. *Perception and Psychophysics*, 43, 346-354.
- Joshua, D., & Bishop, P.O. (1970). Binocular single vision and depth discrimination: receptive field disparities for central and peripheral vision and binocular interaction of peripheral single units in cat striate cortex. *Experimental Brain Research*, 10, 389-416.
- Joyce, J. N. (1993). The dopamine hypothesis of schizophrenia: Limbic interactions with serotonin and norepinephrine. *Psychopharmacology*, 112, S16-S34.
- Julesz, B. (1960). Binocular depth perception of computer generated patterns. *Bell System Technical Journal*, 39, 1125-1162.

- Julesz, B., (1971). Foundations of cyclopean perception. University of Chicago Press, Chicago.
- Jung, C.M., Ronda, J.M., Czeisler, C.A. & Wright Jr, K.P. (2011). Comparison of sustained attention assessed by auditory and visual psychomotor vigilance tasks prior to and during sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 20, 348-355.
- Kahneman, D., & Henik, A. (1981). Perceptual organization and attention. In M. Kubovy & J. R. Pomerantz (Eds.), *Perceptual organization* (pp. 181-211). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B.J. (1992). The reviewing of object files: object specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24, 175-219.
- Kasamatsu, T. (1991). Adrenergic regulation of visuocortical plasticity: A role of the locus coeruleus system. *Progress in Brain Research*, 88, 599-616.
- Kavsek, M., Granrud, C.E., Yonas, A. (2009). Infants' responsiveness to pictorial depth cues in preferential-reaching studies: a meta-analysis. *Infant Behavior & Development*, 32(3), 245-53.
- Kinsbourne, M. (1972). Eye and head turning indicates cerebral lateralization. *Science*, 176, 539-541.
- Klein, R.M. & Taylor, T.L. (1994). Categories of cognitive inhibition, with reference to attention. In *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (Dagenbach, D. and Carr, T.H., eds), pp. 113-150, Academic Press.
- Klein, R.M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 138-147.
- Klein, R.M., Dove, E., Ivanoff, J., Eskes, G.A. (2006). Parametric exploration of the Simon Effect across visual space. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 60 (2), 112-126.
- Klein, R.M., & Ivanoff, J. (2011). The components of visual attention and the ubiquitous Simon effect. *Acta Psychologica*, 136, 225-234.
- Korn, H. (1997). The somatic component of schizophrenia: a dissociation of the goals of visual attention and foveal fixation? *Medical Hypotheses*, 52(2), 163-170.
- Kornblum, S., & Lee, J.W. (1995). Stimulus–response compatibility with relevant and irrelevant stimulus dimensions that do and do not overlap with the response. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 855-875.
- Kornblum, S., Hasbroucq, T., & Osman, A. (1990). Dimensional overlap: Cognitive basis of stimulus–response compatibility—A model and taxonomy. *Psychological Review*, 97, 253-270.
- Kornblum, S., Stevens, G.T., Whipple, A., & Requin, J. (1999). The effects of irrelevant stimuli I: The time course of stimulus–stimulus and stimulus–response consistency effects with Stroop-like stimuli, Simon-like tasks, and their factorial combinations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 688-714.

- Kramer, A.F., & Jacobson, A. (1991). Perceptual organization and focused attention: The role of objects and proximity in visual processing. *Perception and Psychophysics*, *50*, 267-284.
- LaBerge, D., & Brown, V. (1986). Variations in size of the visual field in which targets are presented: An attentional range effect. *Perception and Psychophysics*, *40*, 188-200.
- Lambert, A., & Hockey, R. (1991). Peripheral visual changes and spatial attention. *Acta Psychologica*, *76*, 149-163.
- Larrison, A.L., Ferrante, C.F., Briand, K.A., & Sereno, A.B. (2000). Schizotypal traits, attention and eye movements. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, *24*, 357-372.
- Lavie, P. (2001). Sleep-wake as a biological rhythm. *Annual Review of Psychology*, *52*, 277-303.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 451-468.
- Lavie, N., & Fox, E. (2000). The role of perceptual load in negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*, 1038-1052.
- Lavie, N., & Tsai, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception & Psychophysics*, *56*, 183-197.
- LeDoux, J.E., Wilson, D.H., & Gazzaniga, M.S. (1977). Manipulospacial aspects of cerebral lateralization: Clues to the origin of lateralization. *Neuropsychologia*, *15*, 743-750.
- Leibowitz, H.W., & Post, R.B. (1982). The two modes of processing concept and some implications. In J. Beck (Ed.), *Organisation and representation in perception* (pp. 343-363). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lenzenweger, M.F. (1994). Psychometric High-Risk Paradigm, Perceptual Aberrations, and Schizotypy: An Update. *Schizophrenia Bulletin*, *20*(1), 121-135.
- Lewis D.A., Campbell, M.J., Terry, R.D., & Morrison, J.H. (1987) Laminar and regional distribution of neurofibrillary tangles and neuritic plaques in Alzheimer's disease: a quantitative study of visual and auditory cortices. *Journal of Neuroscience*, *7*, 1799-1808.
- Lewis, (1970). Semantic processing of unattended messages using dichotic listening. *Journal of Experimental Psychology*, *85*(2), 225-228.
- Lindsay, P.H., & Norman, D.A. (1972). *Human information processing: An introduction to psychology*. New York, NY: Academic Press.

- Linney, Y.M., Murray, R.M., Peters, E.R., MacDonald, A.M., Rijdsdijk, F., & Sham, C. (2003). A quantitative genetic analysis of schizotypal personality traits. *Psychological Medicine*, 33, 5, 803-816.
- Liotti, M., & Tucker, D.M. (1995). Emotion in asymmetric corticolimbic networks. In R. J. Davidson & K. Hugdahl (Eds.), *Brain asymmetries* (pp. 389-423). Cambridge, MA: MIT Press.
- Livingstone M., & Hubel, D. (1988). Segregation to form, colour, movement, and depth: anatomy, physiology and perception. *Science*, 240, 740-749.
- Livingstone M.S. e Hubel D.H., (1987). Psychophysical Evidence for Separate Channels for the Perception of Form, Color, Movement, and Depth. *The Journal of Neuroscience*, 7(11): 3416-3468
- Lloyd, D.M., Azañón, E., Poliakoff, E. (2010). Right hand presence modulates shifts of exogenous visuospatial attention in near perihand space. *Brain and Cognition*, 73, 102-109.
- Logan, G.D. (1994). Spatial attention and the apprehension of spatial relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1015-1036.
- Lu, C.H., & Proctor, R.W. (1994). Processing of an irrelevant location dimension as a function of the relevant stimulus dimension. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 20, 286-298.
- Lu, C.H., & Proctor, R.W. (1995). The influence of irrelevant location information on performance: A review of the Simon and spatial Stroop effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 174-207.
- Luh, K.E. (1995). Line bisection and perceptual asymmetries in normal individuals: what you see is not what you get. *Neuropsychology*, 9, 435-448.
- Lupiáñez, J., & Milliken, B. (1999). Inhibition of Return and the attentional set for integrating vs. differentiating information. *Journal of General Psychology*, 126, 392-418.
- Lupiáñez, J., Klein, R., Bartolomeo, P. (2006). Inhibition of return: Twenty years after, *Cognitive Neuropsychology*, 23, 1003-1014(12).
- Lupiáñez, J., Milán, E.G., Tornay, F., Madrid, E., & Tudela, P. (1997). Does Inhibition of Return occur in discrimination tasks? Yes, it does, but later. *Perception & Psychophysics*, 59, 1241-1254.
- Lupiáñez, J., Decaix, C., Siéroff, E., Chokron, S., Milliken, B., Bartolomeo, P. (2004). Independent effects of endogenous and exogenous spatial cueing: inhibition of return at endogenously attended target locations. *Experimental Brain Research*, 159, 447-457.

