

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO – BICOCCA

DIPARTIMENTO DI PSICOLOGIA

SCUOLA DI DOTTORATO IN PSICOLOGIA SPERIMENTALE, LINGUISTICA E

NEUROSCIENZE COGNITIVE



IL FENOMENO DELLA SORDITÀ DA DISATTENZIONE
NEL PARADIGMA DI SGUARDO E
ASCOLTO SELETTIVO

Tutor: prof.ssa ROBERTA DAINI

Co-tutor: prof. CARLO MINIUSI

Tesi di Dottorato di:

CRISTINA LENTINI

XXI Ciclo

Al futuro, il mio.

*Il processo di una scoperta scientifica è,
in effetti,
un continuo conflitto di meraviglie.*

(Albert Einstein)

INDICE

RIASSUNTO	1
ABSTRACT	3
INTRODUZIONE GENERALE	4
CAPITOLO 1: I processi attentivi	5
1.1 La selezione dell'attenzione	6
1.2 Oltre il filtro attentivo	12
1.3 La teoria del carico percettivo	22
1.4 Basi anatomiche del filtro	30
1.5 Attenzione amodale-modale	34
CAPITOLO 2: Attenzione e percezione	40
2.1 La cecità al cambiamento	41
2.2 L' Attentional Blink	44
2.3 La cecità da ripetizione	45
2.4 La cecità da disattenzione	47
Il paradigma della croce di Mack e Rock	47
Il paradigma di "Selective Looking"	50
Il paradigma di Most	56
2.4.1 Fenomeni da disattenzione in altre modalità sensoriali	58
2.4.2 La cecità da disattenzione e la teoria del carico percettivo	64

PARTE SPERIMENTALE	68
CAPITOLO 3: Il fenomeno della sordità da disattenzione nel paradigma di sguardo e ascolto selettivo	69
3.1 Introduzione alla ricerca	71
3.2 Esperimento uno	74
3.2.1 Partecipanti	74
3.2.2 Materiali	75
3.2.3 Procedura	77
3.2.4 Analisi statistiche	79
3.2.5 Risultati	79
3.2.6 Discussione	81
3.3 Esperimento due	84
3.3.1 Partecipanti	85
3.3.2 Materiali	85
3.3.3 Procedura	86
3.3.4 Analisi statistiche	86
3.3.5 Risultati	87
3.3.6 Discussione	90
3.4 Esperimento tre	93
3.4.1 Partecipanti	95
3.4.2 Materiali	95

3.4.3 Procedura	97
3.4.4 Analisi statistiche	99
3.4.5 Risultati	99
3.4.6 Discussione	103
3.5 Discussione generale	105
3.6 Conclusioni	109
BIBLIOGRAFIA	111
RINGRAZIAMENTI	126

RIASSUNTO

L'influenza dell'attenzione sulla percezione è un argomento molto dibattuto in letteratura. Reso evidente dal fenomeno della cecità da disattenzione (CD) (Mack & Rock, 1998; Most, Scholl, Clifford, & Simons, 2005; Simons & Chabris, 1999), è stato molto studiato in riferimento alla percezione visiva, ma ignorato nelle altre modalità sensoriali, come l'udito.

È stato qui studiato se la CD possa avere un equivalente nella modalità uditiva: sordità da disattenzione (SD). Inoltre ci si è chiesto come la presentazione degli stimoli in doppia modalità possa influenzare la presenza e la quantità di CD e SD.

Per queste ragioni sono stati condotti tre esperimenti, utilizzando il paradigma dello sguardo selettivo (Neisser, 1979); in tutti i casi il compito primario era quello di contare i passaggi effettuati da due squadre che si passavano due palline di diverso colore e materiale (che producevano due suoni diversi) con delle racchette di legno.

Negli esperimenti 1 e 2 lo stimolo inatteso era costituito dal passaggio di una ragazza vestita di nero che attraversava l'intero campo d'azione dei giocatori producendo un suono acuto ed intermittente. Nell'ultimo esperimento lo stimolo inatteso era solamente uditivo, costituito dal suono prodotto dalla ragazza, in questo caso invisibile.

I dati mostrano che la SD è un fenomeno possibile, robusto e replicabile, che si manifesta in maniera più forte in condizioni particolari, come accoppiando la modalità uditiva a quella visiva nel compito primario (espp 1, 2 e 3) oppure premendo la barra spaziatrice in corrispondenza dei rimbalzi (espp 2 e 3).

Ciò favorisce la conclusione in direzione dell'esistenza di un sistema attenzionale aspecifico, comune ad ogni modalità e non suddiviso tra di esse.

ABSTRACT

The influence of attention on perception is a much-discussed issue in the literature. Largely manifested in the Inattentional Blindness phenomenon (IB) (Mack & Rock, 1998; Most et al., 2005; Simons & Chabris, 1999), it has been extensively studied with respect of visual perception, but neglected in other sensory modalities like hearing.

We investigated if IB could have an equivalent within the auditory modality: Inattentional Deafness (ID). Besides, we wonder how double-modality presentation of attended and unattended stimuli affects the presence and the extent of IB and ID.

For these reasons we ran three different experiments, using the selective looking paradigm (Neisser, 1979); in every case the primary task was to count the bounces made by two teams passing two balls of different materials (making two different sounds) with wooden rackets.

In experiments 1 and 2 the unattended stimulus was a black-dressed girl making a loud noise that crossed the visual field. In the last experiment the unattended stimulus was just auditory, thus the loud sound made by the girl, now invisible.

Our data show that ID is a possible, strong and reliable phenomenon, and it can be increased in particular conditions, such as coupling the auditory modality of the primary task with the visual one (exp 1, 2 and 3) or pressing the space-bar in correspondence to the bounces (exp 2 and 3).

We conclude that our results favor the existence of a non specific attentional system, shared between, and not within, modalities.

INTRODUZIONE GENERALE

Lo scopo di questa trattazione è quello di esporre una ricerca volta ad indagare la possibile esistenza del corrispettivo uditivo di un fenomeno, la cecità da disattenzione (Mack & Rock, 1998; Most et al., 2005; Simons & Chabris, 1999), molto studiato in modalità visiva ma pressoché ignorato nelle altre modalità sensoriali.

Per fare ciò sono stati effettuati tre esperimenti utilizzando il paradigma di sguardo selettivo (Neisser, 1979).

Nel primo capitolo verrà presentato, in maniera piuttosto generale, il delicato processo dell'attenzione: partendo dall'esposizione del dibattito riguardante il filtro attentivo, funzione centrale di questo processo, si giungerà alla presentazione della teoria del carico percettivo di Nilli Lavie (Lavie, 1995), passando attraverso la descrizione delle possibili basi anatomiche e alle modalità d'azione del filtro.

Nel secondo capitolo verrà preso in considerazione il delicato legame tra l'attenzione e la percezione e si tenterà di capire se quest'ultima sia possibile anche in assenza della prima.

Il terzo ed ultimo capitolo riguarderà la parte puramente sperimentale, descrivendo i metodi, i risultati e la discussione dei tre esperimenti effettuati.

CAPITOLO 1: I processi attentivi

L'attenzione è un processo cognitivo che permette, tra la moltitudine di stimoli che ci circonda, di scegliere di considerare solo quelli che assumono una particolare rilevanza, ignorando gli altri.

Funzione apparentemente banale, l'attenzione è un costrutto multidimensionale con svariate e complesse sfaccettature (vedi Van Zomeren & Brouwer, 1994).

A testimonianza della difficoltà esplicativa legata a questo costrutto basti pensare alle molte metafore utilizzate per spiegare il funzionamento di questo processo: la metafora del filtro o collo di bottiglia (*bottleneck*) (Broadbent, 1958; Deutsch & Deutsch, 1963; Moray, 1959; Treisman, 1960), quella del serbatoio (Kahneman, 1973), del fascio di luce (*spotlight*) (M. I. Posner & Petersen, 1990) e “della colla” (Treisman & Gelade, 1980) solo per citarne alcune ed, infine, quella dello “zoom”, (Eriksen & Yeh, 1985) che verranno citate nella prima parte di questo capitolo.

Esponendo le varie proposte esplicative non si potrà prescindere dal trattare uno degli argomenti più importanti riguardanti l'attenzione: il concetto di selezione. Partendo da teorie parcellari (selezione precoce vs. tardiva) si giungerà all'esposizione di una teoria più recente, quella del carico percettivo di Nillie Lavie (Lavie, 1995), che coniuga in un solo modello decenni di dibattiti.

Nella seconda parte di questo primo capitolo verranno esposte le ricerche recenti che hanno permesso, oltre a delineare il funzionamento dell'attenzione e del filtro attentivo, anche di comprenderne il substrato anatomico.

A conclusione si cercherà di comprendere quali siano le posizioni riguardanti la modalità con cui l'attenzione possa operare, nello specifico se il filtro possa agire

solo all'interno di una determinata modalità sensoriale (per intenderci selezionando stimoli visivi tra stimoli visivi) o se invece agisca in maniera sopramodale quando più di una modalità sensoriale sia presente (ad esempio selezionando stimoli visivi tra stimoli presentati anche in modalità uditiva).

1.1 La selezione dell'attenzione

Lo studio della selezione dell'attenzione prende l'avvio dagli studi degli anni '50 che portarono alla scoperta dell'effetto *cocktail party* (Cherry, 1953), ovvero la capacità di focalizzare l'attenzione su specifici stimoli verbali (ad esempio una conversazione interessante) anche in presenza di altre conversazioni o rumori di fondo.

Questo effetto, oltre a dimostrare la capacità di selezionare uno stimolo tra un insieme di distrattori, mostrò anche come l'attenzione potesse essere catturata e orientata in direzione di uno stimolo saliente (ad esempio sentire pronunciare il proprio nome da una persona) in maniera pressoché automatica.

Cherry, per lo studio di questo fenomeno, utilizzò la tecnica di ascolto dicotico ed il compito di *selective shadowing* che, nella sua forma tipica, prevede la presentazione di due diversi messaggi verbali contemporaneamente in cuffia, uno per ciascun orecchio. Compito dell'ascoltatore è prestare attenzione ad un messaggio e ignorare l'altro, ripetendolo ad alta voce. Nei primi studi si evidenziò come una componente fondamentale per la buona esecuzione del compito fosse la distinguibilità dei due messaggi, ottenibile ad esempio attraverso la presentazione separata in un orecchio e nell'altro o un differenza sostanziale nella voce, come può essere quella tra una profonda voce maschile e un'alta voce

femminile. Inoltre gli autori notarono che gli ascoltatori, se interrogati successivamente alla presentazione (Broadbent, 1958; Moray, 1959), riportavano solo vaghe e minime informazioni sull'argomento generale del messaggio ignorato, ma non notavano se ad esempio si verificava un cambiamento di lingua o se una parola era stata ripetuta molte volte.

Risultò perciò chiaro come uno dei due messaggi, quello irrilevante per il compito, venisse completamente ignorato, filtrato, a scapito della traccia a cui il soggetto era chiamato a prestare attenzione. La percezione apparve quindi essere un processo limitato rendendo di fondamentale importanza la selezione di cosa elaborare. La funzione dell'attenzione fu così paragonata ad un collo di bottiglia, che limita l'uscita d'acqua; in questo caso ad essere limitata sarebbe stata la quantità di informazioni che possono raggiungere la piena elaborazione e di conseguenza la consapevolezza.

Queste osservazioni portarono alla nascita di un contributo fondamentale: la cosiddetta Teoria del Filtro di Donald Broadbent (1958), in cui si asserisce l'esistenza di un filtro ad un livello molto precoce, tra la ricezione sensoriale dello stimolo e la sua elaborazione ed identificazione da parte del soggetto. Il modello di Broadbent è formato da due stadi successivi di elaborazione percettiva, tra cui il filtro verrebbe a collocarsi (Fig. 1.1). Nel primo verrebbero estratte in modo parallelo le proprietà fisiche di tutti gli stimoli in ingresso, come il colore, la posizione spaziale e l'orientamento; nel secondo verrebbero invece analizzate le proprietà riguardanti gli aspetti più informativi, più complessi rispetto ai precedenti, come ad esempio il significato delle parole. Per la complessità del materiale da elaborare il secondo stadio possiederebbe una quantità finita di risorse disponibili e la codifica sarebbe di tipo seriale; il filtro selezionerebbe quindi le informazioni

che sono destinate a raggiungere questo stadio di elaborazione, prevenendo un sovraccarico del sistema.

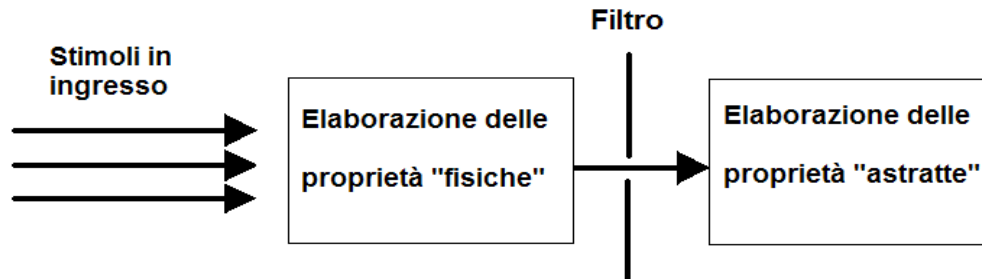


Figura 1.1 Schematizzazione del modello del filtro precoce di Broadbent. Adattata da Driver (2001).

L'attenzione selettiva avrebbe quindi il suo massimo grado di efficienza solo nel caso in cui gli attributi fisici degli stimoli siano chiaramente identificabili e distinguibili.

Alla luce di questa teoria, i soggetti non acquisirebbero informazioni sul contenuto del messaggio ignorato negli esperimenti di ascolto dicotico poiché il filtro selettivo agirebbe precocemente impedendo il passaggio al secondo stadio.

Questa teoria del filtro è il classico esempio di “selezione precoce”, ma studi successivi, che hanno utilizzato tecniche di misurazione indirette, mostrarono la presenza di processi di elaborazione anche degli stimoli non indicati come bersaglio (Corteen & Dunn, 1974), lasciando aperta la possibilità di un filtro in posizione più tardiva di elaborazione. In questi esperimenti venivano associate piccole stimolazioni elettriche ad alcune parole presenti nel messaggio disatteso. I risultati mostrarono come i partecipanti, dopo la fase di condizionamento, presentassero una risposta galvanica della pelle ad una successiva presentazione

di queste parole, a dimostrazione, secondo gli autori, di un'elaborazione implicita degli stimoli ignorati.

Altri studi, di tipo diverso, offrirono ulteriore conferma della possibile elaborazione anche degli stimoli inattesi. In questo caso venivano presentati all'orecchio a cui prestare attenzione messaggi semanticamente ambigui. I risultati mostrarono come la parola presentata all'orecchio da ignorare risultasse determinante per la disambiguazione della traccia, dimostrando la sua effettiva elaborazione fino al livello semantico. Studi successivi dimostrarono poi come la ripetizione della traccia rilevante potesse risultare ritardata nel caso in cui ad essere irrilevante fosse presentata una traccia simile alla prima in significato (Lewis, 1970; Mackay, 1973).

Questi dati disconfermarono la visione di un filtro a livello sensoriale, rafforzando la possibilità che il filtro potesse avere una posizione più tardiva nella sequenza di elaborazione delle informazioni (Deutsch & Deutsch, 1963).

L'architettura del modello di elaborazione tardiva, sviluppato da Deutsch & Deutsch (Fig. 1.2) in risposta al modello di selezione precoce, era del tutto simile a questo; gli stimoli non attesi verrebbero comunque tutti analizzati fino al livello semantico e la selezione avverrebbe solo successivamente. Gli stimoli non attesi verrebbero esclusi dalla memoria e dalla consapevolezza solamente una volta raggiunta la completa elaborazione percettiva, a livello di selezione della risposta.

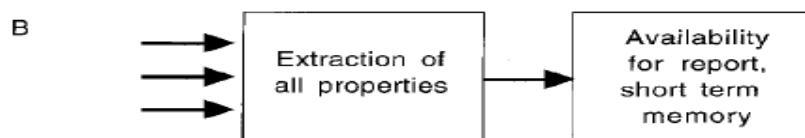


Figura 1.2 Schematizzazione del modello a filtro tardivo di Deutsch & Deutsch. Adattata da Driver (2001).

In accordo con le evidenze sperimentali che mostravano saltuari processi di elaborazione anche degli stimoli non attesi, Anne Treisman (1960, 1969) propose una versione modificata della teoria del filtro di Broadbent (Fig. 1.3) in cui tutti gli stimoli in ingresso verrebbero ricevuti ma gli stimoli ignorati non sarebbero completamente filtrati, ma solamente "attenuati" (Treisman, 1960; Treisman, 1969).

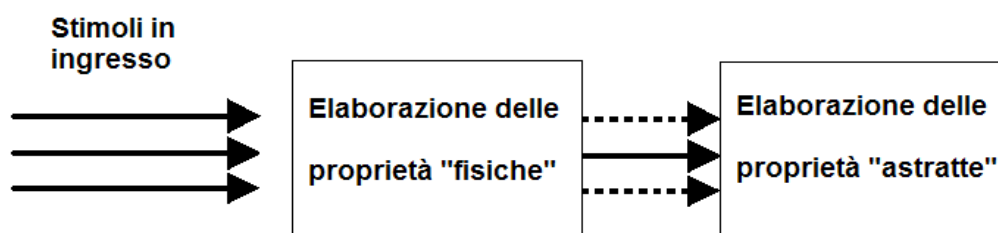


Figura 1.3 Schematizzazione del modello del filtro attenuato di Treisman. Adattata da Driver (2001).

In altri termini, il sistema attentivo limiterebbe l'analisi delle proprietà degli stimoli da ignorare per il riconoscimento e per l'estrazione del significato, ma in alcuni casi alcuni attributi caratteristici degli input possiederebbero una soglia minore di attivazione; un esempio di ciò è la presentazione del proprio nome come stimolo distrattore che, in quanto significativamente saliente per il soggetto, possiederebbe una soglia di attivazione molto bassa, in grado di superare il filtro (Moray, 1959).

Ad ulteriore dimostrazione di ciò un esperimento della stessa autrice mostrò che, nel caso in cui venisse presentata all'orecchio non atteso una parola critica, utile per completare il messaggio rilevante, i soggetti ripetevano l'intero messaggio senza difficoltà (Treisman, 1960). A differenza dell'interpretazione secondo cui questa sarebbe una dimostrazione dell'elaborazione di ogni stimolo a prescindere

dalla sua rilevanza (selezione tardiva), Anne Treisman ipotizzò che solo poche parole potessero essere elaborate sebbene non attese, ad esempio se particolarmente pertinenti per il completamento della frase.

Dopo una prima fase di studi, basati sul paradigma di ascolto dicotico in modalità uditiva, la maggior parte delle ricerche successive si è concentrata principalmente sullo studio dei meccanismi di selezione dell'attenzione **visiva**.

I primi lavori in questo campo, sebbene indagassero la capacità del magazzino di memoria sensoriale (Rock & Gutman, 1981; Sperling, 1960; Von Wright, 1970), suggerirono che la selezione degli stimoli nell'attenzione visiva seguisse un modello del tutto analogo a quello di Broadbent. Usando il paradigma sperimentale del resoconto parziale (*partial report*¹, (Sperling, 1960)), si notò come effettivamente la capacità di elaborazione del materiale fosse limitata e come il compito fosse eseguito più facilmente se gli stimoli si distinguevano per importanti caratteristiche fisiche di base (es. colore, orientamento), piuttosto che per le loro proprietà astratte.

Lavori successivi mostrarono poi come gli stessi risultati, interpretati alla luce della selezione precoce (Rock & Gutman, 1981), potessero essere reinterpretati secondo la teoria della selezione tardiva, semplicemente cambiando la misura utilizzata. Un esempio di ciò è il fenomeno del priming negativo² (Tipper, 1985)

¹ Questo paradigma prevedeva la presentazione di una matrice di 4 colonne per 2 righe di lettere per un periodo molto breve di tempo. Subito dopo la scomparsa della matrice veniva indicata (immediatamente dopo o dopo un periodo controllato di tempo) solo una delle due righe della matrice e compito del soggetto era riportarne il contenuto (Sperling, 1960).

² Rock e Gutman (1981) presentarono ai soggetti una serie di due forme sovrapposte, con il contorno di due diversi colori e chiesero ai soggetti di concentrarsi solo su una delle due. Ad un test a sorpresa successivo i soggetti mostrarono di non avere alcuna consapevolezza della forma inattesa. Ciò fu portato a dimostrazione di un filtraggio precoce dell'attenzione. Tipper (1985), usò gli stessi stimoli ma, utilizzando un metodo di misurazione indiretto, chiese ai soggetti di nominare il più velocemente possibile gli oggetti in un determinato colore. I risultati mostrarono un tempo di denominazione maggiore nel caso in cui lo stimolo rilevante da denominare fosse preceduto da uno stimolo irrilevante ma semanticamente collegato. In

che conferma una possibile selezione ad un livello più avanzato dell'elaborazione, dando così origine anche in campo visivo al dibattito fra selezione precoce vs. selezione tardiva.

1.2 Oltre il filtro attentivo

Accanto al dibattito relativo al filtraggio che l'attenzione esercita sugli stimoli si situano numerosi altri studi e filoni di ricerca che, parallelamente, hanno cercato di definire e spiegare il funzionamento di questo complicato processo. Uno di questi, che trova un celebre esponente in Michael Posner, attribuisce all'attenzione una funzione di "faro" che illuminerebbe la porzione di spazio in cui sono collocati gli stimoli o gli oggetti stessi, consentendo all'attenzione di essere spostata verso di essi (metafora del fascio di luce).

Nel paradigma di *cueing* spaziale (Posner, 1980), veniva chiesto ai soggetti di rispondere il più rapidamente possibile, premendo un pulsante, ad uno stimolo bersaglio (*target*) presentato in uno di due quadranti in cui era diviso uno schermo (Fig 1.4). Posner scoprì che se allo stimolo veniva fatto precedere un suggerimento (*cue*) sulla probabile zona di presentazione del target, in caso di concordanza cue-target (prova valida) i tempi di reazione decrescevano, nel caso opposto (prova non valida) aumentavano. Nel primo caso si parla di beneficio sulla risposta, nel secondo di costo.

accordo con una visione a favore della selezione tardiva, entrambi gli oggetti avrebbero subito una piena elaborazione ma uno dei due sarebbe stato successivamente volontariamente ignorato.