- Lupiáñez, J., Milliken, B., Solano, C., Weaver, B., & Tipper, S. (2001). On the strategic modulation of the time course of facilitation and inhibition of return. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *54(A)*, 753-773.
- Lyons, M.J., Merla, M.E., Young, L., & Kremen, W.S. (1991). Impaired cognitive functioning in symptomatic volunteers with schizotypy: preliminary findings. *Biological Psychiatry*, *30*, 424-426.
- Madesani, A., (2003). Cenni sullo sviluppo del sistema visivo e della binocularità. *Professional Optometry*, *3*, 6-24.
- Marble, J.G., & Proctor, R.W. (2000). Mixing location-relevant and location-irrelevant choice-reaction tasks: Influences of location mapping on the Simon effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *26*, 1515-1533.
- Maringelli, F., McCarthy, J., Steed, A., Slater, M., Umiltà C. (2001). Shifting visuo-spatial attention in a virtual three-dimensional space. *Cognitive Brain Research*, *10*, 317-322
- Marotta A., Casagrande M., Martella D., Maccari L. (2008). Orientamento automatico dell'attenzione: effetti di una moderata deprivazione di sonno. *XVIII Congresso Nazionale AIMS*. Bari, 9-12 Novembre 2008, pp.40-41.
- Marrara, M.T., & Moore, C.M. (2000). Role of perceptual organization while attending in depth. *Perception & Psychophysics*, *62*, 786-799.
- Martella, D., Casagrande, M., Lupiáñez, J. (2011). Alerting, orienting and executive control: the effects of sleep deprivation on attentional networks. *Experimental Brain Research*. *210(1)*, 81-89.
- Marteniuk, R.G. (1978). The role of eye and head positions in slow movement execution. In G. E. Stelmach (Ed.), *Information processing in motor control and learning* (pp. 267-288.). New York: Academic Press.
- Martinez-Conde, S., Macknik, S.L., Hubel, D.H. (2004) The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience* *5*, 229-240.
- Maruff, P., Yucel, M., Danckert, J., Stuart, G., & Currie, J. (1999). Facilitation and inhibition arising from the exogenous orienting of covert attention depends on the temporal properties of spatial cues and targets. *Neuropsychologia*, *37*, 731-744.
- Maruyama, T., Tamura, E., & Yamagisawa, N. (1992) .A case of progressive supranuclear palsy dramatically improved with L-threo-3,4-dihydroxyphenylserine. *Clinical Neurology*, *32*, 606-611.
- Mason, S.T. (1981). Noradrenaline in the brain: Progress in theories of behavioural function. *Progress in Neurobiology*, *16*, 263-303.

- Mattingley, J.B., Berberovic, N., Corben, L., Slavin, M.J., Nicholls, M.E.R., & Bradshaw, J.L. (2004). The greyscales task: a perceptual measure of attentional bias following unilateral hemispheric damage. *Neuropsychologia*, *42*(3), 387-394.
- Mattingley, J.B., Bradshaw, J.L., Nettleton, N.C., & Bradshaw, J.A. (1994). Can task specific perceptual bias be distinguished from unilateral neglect? *Neuropsychologia*, *32*, 805-817.
- Maurer K., & Prvulovic, D. (2004). Paintings of an artist with Alzheimer's disease: visuocognitive deficits during dementia. *Journal of Neural Transmission*, *111*, 235-245
- Maylor, E.A. & Hockey, R. (1985). Inhibitory component of externally controlled covert orienting in visual space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *11*, 777-787.
- Maylor, E.A. (1985). Facilitatory and inhibitory components of orienting in visual space. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Eds.), *Attention and performance XI: Mechanisms of attention* (pp. 189-204). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Maylor, E.A., & Hockey, R. (1987). Effects of repetition on the facilitatory and inhibitory components of orienting in visual space. *Neuropsychologia*, *25*, 41-54.
- McGuinness, D.E., & Pribram, K. (1980). The neuropsychology of attention: Emotional and motivational controls. In M.C. Witrock (Ed.), *The brain and psychology* (pp. 95-139). New York: Academic Press.
- Meltzer, H.Y. (1989). Clinical studies on the mechanism of action of clozapine: The dopamine-serotonin hypothesis of schizophrenia. *Psychopharmacology*, *99*, S18-S27.
- Mele, S., Savazzi, S., Marzi, C.A., & Berlucchi, G. (2008). Reaction time inhibition from subliminal cues: Is it related to inhibition of return? *Neuropsychologia*, *46*(3), 810-819.
- Mendez, M.F., Cherrier, M.M., Meadows, R.S. (1996). Depth perception in Alzheimer's Disease. *Perceptual & Motor Skills*, *83*, 987-995.
- Mennemeier, M., Wertman, E., & Heilman, K. (1992). Neglect of near peripersonal space. Evidence for multidirectional attentional systems in humans. *Brain*, *115*, 37-50.
- Merritt, R.D., & Baloh, D.W. (1990). Backward masking as a function of spatial frequency: A comparison of MMPI-identified schizotypics and control subjects. *Journal of Nervous and Mental Disease*, *178*, 186-193.
- Mesulam, M. M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, *10*, 309-25.
- Mesulam, M.M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Annals of Neurology*, *28*, 597-613.

- Mesulam, M.M., & Mufson, E.J. (1984). Neural inputs into the nucleus basalis of the substantia innominata (Ch4) in the rhesus monkey. *Brain*, *107*, 253-274.
- Mewaldt, S.P., Connelly, C.L., & Simon, J.R. (1980). Response selection in choice reaction time: Test of a buffer model. *Memory & Cognition*, *8*, 606-611.
- Milliken, B. (2002). Commentary on Ruz and Lupiáñez's "A review of attention capture: On its automaticity and sensitivity to endogenous control". *Psicológica*, *23*, 311-369.
- Milliken, B., Joordens, S., Merikle, P., & Seiffert, A. (1998). Selective attention: A reevaluation of the implications of negative priming. *Psychological Review*, *105*, 203-229
- Mirabile, C.S., Jr., Glueck, B.C., & Stroebel, C.F. (1976). Susceptibility to motion sickness and field dependence-independence as measured with the rod and frame test. *Neuropsychobiology*, *2*, 45-51.
- Miura, T., Shinohara, K., Kanda, K. (2002) Shift of attention in depth in a semi-realistic setting *Japanese Psychological Research*, *44*(3), 124-133. Special Issue: Reciprocity between applied and basic studies.
- Moore, C.M., Elsinger, C.L., Lleras, A. (2001). Visual attention and the apprehension of spatial relations: The case of depth. *Perception & Psychophysics*, *63* (4), 595-606.
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *11*, 56-60.
- Mordkoff, J.T. (1998). The gating of irrelevant information in selective attention tasks. *Abstracts of the Psychonomic Society*, *3*, 21.
- Morrison, J.H., & Foote, S.L. (1986). Noradrenergic and serotonergic innervation of cortical, thalamic, and tectal visual structures in old and new world monkeys. *Journal of Comparative Neurology*, *243*, 117-138.
- Mountcastle, V.B. (1976). The world around us: Neural command functions for selective attention. *Neurosciences Research Program Bulletin*, *14*, 1-47.
- Muller, H.J., & von Muhlenen A. (1996). Attentional tracking and inhibition of return in dynamic displays. *Perception and Psychophysics*, *58*, 224-249
- Murphy, K.J., & Goodale, M.A. (1997). Manual prehension is superior in the lower visual hemifield. *Society for Neuroscience Abstracts*, *23*, 178.
- Neisser, L. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Neri, P., Bridge, H. and Heeger, D.J. (2004). Stereoscopic processing of absolute and relative disparity in human visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, *92*, 1880-1891.