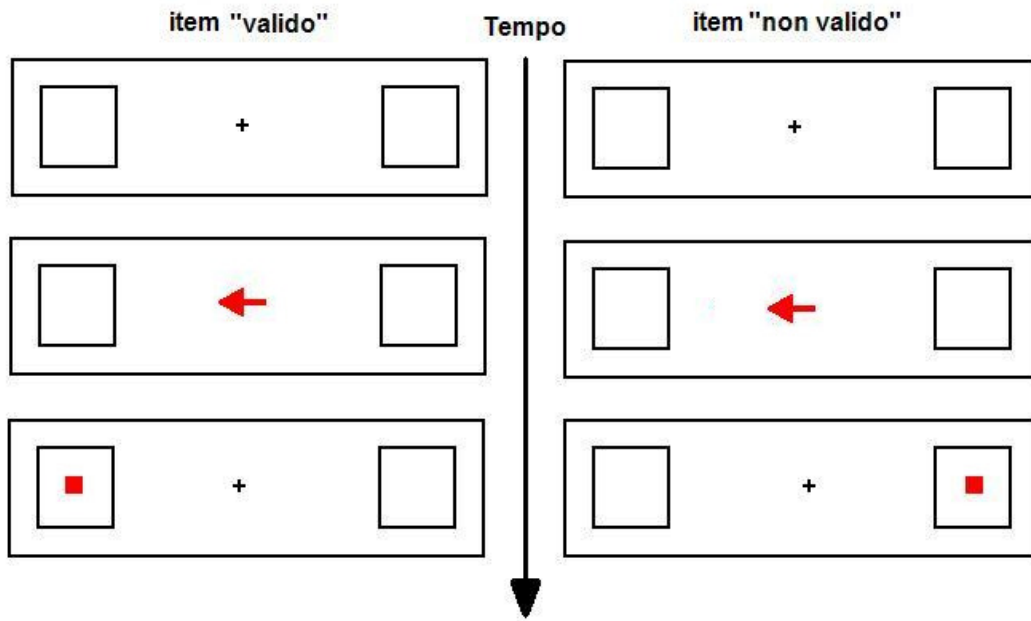


Figura 1.4 Paradigma di Cueing ideato da M. Posner, a sinistra un esempio di prova “valida”, a destra prova “non valida”.

La spiegazione di questo fenomeno risiede nel fatto che la presentazione del *cue* orienti l’attenzione, selezionando anticipatamente una regione di spazio.

È stato poi dimostrato (Posner & Cohen, 1984) come tipi diversi di *cue* possano orientare l’attenzione in modi diversi. Questa può essere infatti orientata volontariamente verso una regione dello spazio (attenzione volontaria o endogena) o attirata automaticamente da uno stimolo saliente (attenzione automatica o esogena).

Nel caso raffigurato in figura 1.4 il *cue* è rappresentato da una freccia in posizione centrale; questo simbolo richiede un’elaborazione semantica da parte del soggetto, a seguito della quale può spostare l’attenzione verso la regione indicata dello spazio.

Nel secondo caso, raffigurato in figura 1.5, contrariamente al caso precedente, la presenza di un flash di luce in corrispondenza di una delle due regioni di spazio (in

posizione periferica) catturerebbe automaticamente l'attenzione, indipendentemente dalla volontà del soggetto, provocando uno spostamento involontario di questa.

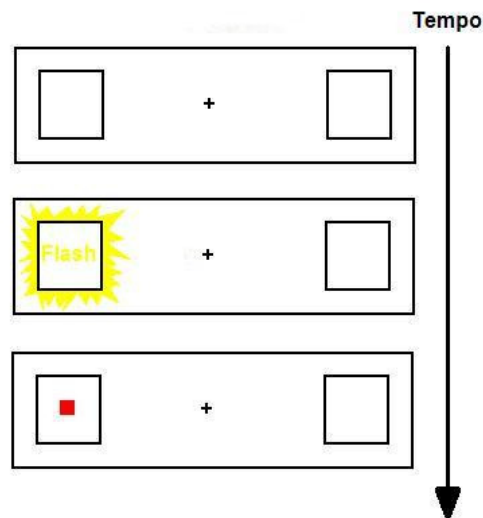


Figura 1.5 Esempio di prova valida con cue periferico; questo tipo di cue provoca uno spostamento inconsapevole dell'attenzione.

Quando lo spostamento dell'attenzione è automatico, se la comparsa del target avviene con più di 250/300 msec di ritardo rispetto alla comparsa del *cue*, il vantaggio si tramuta in un costo nella risposta. Questo fenomeno è stato chiamato inibizione di ritorno (*Inhibition Of Return, IOR*) (Posner & Cohen, 1984).

Il paradigma di Michael Posner ha così dimostrato la possibilità che l'attenzione possa essere attirata in maniera automatica, addirittura indipendentemente dal movimento degli occhi e della testa (attenzione *covert*) (Posner, 1980).

Accanto a questo campo di ricerche, che ha aperto alla possibilità che l'attenzione possa essere dispiegata in maniera automatica, si è sviluppato un altro filone di ricerca, quello della ricerca visiva (*visual search*) (Treisman, 1982).

Nel paradigma classico il soggetto ha il compito di cercare e rispondere alla presenza di un *target* all'interno di un gruppo di stimoli inattesi (distrattori) di numero variabile (Fig. 1.6). Di norma il bersaglio è presente nel 50% delle presentazioni.

Nell'ambito di questo paradigma si possono distinguere due tipi di ricerca visiva: ricerca di un target che si differenzia dai distrattori per una singola caratteristica (*feature search*) o per una congiunzione di caratteristiche (*conjunction search*) (Fig. 1.6).

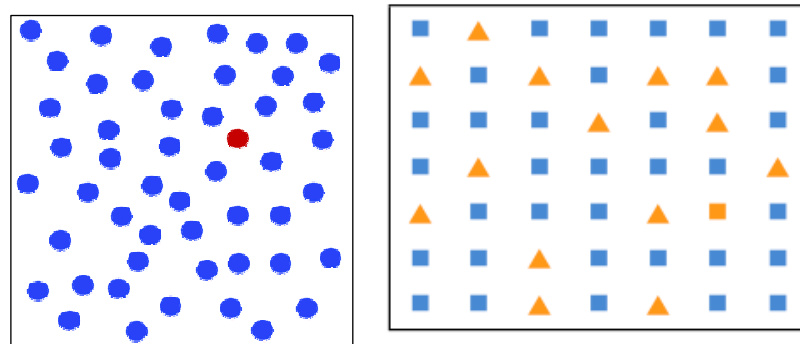


Figura 1.6 Sinistra: esempio di ricerca visiva di singola caratteristica. Adattata da Dürsteler (2006).

Destra: ricerca visiva per congiunzione di caratteristiche. Adattato da <http://en.wikipedia.org>.

Il primo caso è costituito dalla ricerca ad esempio di un pallino rosso all'interno di pallini blu, contraddistinto da una differenza solo di colore; il secondo dalla ricerca ad esempio di un quadrato arancione all'interno di triangoli arancioni e quadrati azzurri, contraddistinto perciò dall'unione di colore e forma.

Per la valutazione della performance vengono registrati i tempi di reazione (TR) e l'accuratezza della risposta.

Il numero di distrattori esercita un differente effetto sui due tipi di ricerca; nel caso di ricerca per singola caratteristica il tempo di ricerca non mostra nessuna alterazione; nell'altro tipo di ricerca, al contrario, si assiste al così chiamato effetto

grandezza (*effect size*) ovvero più il numero di distrattori (*set size*) presente nel campo visivo è grande e più la ricerca diventa elaborata; di conseguenza la performance dei soggetti peggiora sia a livello dei tempi di reazione che della accuratezza. Misurando l'inclinazione della funzione (Fig 1.7) dei TR, all'aumentare del campione di distrattori si possono ricavare informazioni sul grado di influenza del *set size*; in particolare, nel caso di una ricerca di una congiunzione di caratteristiche, maggiore è la quantità di elementi presenti nel campo visivo e maggiore sarà l'influenza della ricerca sui TR, di conseguenza la retta sarà più inclinata.

Nei casi di ricerca di una singola caratteristica, al contrario, si può osservare la pressoché totale assenza di questo effetto; l'inclinazione della retta dei tempi di risposta rimane infatti praticamente invariata all'aumentare del numero dei distrattori.

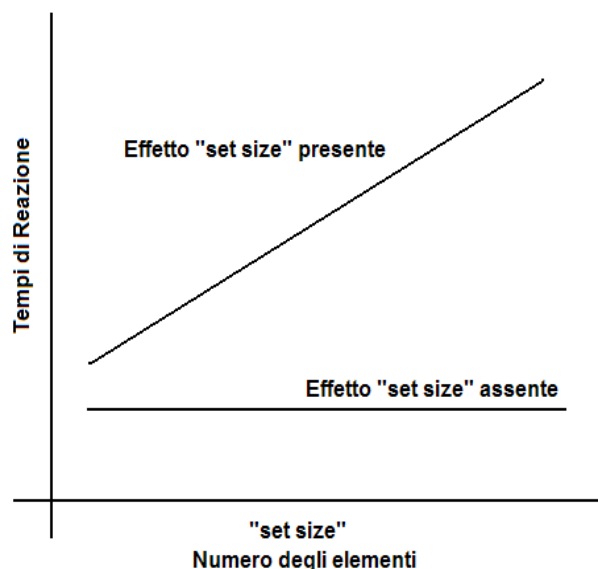


Figura 1.7 Il grafico mostra la differenza che produce l'aumento del numero di distrattori in un paradigma a singola caratteristica ed in uno con congiunzione di caratteristiche.

Questi due differenti andamenti dei tempi di reazione hanno portato a ipotizzare l'esistenza di diversi meccanismi di elaborazione del target: in un caso seriale e nell'altro parallelo.

Nel caso di una ricerca per una congiunzione di caratteristiche, dipendente dal numero di distrattori, la ricerca si attiverrebbe in modo seriale: questa avverrebbe cioè a partire da un elemento della scena e terminerebbe non appena si incontra il target. Durante la ricerca, per una questione puramente probabilistica, il target potrebbe essere uno dei primi stimoli ad essere elaborato o al contrario uno degli ultimi, di conseguenza la pendenza risultante sarà intermedia.

Nel caso invece di una singola caratteristica, la ricerca avverrebbe parallelamente, simultaneamente per il target e tutti i distrattori. È questo il motivo per il quale la pendenza della funzione risulta essere all'incirca pari al tempo necessario per la sola elaborazione del target.

In questo caso si afferma che l'attenzione visiva sia orientata da una componente preattentiva che seleziona e la guida verso le caratteristiche salienti degli stimoli (Egeth, Virzi, & Garbart, 1984; Hoffman, 1979; J. M. Wolfe, Cave, & Franzel, 1989). Un esempio è la ricerca di un segmento rosso orizzontale, immerso in un gruppo di distrattori composto da segmenti verticali di colore verde (Fig 1.8); l'attenzione in questo caso verrebbe guidata da due processi preattentivi, l'orientamento della linea e l'informazione data dal colore.

Questa veloce discriminazione del target all'interno dei distrattori, indipendentemente da quanti essi siano, prende il nome di "pop-out", dal momento che il target risulta essere in evidenza, come se balzasse letteralmente fuori dallo schermo (Francolini & Egeth, 1980; Julesz, 1975).

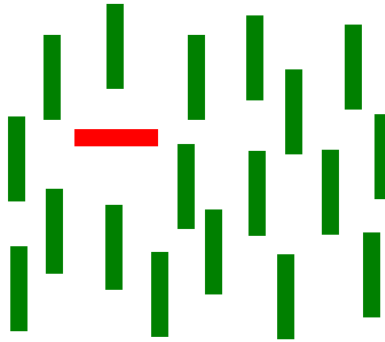


Figura 1.8 Esempio di “pop out” in un compito di ricerca visiva. La barra rossa orizzontale è come se risaltasse rispetto alle barre verdi orizzontali.

Molti studi suggeriscono che il sistema preattentivo di elaborazione parallela si attivi in risposta ad una serie base di attributi, ad esempio il colore: il riconoscimento del target è più immediato se esso si distingue dai distrattori per questa caratteristica (Bundesen & Pedersen, 1983) o se possiede un orientamento sufficientemente differente (Foster & Ward, 1991), così come un diverso asse di curvatura (Foster, 1983; Treisman, 1986). Anche la dimensione costituirebbe un attributo saliente: la ricerca di target grandi tra distrattori piccoli risulta essere infatti più semplice del contrario (Dehaene, 1989). Un'importante proprietà che caratterizza questo fenomeno e ne modula l'effetto è la non reversibilità: la ricerca della caratteristica A rispetto al suo opposto B può essere molto efficace, ma non è detto che lo sia anche il contrario (Treisman & Souther, 1985), un esempio ne è l'orientamento: è più facile trovare un segmento obliquo tra segmenti verticali che viceversa (Fig. 1.9).

Un altro esempio è la differenza che sussiste tra la presenza-assenza di un elemento del target: è più facile discriminare infatti una “q” all'interno di insieme di “o” che viceversa a causa della presenza dell'elemento distintivo della stanghetta della lettera “q” (Fig. 1.10).

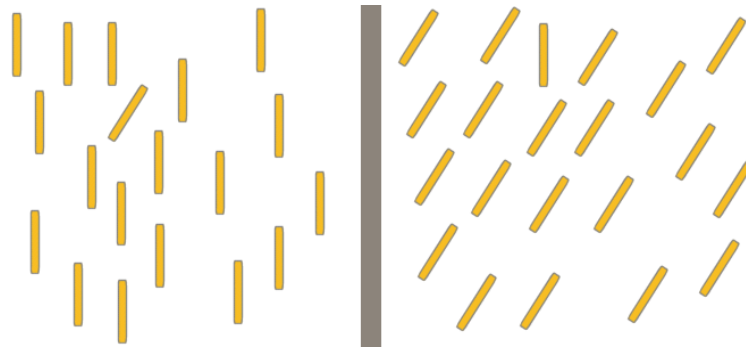


Figura 1.9 Esempio di ricerca visiva. A destra: il target è un segmento obliquo tra segmenti verticali. A sinistra: il target è un segmento obliquo i distrattori sono formati da segmenti verticali.

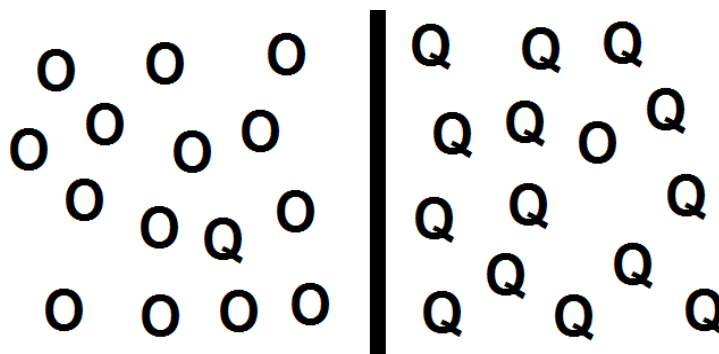


Figura 1.10 Esempio di ricerca visiva. A sinistra: il target è costituito da una "Q" ed i distrattori sono le lettere "O", a destra: il contrario, target "O", distrattori "Q".

La disomogeneità dei distrattori e del target è un elemento fondamentale per l'attivazione di un processo preattentivo; se entrambi possiedono le stesse caratteristiche, infatti, la selezione precoce non avviene e l'attenzione non sarà di conseguenza orientata in modo specifico sul bersaglio, ma verrà lasciata libera di dispiegarsi su tutti gli stimoli, per analizzarli attraverso una strategia di elaborazione seriale. La ricerca di una F rossa tra un gruppo di distrattori formato per metà da lettere rosse e per metà da lettere verdi, ad esempio, è più efficiente in termini di tempi di reazione e accuratezza (Carter, 1982), rispetto alla ricerca dello stesso bersaglio ma tra soli distrattori rossi, questo perché il focus attenzionale nel primo caso è ristretto solo agli elementi identificabili come target

dal processo preattentivo, nel secondo risulta essere inefficace dato che tutti gli stimoli elicitano la sua attivazione.

Questo esempio ci riporta alla seconda categoria di Ricerca Visiva: la ricerca di caratteristiche congiunte. Questo tipo di ricerca, influenzata in maniera rilevante dal numero di distrattori presenti nella scena, è in realtà la più comune nella vita reale; ne è un esempio trovare una determinata auto in un parcheggio.

In sintesi, nel dibattito che si è sviluppato tra i sostenitori dei meccanismi di selezione precoce vs. quelli di selezione tardiva, i primi spiegano il fenomeno del *size effect* sulla *conjunction search* come un eccezionale fallimento del sistema attentivo, dal momento che niente dovrebbe essere elaborato al di fuori dello stimolo target, mentre i selezionatori tardivi lo interpretano come un'evidenza della presenza dell'elaborazione degli stimoli distrattori.

Come risposta a questo dibattito, Anne Treisman ha sviluppato la Teoria dell'Integrazione delle Caratteristiche (*Feature Integration Theory* – F.I.T.) espressamente ed esclusivamente pensata per l'attenzione visiva (Treisman & Gelade, 1980).

La teoria di Treisman (Fig. 1.11) prevede due stadi: il primo, chiamato preattentivo, costituito da un insieme finito di processi paralleli di analisi che elaborano contemporaneamente le informazioni di base provenienti dalla scena visiva; il secondo, definito attentivo, in cui è attivata l'attenzione vera e propria. In questo stadio la modalità di elaborazione è seriale e l'attenzione ha il compito di legare insieme (*binding*) gli attributi di base, elaborati preattentivamente. L'attenzione, agendo proprio come un collante, avrebbe quindi la funzione di raggruppare insieme le caratteristiche elementari consentendo l'elaborazione dello stimolo nella sua interezza.

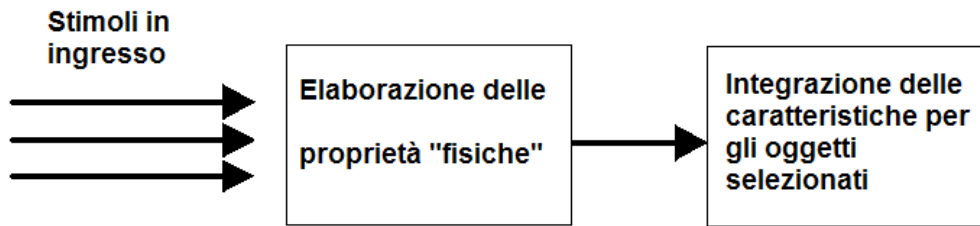


Figura 1.11 Schematizzazione del modello della teoria dell'integrazione delle caratteristiche di Treisman. Adattata da Driver (2001).

Il fenomeno della congiunzione illusoria, in cui due caratteristiche diverse appartenenti a due stimoli differenti si fondono insieme generando un unico oggetto percepito con entrambi gli attributi, dimostra la consistenza di questa fondamentale funzione di collante dell'attenzione che, tuttavia, in situazioni particolari, può avere difficoltà di integrare nel modo corretto gli attributi appartenenti ad uno stimolo (Treisman, 1982).

Nella versione originaria della sua teoria, Anne Treisman propose l'esistenza di un'elaborazione esclusivamente seriale in cui ogni stimolo viene analizzato nel caso abbia in comune anche solo una caratteristica con il target. Successivi studi hanno mostrato l'eccessiva rigidità di questa idea. Alcune ricerche hanno infatti indicato che l'attivazione del sistema possa essere ristretta ad un sottogruppo basato su un attributo saliente, come il colore (Egeth et al., 1984) e che contemporaneamente più di una caratteristica possa guidare il processo di selezione degli stimoli (Alkhateeb, Morris, & Ruddock, 1990; McLeod, Driver, Dienes, & Crisp, 1991; Nakayama & Silverman, 1986; Treisman & Sato, 1990; Wolfe & Friedman-Hill, 1992). Altre ricerche (Duncan, 1984) mostrano infine come il focus attentivo visivo non sia diretto verso una regione spaziale, ma più verso gli oggetti inseriti nello spazio (Egley, Driver, & Rafal, 1994).

1.3 La teoria del carico percettivo

Gli studi e le teorie finora esposti mostrano come, variando parametri del paradigma o la misura utilizzata sia possibile portare evidenze a favore di un modello di selezione precoce o tardiva. Il problema aperto rimane a questo punto fare chiarezza sui meccanismi e le cause alla base della collocazione del filtro in uno stadio precoce o tardivo dell'elaborazione dell'informazione.

Un'interessante posizione, fondamentale per rispondere a questa domanda, è quella del modello del carico percettivo (*perceptual load model*) proposta da Nilli Lavie, fondato sull'ipotesi che il livello di selezione dipenda interamente dal carico percettivo del compito che il soggetto è chiamato a svolgere (Lavie, 1995; Lavie, Hirst, de Fockert, & Viding, 2004). In accordo con questo modello, la focalizzazione dell'attenzione su un compito impedirebbe la percezione di stimoli irrilevanti solamente nel caso in cui questo richieda un elevato livello di elaborazione percettiva, che consumerebbe tutte le risorse attentive per il suo svolgimento.

La teoria sostiene che il sistema allochi direttamente ed automaticamente le risorse disponibili in relazione al grado di impegno percettivo che il compito richiede per la sua buona esecuzione, da qui ne deriva che se il carico percettivo è basso (*low load*) allora le risorse disponibili potranno essere impiegate anche per l'elaborazione degli stimoli irrilevanti, eventualmente bloccata da un processo di selezione tardiva; se, al contrario, il compito è caratterizzato da un carico percettivo intenso (*high load*) allora il sistema automaticamente attiverà un meccanismo di selezione precoce escludendo dall'elaborazione gli stimoli

considerati irrilevanti, poiché tutte le risorse saranno concentrate nell'elaborazione degli stimoli necessari per il compito.