- Nguyenkim, J.D., DeAngelis, G.C., (2003). Disparity-based coding of three-dimensional surface orientation by macaque middle temporal neurons. *Journal of Neuroscience*, 23, 7117–7128.
- Nicholls, M.E.R., & Roberts, G.R. (2002). Can free-viewing perceptual asymmetries be explained by scanning, pre-motor or attentional biases? *Cortex*, 38(2), 113-136.
- Nicholls, M.E.R., Bradshaw, L.J., & Mattingley, J.B. (1999). Free-viewing perceptual asymmetries for the judgment of brightness, numerosity and size. *Neuropsychologia*, 37, 307-314.
- Nicoletti, R., & Umiltà, C. (1985). Responding with hand and foot: The right/left prevalence in spatial compatibility is still present. *Perception & Psychophysics*, 38, 211-216.
- 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.
- Nicoletti, R., & Umiltà, C. (1984). Right–left prevalence in spatial compatibility. *Perception & Psychophysics*, 35, 333-343.
- Nicoletti, R., Umiltà, C., Tressoldi, E.P., & Marzi, C.A. (1988). Why are left–right spatial codes easier to form than above–below ones? *Perception & Psychophysics*, 43, 287-292.
- Nikara, T., Bishop, P.O., Pettigrew, J.D. (1968). Analysis of retinal correspondence by studying receptive fields of binocular single units in cat striate cortex. *Experimental Brain Research*, 6, 353-372.
- Notebaert, W., & Soetens, E. (2003). An auditory attention shift primes a corresponding response. *Psychological Research*, 67, 253-260.
- Notebaert, W., Soetens, E., & Melis, A. (2001). Sequential analysis of a Simon task – Evidence for an attention-shift account. *Psychological Research*, 65, 170-184.
- O'Donnell, B.E, Swearer, J.M., Smith, L.X, Nestor, P.G., Shenton, M.E., & McCarley, R.W. (1996). Selective deficits in visual perception and recognition in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 153, 687-692.
- Ohzawa, I. (1998). Mechanisms of stereoscopic vision: the disparity energy model. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 509-515.
- Ohzawa, I., DeAngelis, G.C., Freeman, R.D. (1990). Stereoscopic depth discrimination in the visual cortex: neurons ideally suited as disparity detectors. *Science*, 249, 1037-1041.
- Okamoto-Barth, S., & Kawai, N. (2006). The role of attention in the facilitation effect and another “inhibition of return”. *Cognition*, 101, B42-50.

- Oke, A.R., & Adams, R.N. (1987). Elevated thalamic dopamine: Possible link to sensory dysfunctions in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *13*, 589-604.
- Ornitz, E.M. (1970). Vestibular dysfunction in schizophrenia and childhood autism. *Comprehensive Psychiatry*, *11*, 159-173.
- O'Leary, M.J., & Barber, P.J. (1993). Interference effects in the Stroop and Simon paradigms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *19*, 830-844.
- Palmer, S.E. (1989). Reference frames in the perception of shape and orientation. In B. E. Shepp & S. Ballesteros (Eds.), *Object perception: Structure and process* (pp. 121-163). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Panksepp, J. (1986). The neurochemistry of behavior. *Annual Review of Psychology*, *37*, 77-107.
- Panum, P.L. (1858). *Physiologische Untersuchungen u'ber das Sehen mit zwei Augen*. Kiel: Schwerssche Buchhandlungen.
- Park, S., Holzman, P., & Lenzenweger, M. (1995). Individual differences in spatial working memory in relation to schizotypy. *Journal of Abnormal Psychology*, *104*, 355-363.
- Parker, A.J. (2007). Binocular depth perception and the cerebral cortex. *Nature Reviews*, *8*, 379-391.
- Parker, A.J., Krug, K., (2003). Neuronal mechanisms for the perception of ambiguous stimuli. *Current Opinion in Neurobiology*, *13*, 433-439.
- Pashler, H.E. (1998). *The psychology of attention*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Perrott, D.R., Cisneros, J., McKinley, R.L., & D'Angelo, W.R. (1995). Aurally aided detection and identification of visual targets. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting* (pp.104-108). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Perrott, D.R., Saberi, K., Brown, K., & Strybel, T.Z. (1990). Auditory psychomotor coordination and visual search performance. *Perception and Psychophysics*, *48*, 214-226.
- Petersen, S.E., Robinson, D.L., Morris, J.D. (1987). Contributions of the pulvinar to visual spatial attention. *Neuropsychology*, *25*, 97-105.
- Pettigrew, J. D., & Dreher, B. (1987). Parallel processing of binocular disparity in the cat's retinogeniculocortical pathways. *Proceedings of the Royal Society (Series B)*, *232*, 297-321.
- Pettigrew, J., Nikara, T., & Bishop, P. (1968). Binocular interaction on single units in cat striate cortex: simultaneous stimulation by single moving slit with receptive fields in correspondence. *Experimental Brain Research*, *6*, 391-410.