L'idea secondo cui tutto possa dipendere dal carico percettivo del compito primario riesce a sostenere entrambi i modelli del filtro, sottolineando da una parte l'assunto del modello a filtro precoce (Broadbent, 1958) che le risorse sono limitate e dall'altro il concetto del modello a selezione tardiva (Deutsch & Deutsch, 1963) dell'automaticità del processamento avanzato dei distrattori.

Lavie e Tsal (1994), a conferma di ciò, fanno notare come negli esperimenti a sostegno del modello del filtro a selezione tardiva siano stati utilizzati quasi ed esclusivamente compiti con un carico percettivo basso, viceversa, negli esperimenti a sostegno del modello a selezione precoce compiti con un carico percettivo alto.

Negli esperimenti a sostegno di un filtro attenzionale a livello tardivo, secondo cui avverrebbe un'elaborazione di tutti gli stimoli, target e non, lo stimolo più comunemente utilizzato condivide due differenti dimensioni nella stessa posizione spaziale. Nel famoso paradigma di Stroop (1935), ad esempio, vengono presentate al centro dello schermo parole di colori colorate in maniera incongruente o congruente e compito del soggetto è quello di denominare il più velocemente possibile il colore, ignorando il significato della parola. I risultati mostrano come i tempi di reazione subiscano l'interferenza della lettura, automaticamente elaborata. La distanza tra i distrattori e il target, nulla in questo tipo di esperimenti, viene maggiormente differenziata in un altro tipo di studi, che utilizzano il cosiddetto paradigma di *flanker* (Eriksen., 1974). Questo prevede la presentazione di un bersaglio in posizione centrale affiancato da distrattori di diversa forma, solitamente identici tra loro, come ad esempio "AUA" o "AAUAA".

La separazione spaziale tra target e distrattori varia tra un minimo di 0,3 gradi, ad un massimo di 1 grado di angolo visivo. I soggetti, istruiti ad ignorare i distrattori, hanno il compito di rispondere il più accuratamente e velocemente possibile al bersaglio che compare al centro dello schermo, indicando a quale delle due categorie (“a” o “u”) questo appartenga.

I risultati mostrano che, quando i distrattori sono della categoria opposta rispetto al target, i tempi di reazione aumentano; questo indicherebbe che gli stimoli irrilevanti sono riconosciuti ed elaborati automaticamente, indipendentemente dalla specifica richiesta di evitarlo, dimostrando come il sistema attentivo agisca ad un livello tardivo, successivo all’elaborazione parallela e automatica di ogni stimolo presente nella scena visiva.

Lavie e collaboratori suggeriscono, in contrapposizione a questa conclusione, che la causa dell’elaborazione degli stimoli irrilevanti sia da ricercarsi nel fatto che una parte delle riserve attentive non viene impiegata nel compito, consentendo ad un meccanismo involontario ed automatico di spostare la riserva nel recupero di altre informazioni.

Ad essere automatico sarebbe quindi il meccanismo di allocazione e non la quantità di stimoli processati. Questo processo avrebbe poi una connotazione di “inevitabilità”: l’attenzione verrebbe infatti distribuita fino al suo esaurimento, prima al target e in un secondo tempo ai distrattori.

In conclusione, la notevole limitatezza di carico percettivo presente in questi esperimenti, richiedendo poca attenzione per la detezione del target, lascerebbe libera una grande quantità di attenzione, sufficiente per elaborare i distrattori.

Gli autori continuano la loro trattazione dicendo che la selezione precoce è possibile solo nel caso in cui il compito sia caratterizzato da un carico percettivo

importante. Se quest'ultima condizione si presentasse allora tutte le risorse dovrebbero essere utilizzate per il compito, impedendo di fatto l'elaborazione di qualsiasi altro stimolo irrilevante.

Diverse ricerche hanno confermato questa previsione (Eriksen & Hoffman, 1972, 1973; Navon, 1989; Pashler, 1984; Weisgerber & Johnson, 1989): Eriksen e Hoffman (1972, 1973), ad esempio, modificando il paradigma di *flanker*, hanno creato un compito altamente impegnativo, in cui invece di usare una stringa di lettere con un bersaglio e due identici distrattori, hanno pensato di inserire su un perimetro di una circonferenza dodici lettere di quattro categorie differenti. Compito dei soggetti era di rispondere il più accuratamente e velocemente possibile, premendo un tasto, alla comparsa delle lettere "A" o "U" e un altro per "M" o "H". Come è facile intuire, il carico percettivo, in termini di quantità di distrattori, distanza e posizione spaziale degli stessi, era decisamente maggiore rispetto agli studi precedentemente descritti.

I risultati di questo esperimento mostrano che i tempi di risposta ai target subivano l'interferenza dei distrattori se appartenenti alla categoria opposta. Fatto più rilevante, comunque, è che questo effetto veniva osservato solamente quando i distrattori comparivano entro un grado di angolo visivo dal target. Per distanze più grandi l'identità dei distrattori non aveva alcun effetto sui tempi di reazione.

A fianco dei numerosi studi comportamentali che hanno utilizzato la misurazione dei tempi di risposta, diversi risultati di neuro immagine hanno ampiamente confermato la validità di questa teoria, dimostrando l'inibizione dell'attività della corteccia visiva relativa agli stimoli irrilevanti in risposta a compiti percettivamente difficili (Rees, Russell, Frith, & Driver, 1999; Tong, Nakayama, Vaughan, & Kanwisher, 1998; Yi, Woodman, Widders, Marois, & Chun, 2004).

Rees e collaboratori (1997), ad esempio, hanno trovato che l'attività correlata al movimento nell'area MT era modulata dal carico percettivo del compito primario (Rees, Frith, & Lavie, 1997). Nel loro studio i soggetti avevano il compito di monitorare una stringa di parole presentate al centro dello schermo; nella condizione di basso carico percettivo dovevano selezionare e rispondere alle parole scritte in maiuscolo, in quella di alto carico alle parole bisillabiche. Irrilevante per il compito, congiuntamente alle parole, venivano presentati dei distrattori stazionari o in movimento, da ignorare. I risultati hanno mostrato come l'attività della corteccia MT, correlata ai distrattori in movimento, fosse presente nel caso in cui i soggetti partecipavano alla condizione di basso carico percettivo ma scomparisse nel caso in cui il compito primario fosse più difficile.

Allo stesso modo altri studi hanno mostrato come l'attività elicitata da una scacchiera irrilevante fosse dipendente dal livello di carico percettivo del compito primario, mostrando una diminuzione in relazione al crescere della difficoltà del compito (O'Connor, Fukui, Pinsk, & Kastner, 2002).

Nonostante questi risultati, derivanti sia dagli studi comportamentali che di neuro-immagine, siano numerosi e consistenti, non misurano direttamente l'effetto del carico percettivo del compito primario sulla consapevolezza. Il rallentamento dei tempi di risposta potrebbe essere infatti dovuto ad un'interferenza con il processo di risposta e non ad un'effettiva influenza del filtraggio attenzionale sull'elaborazione cosciente, lasciando aperta la domanda su quale sia effettivamente il livello a cui agisce il filtro attentivo.

In successivi studi, per stabilire il ruolo del carico percettivo sulla consapevolezza visiva, sono stati perciò utilizzati paradigmi che utilizzano misure dirette come

quello della cecità da disattenzione e della cecità al cambiamento (Lavie, 2006) (vedi capitolo seguente per una descrizione dettagliata).

Per capire se la consapevolezza degli stimoli irrilevanti dipenda effettivamente dal carico percettivo del compito primario, Lavie e collaboratori hanno modificato il paradigma classico di Mack e Rock (Mack & Rock, 1998) per creare due distinte condizioni di carico, basso ed elevato (Cartwright-Finch & Lavie, 2007).

Nella condizione di basso carico percettivo ai soggetti veniva chiesto di indicare quale braccio di una croce fosse di un certo colore e nella condizione difficile di indicare quale fosse più lungo. I risultati mostrano come la cecità da disattenzione, ovvero l'incapacità di notare uno stimolo irrilevante per il compito, fosse determinata e modulata dalla difficoltà del compito a cui i soggetti erano chiamati a prestare attenzione; in particolare, nel caso in cui la difficoltà del compito fosse bassa, 11 soggetti su 20 rilevarono lo stimolo inatteso, mentre nella condizione difficile, solo 2 soggetti su 20 sfuggirono al fenomeno della cecità da disattenzione.

Dal momento che anche la misura diretta della consapevolezza derivante da questo tipo di fenomeno pone qualche interrogativo relativo al ruolo della memoria e delle aspettative sulla prestazione dei soggetti, sono stati fatti ulteriori studi utilizzando un paradigma che potesse ovviare a questo tipo di problemi, quello della cecità al cambiamento (Rensink, O'Regan, & J., 1997). Questo fenomeno si osserva quando in una presentazione alternata di due immagini ai soggetti viene chiesto di rilevare se avviene un cambiamento e di riferirlo immediatamente dopo la loro scomparsa. A differenza del paradigma esposto precedentemente, l'evento di cui i soggetti potrebbero essere inconsapevoli è atteso e non inaspettato e la domanda è posta ai soggetti immediatamente dopo la scomparsa delle immagini.

Come nel caso precedente, Lavie (2006) ha modificato il paradigma classico utilizzato in questo tipo di studi (Rensink et al., 1997) per consentire l'introduzione di due differenti condizioni di carico percettivo, alto e basso. Utilizzando solo due categorie di immagini, volti o edifici, gli autori hanno indagato la cecità al cambiamento facendo svolgere ai soggetti un compito di ricerca visiva della lettera "X" contemporaneo al compito di ricerca al cambiamento. Nella condizione di basso carico i distrattori della ricerca erano costituiti unicamente da "O" mentre nella condizione di alto carico erano presi dal gruppo di lettere "K", "Y" e "V". I risultati hanno mostrato che l'accuratezza del rilevamento del cambiamento decresceva da una media di 69% nella condizione di basso carico al 58% nella condizione in cui il compito di ricerca era percettivamente più difficile (Lavie, 2006).

Accanto agli effetti del carico percettivo del compito primario sul filtraggio dei distrattori è interessante riportare come la stessa autrice abbia indagato anche quale effetto possa avere la difficoltà del compito in termini di carico sulla memoria di lavoro (de Fockert, Rees, Frith, & Lavie, 2001). Per fare ciò ai partecipanti fu chiesto di svolgere un compito di attenzione selettiva (classificare nomi che apparivano sullo schermo come politici o pop star ignorando volti distrattori che comparivano sovrapposti ai nomi scritti) contemporaneamente ad un compito di memoria di lavoro (condizione di basso carico sulla memoria di lavoro: ricordare una sequenza prefissata di numeri; condizione di alto carico: ricordare una sequenza di numeri diversa per ogni trial). I risultati hanno mostrato come, contro intuitivamente, una maggiore difficoltà in termini di memoria di lavoro del compito primario provochi una maggiore interferenza da parte dei distrattori mentre un compito con basso carico in memoria di lavoro provochi una minore interferenza.

Questo risultato, opposto ai risultati ottenuti manipolando il carico percettivo, viene spiegato dagli autori col fatto che dirigere appropriatamente l'attenzione richiede l'attivo mantenimento delle proprietà dello stimolo nella memoria di lavoro, permettendo di ricordare quale stimolo sia rilevante per il compito. Ne deriva che un compito che richiede un grosso carico sulla memoria di lavoro provoca una riduzione delle risorse disponibili per consentire la differenziazione tra stimoli rilevanti e irrilevanti, portando alla previsione contro intuitiva di un effetto opposto a quello del carico percettivo. Questo dovrebbe infatti provocare una maggiore interferenza dei distrattori sul compito, come in effetti i dati dimostrano.

Ulteriori studi hanno confermato questi risultati, oltre che in modalità visiva (Dalton, Lavie, & Spence, 2009) anche in modalità tattile, dimostrando per la prima volta come la memoria di lavoro abbia un ruolo nel controllo dell'attenzione selettiva tattile e che i principi della teoria del carico non siano applicabili solamente alla modalità visiva ma anche a quella tattile.

In conclusione, è interessante notare come gli studi presentati possano in effetti riconciliare il dibattito decennale riguardante il livello di elaborazione a cui opera il filtro attentivo. Oltre a ciò offrono importanti spunti di riflessione su quello che può essere il meccanismo di funzionamento dell'attenzione selettiva. Come delineata da questa teoria, l'attenzione sembra infatti operare come un faro, illuminando una ristretta area di spazio per facilitare l'elaborazione di qualsiasi stimolo, a scapito di ciò che cade al suo esterno. Quello che appare fondamentale è poi la quantità di attenzione necessaria per svolgere questa funzione; se infatti l'estrazione dello stimolo lascia un po' di attenzione residua, questa inevitabilmente sarà utilizzata per rilevare qualsiasi altra cosa, seppur irrilevante per lo svolgimento del compito, consentendone l'intrusione nella consapevolezza.

1.4 Basi anatomiche del filtro

Come già esposto precedentemente, i compiti di *cueing* spaziale ideati da Posner hanno permesso di delineare l'esistenza di due distinti meccanismi di orientamento attentivo, il primo volontario e il secondo automatico (vedi par 1.2).

In generale, per potere essere orientata verso una posizione e permettere il rilevamento di uno stimolo, l'attenzione deve, prima di tutto, essere disancorata dalla posizione in cui si trova (ad esempio la croce di fissazione), spostarsi (in maniera automatica o volontaria) verso la posizione di comparsa del *target* e rimanervi un tempo sufficiente per consentire un'elaborazione cosciente di questo (Posner & Petersen, 1990).

Tre differenti strutture presiederebbero alle tre differenti componenti: la corteccia parietale posteriore (*Posterior Parietal Cortex* - PPC) al meccanismo di disancoraggio, il collicolo superiore allo spostamento e il pulvinar all'ancoraggio. Studi successivi hanno confermato il coinvolgimento di queste aree col rispettivo processo. In particolare è stata dimostrato che: la PPC si attiva in preparazione ad uno spostamento e una lesione di quest'area provoca un deficit proprio di questa funzione (Petersen, Corbetta, Miezin, & Shulman, 1994; Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1984; Rafal & Posner, 1987); l'area del collicolo superiore è attivata prima e durante lo spostamento (Wurtz & Albano, 1980) ed un danno a quest'area provoca una diminuzione della durata degli spostamenti (Posner, Cohen, & Rafal, 1982); compiti che richiedono ancoraggio provocano infine l'attivazione del Pulvinar (LaBerge & Buchsbaum, 1990; Petersen, Robinson, & Morris, 1987) e una lesione a quest'area provoca un decremento della performance (Rafal & Posner, 1987).

Per quello che riguarda più approfonditamente il ruolo della corteccia parietale posteriore, recenti studi hanno consentito di approfondire le sue funzioni ed il suo legame con l'attenzione selettiva. Come già detto, in letteratura, le teorie dell'attenzione fanno una distinzione tra due forme di controllo: *goal-driven*, in cui l'attenzione è volontariamente dislocata sugli oggetti rilevanti, e *stimulus-driven*, nei casi in cui l'attenzione sia automaticamente attratta da stimoli salienti, rilevanti o meno (Egeth & Yantis, 1997).

Nel 2002, Maurizio Corbetta e Gordon L. Shulman, della Washington University, hanno formalmente delineato un possibile modello dell'attenzione, che sarebbe composto da due sistemi, separati sia dal punto di vista funzionale che anatomico. Il primo, dorsale, risulterebbe coinvolto nella selezione degli stimoli in base alla richiesta del compito. Il secondo, ventrale, sarebbe invece deputato alla detezione di stimoli rilevanti ma tuttavia inaspettati. Questi due sistemi sarebbero dissociabili anche dal punto di vista neuroanatomico: in particolare, il solco intraparietale (*intra-Parietal sulcus* - *iPS*) e i *Frontal eye fields* (FEF) di entrambi gli emisferi sarebbero associati al primo tipo di orientamento, volontario, mentre la giunzione temporo-parietale destra (*right Temporo Parietal Junction* - *rTPJ*), che include il giro sopramarginale (*Supramarginal gyrus* - *SMg*), il solco temporale superiore (*Superior Temporal sulcus* - *STs*) e il giro temporale superiore (*Superior Temporal Gyrus* - *STG*), al secondo, automatico (Shulman, d'Avossa, Tansy, & Corbetta, 2002).

Cosa interessante, mentre il solco intraparietale è attivato durante compiti di ricerca visiva che richiedono attenzione, l'attività del giunzione temporo-parietale è congiuntamente soppressa, prevenendo l'orientamento automatico dell'attenzione verso gli stimoli irrilevanti per il compito.

In una serie di esperimenti Gordon L. Shulman e collaboratori (2003) hanno utilizzato un compito di ricerca visiva e la tecnica della risonanza magnetica funzionale evento correlata per separare il segnale BOLD (*blood oxygenation level-dependent*) correlato alla ricerca di uno stimolo dalla detezione dello stesso (Shulman et al., 2003).

Uno dei loro scopi era quello di misurare l'attività delle regioni frontoparietali dorsali e della giunzione temporo-parietale destra durante un compito di ricerca di un target racchiuso tra una serie di stimoli non target. La ricerca del target si distingue per il fatto di richiedere la conoscenza anticipata delle sue potenziali caratteristiche, della potenziale posizione di comparsa e del momento di comparsa. Come già detto, in questo caso l'attività delle regioni frontoparietali dorsali dovrebbe risultare determinante.

All'opposto, dal momento che la giunzione temporoparietale destra (rTPJ) è principalmente attivata da stimoli inaspettati ma rilevanti, in una ricerca di un target tra distrattori (per definizione irrilevanti per il compito) ci si aspetterebbe solo una debole attivazione di quest'area.

Ogni soggetto doveva eseguire due compiti, uno di ricerca di un movimento coerente di punti all'interno di punti in movimento casuale, il secondo di un numero tra lettere, utilizzando il paradigma della ricerca visiva rapida seriale (Fig 1.12).

Coerentemente con le loro previsioni, gli autori hanno trovato un'attivazione delle regioni parietali dorsali (inclusa la IPs di entrambi gli emisferi) e di quelle frontali (FEF) durante lo svolgimento del compito di ricerca, seppur con caratteristiche parzialmente diverse tra loro.

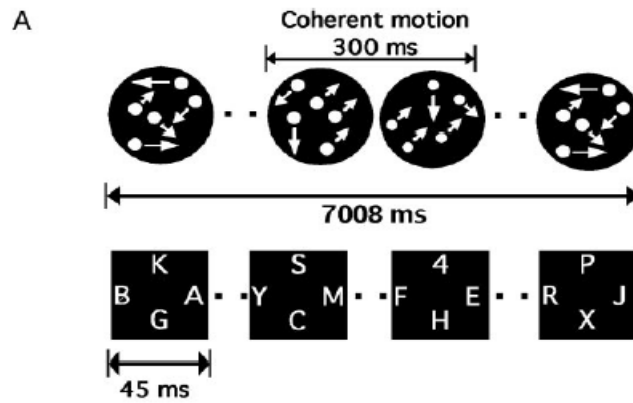


Figura 1.12 Compito di ricerca di un movimento coerente all'interno di punti in movimento casuale (Alto) e di un numero tra lettere (Basso) utilizzati da Gordon Shulman e collaboratori (Shulman et al., 2003).

Per quanto riguarda invece la giunzione temporo-parietale, i due autori si aspettavano una debole attivazione; i risultati, inaspettatamente, hanno mostrato addirittura una soppressione dell'attività dell'area. Gli autori spiegano questa disattivazione come il risultato di un processo di filtraggio operato dalle regioni frontoparietali ventrali verso il circuito dorsale. Come già detto, la giunzione temporoparietale consentirebbe all'attenzione di essere orientata automaticamente verso uno stimolo saliente irrilevante. Questo avrebbe una ricaduta negativa sulla ricerca visiva. Per prevenire questo effetto di disturbo verrebbe attivato un filtro che impedirebbe il raggiungimento della giunzione temporo perietale da parte degli stimoli salienti ma irrilevanti per il compito.

Quando gli stimoli distrattori corrispondono però alla definizione di target, perché ad esempio condividono con esso una caratteristica, riescono a passare il filtro, potendo così raggiungere e attivare la giunzione temporo-parietale.

Quest'area mostra infatti, oltre ad una disattivazione, una attivazione transiente, ma solo nel caso in cui sia presente uno stimolo inaspettato che condivide una

qualche caratteristica col target (Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy, & Shulman, 2000).

Risulta chiaro come questo meccanismo possa rispecchiare l'ipotesi del filtro attenuato che abbiamo presentato all'inizio di questo capitolo (Treisman, 1960; Treisman, 1969) in cui si sostiene che non tutti gli stimoli vengano filtrati ma alcuni possano orientare l'attenzione e raggiungere la consapevolezza, nel caso in cui abbiano una caratteristica saliente per le aspettative del soggetto o condividano una caratteristica con il target.

Partendo perciò dalle ipotesi relative all'attenzione e al filtraggio che questa esercita sugli stimoli presenti nell'ambiente, che potevano sembrare obsolete e superate, siamo giunti a comprendere come questo sia in effetti il punto cruciale, ancora studiato dai moderni psicologi e neuroscienziati cognitivi.

Nel prossimo capitolo verrà dimostrato come non solo la conoscenza relativa al funzionamento di questo delicato processo è lontana dall'essere raggiunta ma che esistono svariate situazioni e condizioni in cui persino la consapevolezza di quello che avviene intorno a noi è sfumata.

1.5 Attenzione amodale-modale

Se da una parte il modello di Lavie pone una plausibile soluzione al dibattito tra selezione precoce e selezione tardiva, dall'altra rimane ancora aperta un'importante questione che riguarda la natura del magazzino attentivo e il meccanismo di allocazione automatica delle risorse.

Varie ricerche si sono interrogate se questo sia infatti da ritenere specifico per le diverse modalità sensoriali oppure completamente aspecifico; ci si è chiesti in altre

parole se l'attenzione assorbita dal compito primario vada a scapito dell'elaborazione dei distrattori solo quando questi appartengono alla stessa modalità sensoriale o al contrario se sia indipendente da essa.

Uno studio (Duncan, Martens, & Ward, 1997) composto da tre esperimenti, di cui due unimodali, uditivo e visivo, e l'ultimo bimodale, ha affrontato questo interrogativo.