- Pinsky, C., Brockhausen, E., Dua, A.K., & Bose, R. (1988). Climbing behaviour permits in vivo assessment of pre- and postsynaptic extrapyramidal dopaminergic function in mice. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *12*, 195-198.
- Pirkola, T., Tuulio-Henriksson, A., Glahn, D., Kieseppa, T., Haukka, J., Kaprio, J., Lönnqvist, J. Cannon, T.D. (2005). Spatial working memory function in twins with schizophrenia and bipolar disorder. *Biological Psychiatry*, *58*, 12, 930-936.
- Poggio, G.F. (1995). Mechanism of stereopsis in monkey visual cortex. *Cerebral Cortex*, *3*, 193-204.
- Poggio, G., Gonzalez, F., Krause, F. (1988) Stereoscopic mechanisms in monkey visual cortex: binocular correlation and disparity selectivity. *Journal of Neuroscience*, *8*, 4531-4550.
- Poggio, G.F. & Talbot, W.H. (1981). Mechanisms of static and dynamic stereopsis in foveal cortex of the rhesus-monkey. *Journal of Physiology*, *315*, 469-492
- Poggio, G.F., Fischer, B. (1977). Binocular interaction and depth sensitivity of striate and prestriate cortex of behaving rhesus monkey. *Journal of Neurophysiology*, *40*, 1392-1405.
- Poggio, G.F., Poggio, T. (1984). The analysis of stereopsis. *Annual Review in Neuroscience*. *7*, 379-412.
- Polich, J.M. (1980). Left hemisphere superiority for visual search. *Cortex*, *16*, 39-50.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*, 3-25.
- Posner, M.I. (1988). Structures and functions of selective attention. In *Master Lectures in Clinical Neuropsychology*, ed. T. Boll, B. Bryant. 173-202 pp. Washington, DC: Am. Psych. Assoc.
- Posner, M.I., Walker, J.A., Friedrich, F.J., Rafal, R.D. (1984). Effects of parietal lobe injury on covert orienting of visual attention. *3. Neuroscience*, *4*, 1863-1874.
- Posner, M.I. & Rafal, R.D. (1986). Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficit. In R.J. Meir, L.Diller, and A.C. Benton (eds.), *Neuropsychological Rehabilitation*. London: Churchill-Livingston.
- Posner, M. (2004) *Progress in attention research*, in *Cognitive neuroscience of attention*, cap.1, 3-9.
- Posner MI (1978) *Chronometric Explorations of Mind*. Engewood Heights, NJ: Erlbaum. 271
- Posner, M.I. and Cohen, Y. (1984) Components of visual orienting. In *Attention and Performance Vol. X* (Bouma, H. and Bouwhuis, D., eds), pp. 531–556, Erlbaum.

- Posner, M.I., Rafal, R.D., Choate, L.S., & Vaughan, J. (1985). Inhibition of return: Neural basis and function. *Cognitive Neuropsychology*, 2, 211-228.
- Posner, M.I., Snyder, C.R.R., & Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Posner, M. I., & Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M.I., Inhoff, A., Friedrich, F.J. & Cohen, A. (1987). Isolating attentional systems: A cognitive-anatomical analysis. *Psychobiology*, 15, 107-121.
- Possamai, C.A. (1991). A responding hand effect in a simple-RT precueing experiment: evidence for a late locus of facilitation. *Acta Psychologica*, 77, 47-63.
- Possamai, C.A. (1992). The effect of a non-informative cueing signal in a three-choice reaction-time task. *Psychological Research*, 54(2), 72-79.
- Potts, G.F., O'Donnell, B.F., Hirayasu, Y., & McCarley, R.W. (2002). Disruption of neural systems of visual attention in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 59, 418-424.
- Praamstra, P., Kleine, B.U., & Schnitzler, A. (1999). Magnetic stimulation of the dorsal premotor cortex modulates the Simon effect. *Neuro Report*, 10, 3671-3674.
- Pratt, J., & Fischer, M. (2002). Examining the role of the fixation cue in inhibition of return. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56 (4), 294-301.
- Pratt, J., & McAuliffe, J. (2002). Inhibition of return in visual marking? The importance of the interstimulus interval and the type of search task. *Visual Cognition*, 9, 869-888.
- Pratt, J., & Abrams, R.A. (1995). Inhibition of return to successively cued locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 1343-1353.
- Pratt, J., Hillis, J., & Gold, J.M. (2001). The effect of the physical characteristics of cues and targets on facilitation and inhibition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 489-495.
- Previc, F.H. (1998) The Neuropsychology of 3D space. *Psychological Bulletin*, 124(2) 123-164.
- Previc, F.H. (1990a). Functional specialization in the lower and upper visual fields in humans: Its ecological origins and neurophysiological implications. *Behavioral and Brain Sciences*, 13, 519-542.
- Previc, F.H., & Blume, J.L. (1993). Visual search asymmetries in three-dimensional space. *Vision Research*, 18, 2697-2704.

- Previc, F.H. (1996b). An automated bisection device for assessing attentional neglect in clinical populations. *Behavior Research, Methods, Instruments, and Computers*, 28, 83-88.
- Previc, F.H. (1996c). Nonright-handedness, central nervous system and related pathology, and its lateralization: A reformulation and synthesis. *Developmental Neuropsychology*, 12, 443-515.
- Previc, F.H. (1993b). A "neuropsychology of schizophrenia" without vision. *Behavioral and Brain Sciences*, 16, 207-208.
- Previc, F.H. (1993a). Functional interactions in 3-D visual space: Implications for visual displays. *Society for Information Display International Symposium Digest of Technical Papers* (Vol. 24, pp. 188-190).
- Previc, F.H., & Neel, R.L. (1995). The effects of visual surround eccentricity and size on manual and postural control. *Journal of Vestibular Research*, 5, 399-404.
- Previc, F.H., & Intraub, H. (1997). Vertical biases in visual scene memory. *Neuropsychologia*, 35, 1513-1517.
- Previc, F.H., & Murphy, S.L. (1997). Vertical eye movements during mental tasks: A re-examination and hypothesis. *Perceptual and Motor Skills*, 84, 835-847.
- Prisco, S., & Esposito, E. (1995). Differential effects of acute and chronic fluoxetine administration on the spontaneous activity of dopaminergic neurones in the ventral tegmental area. *British Journal of Pharmacology*, 116, 1923-1931.
- Proctor, R.W., & Lu, C.H. (1994). Referential coding and attention shifting accounts of the Simon effect. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 56, 185-195.
- Proctor, R.W., & Reeve, T.G. (Eds.) (1990). Stimulus-response compatibility: An integrated perspective. Amsterdam: North-Holland.
- Proctor, R.W., Marble, J.G., & Vu, K.P.L. (2000). Mixing incompatible mapped location-relevant trials with location-irrelevant trials: Effects of stimulus mode on the reverse Simon effect. *Psychological Research*, 64, 11-24.
- Proctor, R.W. (2011). Playing the Simon game: Use of the Simon task for investigating human information processing. *Acta Psychologica*, 136, 182-188.
- Proctor, R.W., Vu, K.P.L., & Nicoletti, R. (2003). Does right-left prevalence occur for the Simon effect? *Perception & Psychophysics*, 65, 1318-1329.
- Proctor, R.W., Wang, D.Y.D., Pick, D.F. (2004) Stimulus-response compatibility with wheel-rotation responses: Will an incompatible response coding be used when a compatible coding is possible? *Psychonomic Bulletin & Review*, 11 (5), 841-847.

- Protais, P., Costentin, J., & Schwartz, C. (1976). Climbing behaviour induced by apomorphine in mice: A simple test for the study of dopamine receptors in striatum. *Psychopharmacology*, *50*, 1-6.
- Ptito, A., Zatorre, R.J. (1988) Impaired stereoscopic detection thresholds after left or right temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, *26*, 547-554.
- Rafal, R.D., & Henik, A. (1994). The neurology of inhibition: Integrating controlled and automatic processes. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Eds.), *Inhibitory processes in attention, memory and language* (pp. 1–51). San Diego, CA: Academic Press.
- Rafal, R.D., Calabresi, P.A., Brennan, C.W., Sciolto, T.K. (1989). Saccade preparation inhibits reorienting to recently attended locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*(4), 673-685.
- Raine, A. (1991). The SPQ: A scale for the assessment of schizotypal personality based on DSM–III–R criteria. *Schizophrenia Bulletin*, *17*, 555-564.
- Rassovsky, Y., Green, M.F., Nuechterlein, K.H., Breitmeyer, B., & Mintz, J. (2005). Modulation of attention during visual masking in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, *162*, 1533-1535.
- Raz, A., & Buhle, J. (2006). Typologies of attentional networks. *National Review of Neuroscience*, *7*(5), 367-379.
- Regan, D., Erkelens C.J. & Collewijn, H. (1986). Necessary condition for the perception of motion in depth. *Investigation Ophthalmological Vision Science*, *27*, 584-597.
- Ridderinkhof, K. R. (2002). Activation and suppression in conflict tasks: Empirical clarification through distributional analyses. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.), *Attention and performance XIX: Common mechanisms in perception and action* (pp. 494-519). Oxford: Oxford University Press.
- Rief, W. (1991). Visual perceptual organization in schizophrenic patients. *British Journal of Clinical Psychology*, *30*, 359-366.
- Rizzolatti, G. Matelli M., Pavesi G., (1983). Deficit in attention and movement following the removal of postarcuate (area 6) and prearcuate (area 8) cortex in macaque monkeys. *Brain* *106*.
- Rizzolatti, G., & Camarda, R. (1987). Neural circuits for spatial attention and unilateral neglect. In M. Jeannerod (Ed.), *Neurophysiological and neuropsychological aspects of spatial neglect* (pp. 289-313). Amsterdam: North-Holland.
- Rizzolatti, G., Gentilucci, M., & Matelli, M. (1985). Selective spatial attention: One center, one circuit, or many circuits? In M. I. Posner & Q S. M. Mai in (Eds.), *Attention and performance II* (pp. 251-265). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Rizzolatti, G., Matelli, M., & Pavesi, G. (1983). Deficits in attention and movement following the removal of postarcuate (area 6) and prearcuate (area 8) cortex in macaque monkeys. *Brain*, *106*, 655-673.
- Rizzolatti, G., Riggio, L., & Sheliga, B. M. (1994). Space and selective attention. In C. Umiltà, & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV* (pp. 231–265). Cambridge, MA: MIT Press.
- Robbins, T.W., & Everitt, B.J. (1982). Functional studies of the central catecholamines. *International Review of Neurobiology*, *23*, 303-365.
- Robertson, L.C., & Kim, M.S. (1999). Effects of perceived space on spatial attention. *Psychological Science*, *10*, 76-79.
- Rock, I. (1973). *Orientation and form*. New York: Academic Press.
- Rogers, B.J., & Graham, M.E. (1982). Similarities between motion parallax and stereopsis in human depth perception. *Vision Research*, *22*, 261-270.
- Rollmann, W. (1853) Notiz zur Stereoskopie. *Poggendorfs Annalen der Physik*, *89*, 350-351.
- Rose, D., & Price, E. (1995). Functional separation of global and local stereopsis investigated by cross-adaptation. *Neuropsychologia*, *33*, 269-274.
- Rubichi, S., Nicoletti, R., & Umiltà, C. (2005). Right–left prevalence with task-irrelevant spatial codes. *Psychological Research*, *69*, 167-178.
- Rubichi, S., Nicoletti, R., Pelosi, A., & Umiltà, C. (2004). Right–left prevalence effect with horizontal and vertical effectors. *Perception & Psychophysics*, *66*, 255-263.
- Sakata, H., Taira, M., Kusunoki, M., Murata, A., Tanaka, Y. (1997). The TINS Lecture. The parietal association cortex in depth perception and visual control of hand action. *Trends in Neuroscience*, *20*, 350-357.
- Saleem, K.S., Suzuki, W., Tanaka, K., & Hashikawa, T. (2000). Connections between anterior inferotemporal cortex and superior temporal sulcus regions in the macaque monkey. *Journal of Neuroscience*, *20*, 5083-5101.
- Salmaso, D., & Longoni, A.M. (1985). Problems in the assessment of hand preference. *Cortex*, *21*, 533-549.
- Santhi, N., Horowitz, T.S., Duffy, J.F., Czeisler, C.A., (2007). Acute sleep deprivation and circadian misalignment associated with transition onto the first night of work impairs visual selective attention. *PLoS ONE* *2*, e1233.
- Sapir, A., Soroker, N., Berger, A., Henik, A. (1999) Inhibition of return in spatial attention: direct evidence for collicular generation. *Nature Neuroscience*, *2*, 1053-1054.

- Sarter, M., Givens, B., Bruno, J.P. (2001). The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. *Brain Research Review*, 35,146-160.
- Savelsbergh, G.J., & van der Kamp, J. (1994). The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. *Journal of Experimental and Child Psychology*, 58, 510-528.
- Schechter, I., Butler, P.D., Jalbrzikowski, M., Pasternak, R., Saperstein, A.M., & Javitt, D. (2006). A New Dimension of Sensory Dysfunction: Stereopsis Deficits in Schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 60, 1282-1284.
- Schechter, I., Butler, P.D., Silipo, G., Zemon, V., & Javitt, D.C. (2003). Magnocellular and parvocellular contributions to backward masking dysfunction in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 64, 91-101.
- Schechter, I., Butler, P.D., Zemon, V., Revheim, N., Saperstein, A.M., Jalbrzikowski, M., et al. (2005). Impairments in generation of early-stage transient visual evoked potentials to magno- and parvocellular-selective stimuli in schizophrenia. *Clinical Neurophysiology*, 116(9), 2204-2215.
- Schmidt, W.C. (1996). Inhibition of return without visual input. *Neuropsychologia*, 34, 943-952.
- Scholl, B.J. (2001). Objects and attention: *The state of the art*. *Cognition*, 80, 1-46.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002a). E-Prime user's guide. Pittsburg: Psychology Software Tools, Inc.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002b). E-Prime Reference Guide. Pittsburg: Psychology Software Tools, Inc.
- Schwartz Place, E., & Gilmore, G.C. (1980). Perceptual organization in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 89, 409-418.
- Selemon, L.D., Rajkowska, G., & Goldman-Rakic, P.S. (1995). Abnormally high neuronal density in the schizophrenic cortex. A morphometric analysis of prefrontal area 9 and occipital area 17. *Archives of General Psychiatry*, 52, 805-818.
- Serby, M. (1986). Olfaction and Alzheimer's disease. *Progress in Neuropsychopharmacology and Biological Psychiatry*, 10, 579-586.
- Servos, P., Goodale, M.A., & Jakobson, L.S. (1992). The role of binocular vision in prehension: A kinematic analysis. *Vision Research*, 32, 1513-1521.
- Shean, G., Bell, E., & Cameron, C.D. (2007). Recognition of Nonverbal Affect and Schizotypy. *The Journal of Psychology*, 14(13), 281-291.