Ai soggetti venivano presentate, nell'esperimento uditivo, due differenti stringhe di sillabe, pronunciate con due diversi volumi di voce. Ogni stringa conteneva una sillaba target, frapposta tra i distrattori. Analogamente, nell'esperimento visivo venivano presentate brevi stringhe di lettere, orientate orizzontalmente o verticalmente rispetto ad un punto di fissazione centrale. I distrattori erano costituiti da triplete di x e i target erano parole. Nell'esperimento bimodale, infine, gli stimoli erano composti dalla combinazione della stringa di lettere orizzontali e le sillabe pronunciate ad alta voce. Ogni esperimento prevedeva due differenti condizioni: una in cui i soggetti dovevano svolgere un compito di attenzione focalizzata (detezione di uno solo dei due target) e un'altra in cui i partecipanti dovevano svolgere un compito di attenzione divisa (detezione di entrambi i target). I risultati, analoghi nelle due modalità sensoriali, mostravano un chiaro effetto di interferenza nel compito di attenzione divisa, assente nella condizione di controllo (compito di attenzione focalizzata).

Al contrario, nell'esperimento in cui i soggetti dovevano prestare attenzione ad entrambe le modalità, l'effetto di interferenza scompariva.

Questo dato suggerisce che le diverse modalità non concorrono per le medesime risorse di attenzione, in particolare un singolo compito visivo non riduce la prestazione di un contemporaneo compito uditivo. Duncan e collaboratori ne

hanno dedotto che l'attenzione debba avere una struttura organizzata per moduli sensoriali indipendenti.

Una recente ricerca di Sinnet e collaboratori (2006) pone però dei forti dubbi su questo modello di attenzione divisa in singole unità, suggerendo invece la possibilità che almeno in parte l'attenzione debba operare in maniera sopramodale.

Gli esperimenti da loro condotti hanno utilizzato una variante del paradigma di Rees e collaboratori (1999) per investigare l'inattentional blindness (vedi capitolo seguente) sia in condizione unimodale che crossmodale (modalità visiva e uditiva).

Nel primo esperimento il materiale per la modalità visiva consisteva in cinquanta figure e cinquanta parole, le prime ruotate di 30° in senso orario e antiorario e ad ogni figura veniva sovrapposta una parola. L'associazione figura-parola era completamente randomizzata. Nella modalità uditiva, invece, fu creata una sequenza audio delle parole, pronunciate in modo chiaro e con un tono di voce neutra, similmente alla modalità visiva. Queste erano presentate in contemporanea a dei suoni riferiti alle parole. Anche in questo caso l'associazione era randomizzata.

La somministrazione comprendeva 350 msec di presentazione dello stimolo seguiti, a seconda della modalità, da 150 msec di silenzio o di schermata nera.

Ogni blocco sperimentale era composto da 100 stimoli, per metà dei soggetti il compito era di premere un tasto il più velocemente possibile, immediatamente dopo la ripetizione di una figura (o di un suono) già presentato precedentemente, per l'altra metà il compito era identico, ma il tasto doveva essere premuto alla ripetizione di una parola.

Ai partecipanti non veniva data nessuna indicazione esplicita rispetto agli stimoli che avrebbero dovuto ignorare.

Successivamente ai soggetti veniva somministrato un blocco di 100 parole formato dalle cinquanta parole precedenti e da altrettante nuove parole: compito dei soggetti era di giudicare se una parola era già stata presentata nel blocco sperimentale.

I risultati mostrano come in entrambe le modalità i soggetti che prestavano attenzione alle parole avessero prestazioni migliori nel compito di riconoscimento rispetto ai gruppi a cui era stato chiesto di concentrarsi sui suoni o sulle figure; questo suggerisce la presenza di una cecità da disattenzione per le parole, causata da un importante decremento dell'elaborazione delle parole in condizione di attenzione divisa.

Usando gli stessi stimoli del precedente esperimento, gli autori cercarono di investigare il livello di *inattentional blindness* in un compito di attenzione divisa in condizione bimodale. L'ipotesi era che l'attivazione di diverse modalità avrebbe prodotto un effetto di facilitazione e di conseguenza una diminuzione dell'effetto da disattenzione. Per fare ciò sono state combinate le stringhe utilizzate nell'esperimento precedente in due esperimenti cross-modali: uno in cui le parole venivano presentate visivamente e uditivamente venivano presentati dei suoni; il secondo in cui ad essere presentate visivamente erano delle figure abbinata a delle parole presentate in modalità uditiva. I risultati evidenziarono che i partecipanti che ponevano attenzione alle parole scritte avevano prestazioni migliori rispetto al gruppo che doveva concentrarsi sui suoni nel compito di riconoscimento, così come pure le prestazioni erano migliori se l'attenzione era indirizzata sulle parole udite anziché sulle figure. Questi risultati pongono in dubbio

i risultati riportati nello studio precedente, sottolineando la possibilità che il magazzino attenzionale possa essere sopramodale e di conseguenza che le stesse risorse attentive possano essere allocate su più di una modalità contemporaneamente.

Per quanto riguarda la teoria del carico esposta nel paragrafo precedente, in una recente revisione della letteratura Nilli Lavie fa notare come i risultati riguardanti questo quesito siano ancora contrastanti (Lavie, 2005). Pochi studi hanno infatti indagato se il processamento di distrattori visivi possa dipendere dal livello del carico di un compito primario uditivo o viceversa. In uno studio di Rees e collaboratori (1997) ai soggetti veniva richiesto di ignorare uno stimolo visivo in movimento durante l'esecuzione di un compito di attenzione selettiva uditiva (condizione di basso carico: rispondere ad una parola pronunciata a voce più alta; condizione di alto carico percettivo: premere un pulsante in corrispondenza delle parole bisillabiche). I risultati hanno mostrato che l'attività correlata agli stimoli irrilevanti in movimento non subiva variazioni in relazione al carico percettivo del compito uditivo primario. Questo risultato era in netto contrasto con quello trovato nel caso in cui il carico percettivo fosse manipolato nella modalità visiva, precedentemente esposto; in questo caso infatti, cioè quando gli stimoli rilevanti e irrilevanti appartenevano alla stessa modalità sensoriale visiva, si assisteva ad una netta modulazione dell'area del movimento, attiva in risposta allo stimolo distrattore in movimento, in relazione al carico del compito.

Risultati opposti sono stati trovati in un altro studio in cui l'attività della stessa area (MT) mostrava una significativa riduzione in risposta ad un innalzamento del carico percettivo del compito (monitoraggio di vocali vs fissazione o ascolto passivo), sia in modalità visiva che uditiva (Berman & Colby, 2002). Lo stesso

risultato è stato poi replicato in uno studio successivo che mostrava un'analogia modulazione dell'area in risposta all'aumento del carico percettivo nel compito primario (Houghton, Macken, & Jones, 2003).

Come fa notare Nilli Lavie, questi risultati contrastanti nei vari studi potrebbero essere spiegati da differenze metodologiche, lasciando ancora irrisolta la questione se il magazzino di risorse attenzionali debba considerarsi sopramodale o specifico per modalità.

In conclusione, appare chiaro che questo campo di studi non abbia ancora prodotto un sapere condiviso e che molto debba essere ancora indagato.

CAPITOLO 2: Attenzione e percezione

In questo capitolo verrà preso in considerazione il sottile legame tra l'attenzione e la percezione e verranno considerate le evidenze empiriche che dimostrano come quest'ultima sia possibile anche in assenza della prima.

Nonostante gli studi di ricerca visiva esposti precedentemente e in particolare il fenomeno del *pop-out* abbiano portato ad ipotizzare che la percezione possa avvenire anche in assenza di attenzione, tuttavia non ne costituiscono una prova incontrovertibile; infatti il compito stesso di ricerca visiva presuppone un'attivazione consapevole del soggetto verso la ricerca di determinate caratteristiche del target, lasciando spazio alla critica secondo cui l'orientamento dell'attenzione verso questo non sia puramente automatica ma parzialmente volontaria (Egeth & Yantis, 1997).

Numerose ricerche hanno mostrato come l'attenzione sembri essere fondamentale perché l'elaborazione percettiva possa raggiungere la consapevolezza. Grazie ad esse sono stati scoperti numerosi fenomeni che possono dare una conferma concreta di ciò: la cecità al cambiamento, l'*Attentional Blink* e la cecità da ripetizione sono alcuni di questi e saranno brevemente descritti in questo capitolo.

Accanto a questi effetti ne è stato scoperto un altro, fondamentale per questa trattazione: la cecità da disattenzione, dimostrazione efficace e straordinaria di come l'attenzione sembri essere assolutamente necessaria per la percezione, per lo meno quella cosciente. Un soggetto infatti, se completamente concentrato su un compito, diventa "cieco" a qualsiasi altro stimolo possa capitare sotto i suoi occhi.

In questo capitolo verranno perciò accennati, in una prima parte, i fenomeni utili alla contestualizzazione del problema affrontato; nella seconda parte verrà ampiamente approfondito il fenomeno della cecità da disattenzione, ponendo le basi per il terzo ed ultimo capitolo, in cui verrà esposta la ricerca sperimentale.

2.1 La cecità al cambiamento

Il primo dei fenomeni che verranno qui esposti, la cecità al cambiamento, è descritto come l'incapacità di notare un cambiamento saliente che normalmente verrebbe facilmente percepito (Simons & Rensink, 2005).

Un metodo per studiarlo è costituito dalla presentazione alternata di due immagini, differenti per un unico dettaglio, ad esempio la posizione, il colore o la presenza/assenza di un oggetto (Fig. 2.1) (Rensink et al., 1997).



Figura 2.1 Due esempi di stimolo usati nello studio del fenomeno della cecità al cambiamento. Nelle immagini di sinistra il particolare che differisce è la presenza/assenza di un motore sotto l'ala dell'aereo. Nelle altre due è la fila di persone di fianco alle auto parcheggiate sulla destra.

Il compito dei partecipanti in questo tipo di studi è quello di scoprire e comunicare allo sperimentatore, il più velocemente possibile, la differenza tra le due figure; per escludere che i soggetti rispondano a caso, viene chiesto loro di riportare cos'è cambiato e di descrivere la parte della scena che era cambiata (Rensink et al., 1997).

I risultati mostrano come ai soggetti risulti molto difficile rilevare il cambiamento nel caso in cui alle due immagini sia interposta una schermata grigia, sia nel caso in cui il cambiamento è in una posizione centrale o in una posizione periferica della scena.

Una delle ipotesi avanzate per spiegare la cecità al cambiamento riguarda la memoria per le figure (Simons & Levin, 1997); questa sembra infatti essere decisamente efficiente per il recupero delle scene in generale ma risulta molto scarsa per dettagli e particolari.

Un'altra interpretazione considera la cecità al cambiamento come esito di un'attenuazione degli oggetti nel focus di interesse (Rensink et al., 1997).

Rensink e collaboratori, grazie all'utilizzo del paradigma di *flickering* sopra descritto, riescono a disambiguare le cause di questo fenomeno e a stabilire che l'elemento cruciale per la manifestazione del fenomeno è l'attenzione.