- Sheliga, B.M., Craighero, L., Riggio, L., & Rizzolatti, G. (1997). Effects of spatial attention on directional manual and ocular responses. *Experimental Brain Research*, *114*, 339-351.
- Shelton, P.A., Bowers, D., & Heilman, K.M. (1990). Peripersonal and vertical neglect. *Brain*, *113*, 191-205.
- Siever, L.J., & Davis, K.L. (2004). The Pathophysiology of Schizophrenia Disorders: Perspectives From the Spectrum. *American Journal of Psychiatry*, *161*, 398-413.
- Siever, L.J., Coursey, R.D., Alterman, I.S., Buchsbaum, M.S., & Murphy, D.L. (1984). Impaired smooth-pursuit eye movement: vulnerability marker for schizotypal personality disorder in a normal volunteer population. *American Journal of Psychiatry*, *141*, 1560-1566.
- Siever, L.J., Friedman, L., Moskowitz, J., Mitropoulou, V., Keefe, S., Lees-Roitman, S., et al. (1993a). Eye movement impairment and schizotypal psychopathology. *American Journal of Psychiatry*, *151*(8), 1209-1215.
- Siever, L.J., Kalus, O.F., & Keefe, R. (1993). The boundaries of schizophrenia. *Psychiatric Clinics of North America*, *16*, 217-244.
- Siever, L.J., Keefe, R., Bernstein, D.P., Coccaro, E.F., Klar, H.M., Zemishlany, Z., et al. (1990a). Eye tracking impairment in clinically identified schizotypal personality disorder patients. *American Journal of Psychiatry*, *147*, 740-745.
- Silverstein, S.M., Knight, R.A., Schwarzkopf, S.B., West, L.L., Osborn, L.M., & Kamin, D. (1996). Stimulus configuration and context effects in perceptual organization in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, *105*, 410-20.
- Silverstein, S.M., Raulin, M.L., Pristach, E.A., & Pomerantz, J.R. (1992). Perceptual organization and schizotypy. *Journal of Abnormal Psychology*, *101*, 265-270.
- Simon, J.R. (1990). The effects of an irrelevant directional cue on human information processing. In R. W. Proctor & T.G. Reeve (Eds.), *Stimulus-response compatibility: An integrated perspective* (pp. 31-86). Amsterdam: North-Holland.
- Simon, J.R. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, *81*, 174-176.
- Simon, J.R., & Craft, J.L. (1972). Reaction time in an oddity task: Responding to the different element of a three-light display. *Journal of Experimental Psychology*, *92*, 405-411.
- 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., & Small, A.M., Jr. (1969). Processing auditory information: Interference from an irrelevant cue. *Journal of Applied Psychology*, *53*, 433-435.

- Simon, J.R., Craft, J.L., & Webster, J.B. (1973). Reactions toward the stimulus source: Analysis of correct responses and errors over a five-day period. *Journal of Experimental Psychology*, *101*, 175-178.
- Simon, J.R., Hinrichs, J.V., & Craft, J.L. (1970). Auditory S–R compatibility: Reaction time as a function of ear–hand correspondence and ear–response–location correspondence. *Journal of Experimental Psychology*, *86*, 97-102.
- Simon, J.R., Sly, P.E., & Vilapakkam, S. (1981). Effect of compatibility of S-R mapping on reaction toward the stimulus source. *Acta Psychologica*, *47*, 63-81.
- Simon, J.R., Small, A.M., JR., Ziglar, R.A., & Craft, J.I. (1970). Response interference in an information processing task: Sensory versus perceptual factors. *Journal of Experimental Psychology*, *85*, 311-314.
- Simons, K. (1981). Stereoacuity norms in young children. *Archives of Ophthalmology*, *99*, 439-445.
- Skottun, B.C., & Skoyles, J.R. (2009). Stereopsis and magnocellular sensitivity in schizophrenia. *The World Journal of Biological Psychiatry*, *10*(4), 697-701.
- Soechting, J.F., Tillery, S.I.H., & Flanders, M. (1990). Transformation from head-to-shoulder-centered representation of target direction in arm movements. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *2*, 32-43.
- Soetens, E., Maetens, K., Zeischka, P. (2010). Practice-induced and sequential modulation of the Simon effect. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72* (4), 895-911.
- Steele, J.C., Richardson, J.C., & Olszewski, J. (1964). Progressive supranuclear palsy. *Archives of Neurology*, *10*, 333-359.
- Stein, J., Riddell, P., & Fowler, S. (1989). Disordered right hemisphere function in developmental dyslexia. In C. Von Euler, I. Lundberg, & G. Lennerstrand (Eds.), *Brain and reading* (pp. 139-157). New York: Stockton.
- Stein, L., & Wise, C.D. (1971, March 12). Possible etiology of schizophrenia: Progressive damage to the noradrenergic reward system by 6-hydroxydopamine. *Science*, *171*, 1032-1036.
- Steinman, R.M., Kowler, E., & Collewijn, H. (1990). New directions for oculomotor research. *Vision Research*, *30*, 1845-1864.
- Stoffels, E.J. (1996). Uncertainty and processing routes in the selection of a response: An S–R compatibility study. *Acta Psychologica*, *94*, 227-252.
- Stoffels, E.J., Van Der Molen, M.W., & Keuss, P.J.G. (1989). An additive factors analysis of the effects of location cues associated with auditory stimuli on stages of information processing. *Acta Psychologica*, *70*, 161-197.

- Stoffer, T.H. (1991). Attentional focussing and spatial stimulus response compatibility. *Psychological Research*, 53(2), 127-135.
- Stoffer, T.H., & Yakin, A.R. (1994). The functional role of attention for spatial coding on the Simon effect. *Psychological Research*, 53, 127-135.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-661.
- Sturmer, B., & Leuthold, H. (2003). Control over response priming in visuomotor processing: A lateralized event-related potential study. *Experimental Brain Research*, 153, 35-44.
- Stürmer, B., Leuthold, H., Soetens, E., Schröter, H., & Sommer, W. (2002). Control over location-based response activation in the Simon task: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1345-1363.
- Stuve, T.A., Friedman, L., Jesberger, J.A., Gilmore, G.C., Strauss, M.E., & Meltzer, H.Y. (1997). The relationship between smooth pursuit performance, motion perception and sustained visual attention in patients with schizophrenia and normal controls. *Psychological Medicine*, 27, 143-152.
- Swerdlow, N.R., & Koob, G.F. (1987). Dopamine, schizophrenia, mania, and depression: Toward a unified hypothesis of cortico-striatopallidothalamic function. *Behavioral and Brain Sciences*, 10, 197-245.
- Tagliabue, M., Zorzi, M., Umiltà, C., & Bassignani, F. (2000). The role of long-term-memory and short-term-memory links in the Simon effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 26, 648-670.
- Taira, M., Tsutsui, K.I., Jiang, M., Yara, K., Sakata, H., (2000). Parietal neurons represent surface orientation from the gradient of binocular disparity. *Journal of Neurophysiology*, 83, 3140-3146.
- Takemura, A., Inoue, Y., Kawano, K., Quaia, C., Miles, F.A. (2001). Single-unit activity in cortical area MST associated with disparity-vergence eye movements: evidence for population coding. *Journal of Neurophysiology*, 85, 2245-2266.
- Tanaka, H., Uka, T., Yoshiyama, K., Kato, M., Fujita, I., (2001). Processing of shape defined by disparity in monkey inferior temporal cortex. *Journal of Neurophysiology*, 85, 735-744.
- Tanaka, Y., Shimojo, S. (1996). Location vs Feature: Reaction time reveals dissociation between two visual functions. *Vision Research*, 36, 2125-2140.
- Tandon, R., & Greden, J.F. (1989). Cholinergic hyperactivity and negative schizophrenic symptoms. *Archives of General Psychiatry*, 46, 745-753.

- Tassinari, G., Aglioti, S., Chelazzi, L., Marzi, C.A., & Berlucchi, G. (1987). Distribution in the visual field of the costs of voluntarily allocated attention and of the inhibitory after-effects of covert orienting. *Neuropsychologia*, *25*, 55-72
- Tassinari G, Biscaldi, M., Marzi C., Berlucchi G. (1989). Ipsilateral inhibition and contralateral facilitation of simple reaction time non foveal visual target from non informative visual cues. *Acta Psychologica*, *70*, 267-291
- Tassinari G., & Berlucchi G. (1996). Covert orienting to non informative Cues: reaction time studies. *Behavioural Brain Research*, *71*, 101-112.
- Tassinari, G., Aglioti, S., Chelazzi, L., Peru, A., & Berlucchi, G. (1994). Do peripheral non-informative cues induce early facilitation of target detection? *Vision Research* *34*, 179-189.
- Terry, K.M., Valdes, L.A., & Neill, W.T. (1994). Does inhibition of return occur in discrimination tasks? *Perception & Psychophysics*, *55*, 323-339.
- Theeuwes, J., & Pratt, J. (2003). Inhibition of return spreads across 3-D space. *Psychonomic Bulletin and Review*, *10*, 616-620.
- Theeuwes, J., Atchley, P., & Kramer, A.F. (1998). Attentional control within 3D space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 1476-1485.
- Thomas, O.M., Cumming, B.G., Parker, A.J. (2002). A specialization for relative disparity in V2. *Nature Neuroscience*, *5*, 472-478.
- Tipper, S.P., & Weaver, B. (1998). The medium of attention: Location-based, object-centred or scene-based? In R. Wright (Ed.), *Visual attention* (pp. 77-107). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Torgersen, S. (1985). Relationship of schizotypal personality disorder to schizophrenia: Genetics. *Schizophrenia Bulletin*, *11*, 554-563.
- Toth, J.P., Levine, B., Stuss, D.T., Oh, A., Winocur, G., & Meiran, N. (1995). Dissociation of processes underlying spatial S-R compatibility: Evidence for the independent influence of what and where. *Consciousness & Cognition*, *4*, 483-501.
- Treisman A.M., Gelade G., (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *12*, 97-136.
- Treisman, A.M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *12*, 242-248.
- Treisman, A., Kahneman, D., & Burkell, J. (1983). Perceptual objects and the cost of filtering. *Perception & Psychophysics*, *33*, 527-532.

- Trestman, R.L., Keefe, R.S.E., Mitropoulou, V., Harvey, P.D., deVegvar, M.L., Losonczy, M.F., Lees-Roitman, S., Davidson, M., Aronson, A., Silverman, J., & Siever, L.J. (1995). Cognitive function and biological correlates of cognitive performance in schizotypal personality disorder. *Psychiatry Research*, *59*, 127-136.
- Truett, G.E., Walker, J.A., & Brock, J.W. (1996). A rat homolog of the mouse deafness mutant jerker (*je*). *Mammalian Genome*, *7*, 356-358.
- Ts'o, D.Y., Roe, A.W., & Gilbert, C.D. (2001). A hierarchy of the functional organization for color, form and disparity in primate visual area V2. *Vision Research*, *41*, 1333-1349.
- Tsai, L.L., Young, H.Y., Hsieh, S., Lee, C.S. (2005). Impairment of error monitoring following sleep deprivation. *Sleep*, *28*, 707-713.
- Tsakanikos, E., & Reed, P. (2003). Visuo-spatial processing and dimensions of schizotypy: figure-ground segregation as a function of psychotic-like features. *Personality and Individual Differences*, *35*(3), 703-712.
- Tsao, D.Y., Vanduffel, W., & Sasaki, Y. (2003b). Stereopsis activates V3A and caudal intraparietal areas in macaques and humans. *Neuron*, *39*, 555-568.
- Tse, P.U. (2005). Voluntary attention modulates the brightness of overlapping transparent surfaces. *Vision Research*, *45*, 1095-1098.
- Tucker, D.M. (1991). Developing emotions and cortical networks. In M. R. Gunnar & C. A. Nelson (Eds.), *The Minnesota Symposium on Child Psychology* (Vol. 24, pp. 75-128). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Tucker, D.M., & Williamson, P.A. (1984). Asymmetric neural control systems in human self-regulation. *Psychological Review*, *91*, 185- 215.
- Tyler, C.W., & Kontsevich, L.L. (1995). Mechanisms of stereoscopic processing: stereoattention and surface perception in depth reconstruction. *Perception*, *24*, 127-153.
- Uka, T., Tanaka, H., Yoshiyama, K., Kato, M., Fujita, I., (2000). Disparity selectivity of neurons in monkey inferior temporal cortex. *Journal of Neurophysiology*, *84*, 120-132.
- Umeda K, Tanabe S, & Fujita I. (2004). Relative-disparity-based coding of stereoscopic depth in V4. *Society for Neuroscience Abstract*, 865.8.
- Umiltà, C., & Nicoletti, R. (1985). Attention and coding effects in S-R compatibility due to irrelevant spatial cues. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Eds.), *Attention and performance XI* (pp. 456-471). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Umiltà, C. (1991). Problems of the salient-feature coding hypothesis: Comment on Weeks and Proctor. *Journal of Experimental Psychology: General*, *120*, 83-86.

- Umiltà, C.A., & Zorzi, M. (1997). Commentary on Barber and O'Leary: Learning and attention in S-R compatibility. In B. Hommel & W. Prinz (Eds.), *Theoretical issues in stimulus-response compatibility* (pp. 173-178). Amsterdam: North-Holland.
- Umiltà, C., & Liotti, M. (1987). Egocentric and relative spatial codes in S-R compatibility. *Psychological Research*, *49*, 81-90.
- Umiltà, C., & Nicoletti, R. (1990). Spatial stimulus-response compatibility. In R. W. Proctor & T. G. Reeve (Eds.), *Stimulus-response compatibility: An integrated perspective* (pp. 89-116). Amsterdam: North-Holland.
- Ungerleider, L.G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In M. A. Ingle, M. I. Goodale, R. J. W. Masfield (Eds.), *Analysis of Visual Behavior* (pp 549-586). Cambridge, MA: MIT Press.
- Valle-Inclán, F., Hackley, S.A., & de Labra, C. (2002). Does stimulus-driven response activation underlie the Simon effect? In W. Prinz & B. Hommel (Eds.), *Common mechanisms in perception and action: Attention and performance XIX* (pp. 474-493). Oxford: Oxford University Press.
- Van Hoesen, G.W., Hyman, B.X., & Damasio, A.R. (1991). Entorhinal cortex pathology in Alzheimer's disease. *Hippocampus*, *1*, 1-8.
- van Kammen, D.P., & Kelley, M. (1990). Dopamine and norepinephrine activity in schizophrenia: An integrative perspective. *Schizophrenia Research*, *4*, 173-191.
- Vanden Abeele, S., Crommelinck, M., & Roucoux, A. (1993). Frames of reference used in goal-directed arm movement. In A. Berthoz (Ed.), *Multisensory control of movement* (pp. 363-378). Oxford, England: Oxford University Press.
- Vecera, S. (1994). Grouped locations and object-based attention: Comment on Egly, Driver, and Rafal (1994). *Journal of Experimental Psychology: General*, *123*, 316-320.
- Velley, L., Cardo, B., Kempf, E., Mormede, P., Nassif-Caudarella, S., & Velly, J. (1991). Facilitation of learning consecutive to electrical stimulation of the locus coeruleus: Cognitive alteration or stress-reduction? *Progress in Brain Research*, *88*, 555-569.
- Verfaellie, M., Bowers, D., & Heilman, K.M. (1988). Attentional factors in the occurrence of stimulus-response compatibility effects. *Neuropsychologia*, *28*, 435-444.
- Versace, F., Cavallero, C., De Min Tona, G., Mozzato, M., Stegagno, L. (2006) Effect of sleep reduction on spatial attention. *Biological Psychology*, *71*, 248-255.
- Von der Heydt, R., Zhou, H., Friedman, H.S. (2000). Representation of stereoscopic edges in monkey visual cortex. *Vision Research*, *40*, 1955-1967.

- Vu, K.P.L., & Proctor, R.W. (2001). Determinants of the right–left and top–bottom prevalence for two-dimensional spatial compatibility. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 27, 813-828.
- Vu, K.P.L., & Proctor, R.W. (2002). The prevalence effect in two dimensional stimulus–response compatibility is a function of the relative salience of the dimensions. *Perception & Psychophysics*, 64, 815-828.
- Vu, K.P.L., Proctor, R.W., & Pick, D.F. (2000). Vertical versus horizontal spatial compatibility: Right–left prevalence with bimanual responses. *Psychological Research*, 64, 25-40.
- Wallace, R.A. (1971). S–R compatibility and the idea of a response code. *Journal of Experimental Psychology*, 88, 354-360.
- Wallace, R.J. (1972). Spatial S-R compatibility effects involving kinesthetic cues. *Journal of Experimental Psychology*, 93, 163-168.
- Wang, D.Y., Proctor, R.W., & Pick, D.F. (2003). The Simon effect with wheel-rotation responses. *Journal of Motor Behavior*, 35, 261-273.
- Wapner, S., Werner, H., & Krus, D.M. (1957). The effect of success and failure on space localization. *Journal of Personality*, 25, 752-756.
- Warm, J.S. (1984). *Sustained attention in human performance*. Chichester, England: Wiley.
- Watanabe, M., Tanaka, H., Uka, T., & Fujita, I. (2000). Disparity-Selective Neurons in Area V4 of Macaque Monkeys. *Society for Neuroscience Abstract*, 26, 954.
- Watson, S.E., & Kramer, A.F. (1999). Object-based visual attention and perceptual organization. *Perception and Psychophysics*, 61, 31-49.
- Weckowicz, T.E., Sommer, R., & Hall, R. (1958). Distance constancy in schizophrenic patients. *Journal of Mental Science*, 104, 1174-1182.
- Weeks, D. J., & Proctor, R.W. (1990). Salient-features coding in the translation between orthogonal stimulus and response dimensions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119, 355-366.
- Weeks, D.J., Proctor, R.W., & Beyak, B. (1995). Stimulus-response compatibility for vertically oriented stimuli and horizontally oriented responses: Evidence for spatial coding. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 48A, 367-383.
- Wells, D.S. (1987). Global and local processing in schizophrenia. *Dissertation Abstracts International*, 49, 405B.
- Wells, D.S., & Leventhal, D. (1984). Perceptual grouping in schizophrenia: Replication of Place and Gilmore. *Journal of Abnormal Psychology*, 93, 231-234.

- Wells, J.Q., & Caldwell, W.E. (1967). Perception of the vertical as a function of affective stimuli and extraneous stimulation in schizophrenic and normal subjects. *Genetic Psychology Monographs*, 75, 209-234.
- Wendt, M., Kluwe, R.H., & Peters, A. (2006). Sequential modulations of interference evoked by processing task-irrelevant stimulus features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 32, 644-667.
- Werner, G., Black, F.O., Comes, C, Larkin, A., & Steinhauer, S. (1982). Anomalies of neuro-sensory functions and representational world in schizophrenics. In E. Usdin & I. Hanin (Eds.), *Biological markers in psychiatry and neurology* (pp. 405-421). Oxford, England: Pergamon Press.
- Wertheim, A.H., van Gelder, P., Lautin, A., Peselow, E., & Cohen, N. (1985). High thresholds for movement perception in schizophrenia may indicate abnormal extraneous levels of central vestibular activity. *Biological Psychiatry*, 20, 1197-1210.
- Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. *Psychologische Forschung*, 4, 301-350
- Westheimer, G. (1979). Cooperative neural processes involved in stereoscopic acuity. *Experimental Brain Research*, 36, 585-597.
- Wheatstone, C. (1838). Contributions to the physiology of vision. I. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. *Philosophic Transactions Royal Society London. B Biological Science*, 2, 371-393.
- Whishaw, I.Q. (1993). Activation, travel distance, and environmental change influence food carrying in rats with hippocampal, medial thalamic and septal lesions: Implications for studies on hoarding and theories of hippocampal function. *Hippocampus*, 3, 373-385.
- White, J.M., Sparks, D.L., & Stanford, T.R. (1994). Saccades to remembered target locations: An analysis of systematic and variable errors. *Vision Research*, 34, 79-92.
- Worth, C. (1915). Squint: its causes, pathology and treatment. *Blakiston*, Philadelphia.
- Wurtz, R.H., Goldberg, M.E. (1972). The primate superior colliculus and the Shift of visual attention. *Investigative Ophthalmology*, 11(6), 441-450.
- Yantis, S., & Hillstrom, A.P. (1994). Stimulus-driven attentional capture: Evidence from equiluminant visual objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 95-107.
- Yamamoto, K.I., Ozawa, N., Shinba, T., Hoshino, T., & Yoshii, M. (1994). Possible noradrenergic dysfunction in schizophrenia. *Brain Research Bulletin*, 35, 529-543.

Zelinsky, G.J. (1996). Using eye saccades to assess the selectivity of search movements. *Vision Research*, 36, 2177-2187.

Zhaoping, L. (2001). Modelling pre-attentive stereo grouping by intracortical interaction in early visual cortex. *Journal of Vision*, 1 (3), doi: 10.1167/1.3.168.

Zola-Morgan, S., & Squire, L. (1993). Neuroanatomy of memory. *Annual Review of Neuroscience*, 16, 547-563.

Zorzi, M., & Umiltà, C. (1995). A computational model of the Simon effect. *Psychological Research*, 58, 193-205.