La fraposizione di una schermata grigia tra le due immagini impedirebbe infatti che l'elemento di differenziazione (come ad esempio la comparsa e scomparsa improvvisa del motore dell'aereo, Fig 2.1) guidi automaticamente l'attenzione su di esso e consenta la sua individuazione. Nel momento in cui l'attenzione non può essere attirata automaticamente nella posizione in cui avviene il cambiamento si dovrà necessariamente esplorare ogni elemento della scena, in maniera presumibilmente seriale.

Poiché il fenomeno della cecità al cambiamento si manifesta in maniera molto significativa quando si utilizza questo tipo di paradigma, l'elemento scatenante sembrerebbe essere proprio l'attenzione, o meglio la sua mancanza.

Una secondo metodo sperimentale per studiare questo fenomeno prevede la presentazione di un elemento della scena che cambia in maniera graduale (Simons, Franconeri, & Reimer, 2000). In questo caso non viene introdotta una schermata grigia per impedire che l'attenzione venga diretta al cambiamento però la gradualità della modifica evita comunque che questa venga guidata automaticamente verso di esso.

Una terza versione, più ecologica, dello stesso paradigma, prevede infine un contesto simile ad una *candid camera*: in questo caso un attore chiede ad un passante (il soggetto) un'informazione. Durante la conversazione un operaio passa in mezzo ai due trasportando una lastra di materiale non trasparente e dà modo all'attore di scambiarsi con un altro individuo. La cecità al cambiamento è dimostrata dall'assoluta difficoltà di rendersi conto dello scambio di persona (Simons & Levin, 1998).

Ciò è avvalorato da altri esperimenti in cui vengono presentati filmati durante i quali avvengono i cambiamenti più disparati: a partire da particolari irrilevanti della scena fino ad arrivare al protagonista del filmato (Levin & Simons, 1997).

Questo fenomeno sembra in conclusione dimostrare come, in alcuni casi, la percezione possa risultare limitata e come l'attenzione sembri essere necessaria affinché l'informazione possa essere percepita consapevolmente.

2.2 L' *Attentional Blink*

A dimostrazione dell'importanza dell'attenzione nella percezione è stato studiato un secondo fenomeno, chiamato *Attentional Blink*. In queste ricerche è stato usato il paradigma di presentazione rapida seriale (*Rapid Serial Visual Presentation*, RSVP), in cui viene somministrata una serie di stimoli, ad esempio lettere, ad una velocità di presentazione che può variare dai 6 ai 20 *items* al secondo. Compito del partecipante è quello di riconoscere ed identificare, a seconda della richiesta dello sperimentatore, uno (*single-task*, T1) o due (*dual-task*, T2) bersagli.

Dai risultati emerge che nel compito di identificazione di due stimoli, se i bersagli sono separati da una distanza temporale compresa tra i 90 ai 540 msec, la prestazione di identificazione peggiora significativamente per il secondo stimolo *target* (Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992; Shapiro, Raymond, & Arnell, 1994), mentre nella condizione di controllo, dove il primo bersaglio è ignorato o sono presenti distanze temporali superiori ai 500 msec, il compito viene svolto accuratamente (Raymond et al., 1992) (Fig 2.2).

Secondo Raymond e collaboratori (1992) Il fenomeno dell'*attentional blink* non può essere spiegato da fattori sensoriali di basso livello, come ad esempio il mascheramento retinico o essere attribuito a limitazioni dello *span* di memoria. Perché il fenomeno possa manifestarsi, inoltre, è necessario che ad interferire con il processamento del primo stimolo intervenga uno stimolo visivo.

Gli stessi autori hanno poi suggerito come la mancata elaborazione del secondo stimolo dipenda dal fatto che l'attenzione sia stata impegnata nell'elaborazione del primo, non lasciandone a sufficienza per perché il secondo stimolo raggiunga la consapevolezza.

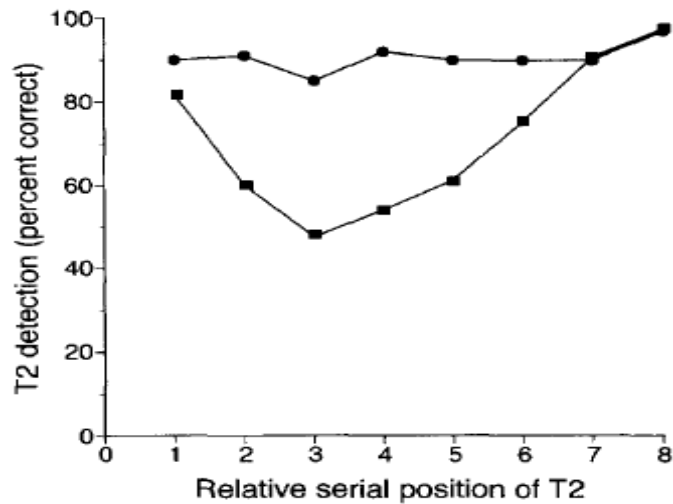


Figura 2.2 Il grafico, che rivela il fenomeno dell'*Attentional Blink*, rappresenta l'accuratezza in percentuale (asse delle ordinate) nella detezione degli stimoli T1 (linea superiore) e T2 (linea inferiore) in relazione alla posizione seriale di comparsa dello stimolo T2 (asse delle ascisse).

Anche questo fenomeno, in definitiva, dimostra come l'attenzione sia necessaria affinché la percezione possa operare al meglio.

2.3 La cecità da ripetizione

Grazie all'utilizzo della presentazione visiva rapida seriale è stato possibile dimostrare l'esistenza di un altro fenomeno che consiste nell'incapacità di rilevare uno stimolo nel caso in cui sia uguale ad un altro apparso precedentemente.

Lo stesso fenomeno può essere evidenziato anche senza l'utilizzo di procedure sperimentali: quando si legge una frase come quella rappresentata in fig 2.3, risulta difficile rilevare la semplice ripetizione di un articolo o di un funtore, dimostrando la comparsa della cecità da ripetizione.

Il fatto che ad essere soggetti a questa cecità siano in maniera preponderante elementi non essenziali, ovvero elementi che non veicolano il significato, ha portato alcuni autori a sostenere che solo l'osservazione prolungata consentirebbe

l'introduzione dei dettagli (di livello *Bottom-Up*) presenti nella scena, a scapito di un'iniziale acquisizione degli elementi fondamentali, più semantici (di livello *Top-Down*) (Vedi anche (Hochstein & Ahissar, 2002)). La ripetizione verrebbe notata in tempi brevi solo grazie ad una casuale focalizzazione dell'attenzione nelle zone interessate (Balz & Hock, 1997; Hock, Balz, & Smollon, 1998).



Figura 2.3 Dimostrazione della comparsa del fenomeno di cecità da ripetizione: la ripetizione del verbo o del funtore grammaticale è di difficile rilevazione. (Adattato da Hochstein & Ahissar, 2002).

I dati emersi da questo e dagli altri fenomeni presentati evidenziano in definitiva come il sistema percettivo umano sia facilmente ingannabile e molto impreciso nell'analisi delle scene visive, soprattutto quando l'attenzione non possa essere rivolta verso di esse, sia assorbita da altri stimoli oppure sia destinata da elementi più importanti della scena.

2.4 La cecità da disattenzione

Come già accennato nel primo capitolo, la cecità da disattenzione, cioè l'impossibilità di percepire stimoli in assenza totale di attenzione, è un'ulteriore dimostrazione dello stretto legame tra elaborazione cosciente e attenzione.

Di seguito verranno descritti i principali paradigmi che sono stati usati in letteratura per la sua dimostrazione; verranno esposti poi gli studi che hanno cercato di scoprirne la possibile esistenza in altri domini sensoriali ed in ultimo verrà applicata una teoria (quella del carico percettivo di Nilli Lavie, presentata nel primo capitolo) alla cecità da disattenzione, cercandone una possibile e definitiva spiegazione.

Il paradigma della croce di Mack e Rock

Il metodo della croce di Mack e Rock (1998), similmente ai paradigmi esposti precedentemente, si basa sull'idea che l'osservatore non debba aspettarsi e quindi ricercare un oggetto di interesse, ma essere appositamente impegnato in un compito abbastanza complesso da occupare in maniera preponderante la sua attenzione.

Nella fattispecie, al soggetto viene chiesto di concentrarsi su un'area specifica del campo visivo per svolgere un compito di discriminazione di lunghezza.

Dopo alcuni trial con queste caratteristiche, in un trial critico, oltre al compito di discriminazione, viene presentato uno stimolo inatteso. A conclusione del trial viene chiesto se sia comparso qualcosa di diverso rispetto alle prove eseguite precedentemente.

Nei primi esperimenti il compito distraente era quello di indicare quale fosse il segmento più lungo dei bracci di una croce, posti perpendicolarmente l'uno all'altro. Lo stimolo critico era invece costituito da un elemento estraneo presentato in uno dei quattro quadranti della croce (Fig. 2.4).

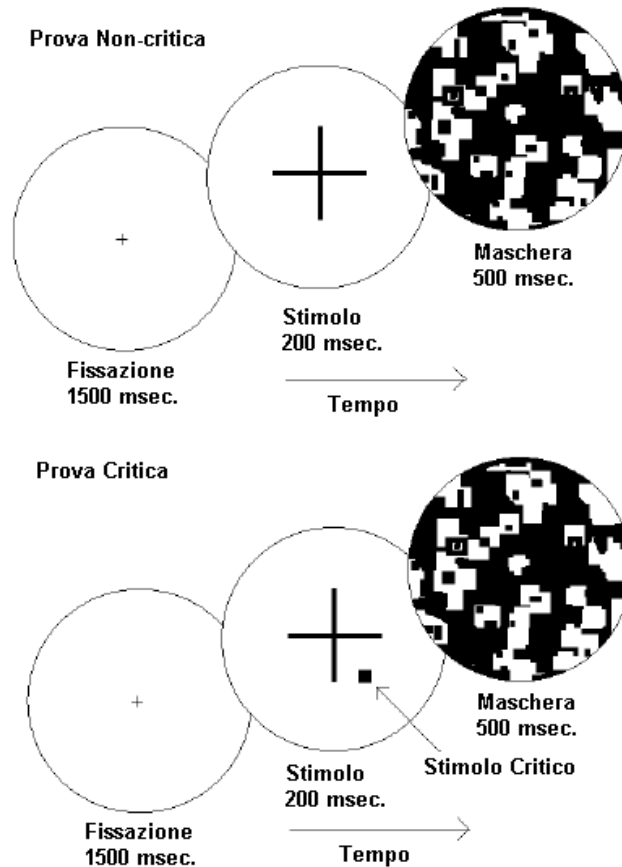


Figura 2.4 Paradigma sperimentale utilizzato da Mack e Rock per indurre il fenomeno della cecità da disattenzione. Adattata da Mack e Rock (1998).

I risultati di un ampio progetto di ricerca, durato sette anni e somministrato ad un campione di 5000 soggetti, indicano che il 25% dei partecipanti fallisce nell'individuazione dello stimolo critico a prescindere dalla sua natura (piccolo quadrato nero o colorato, segmento in movimento). Ancora più rilevante, gli autori scoprirono che il fenomeno è maggiore, arrivando persino al 75%, quando lo stimolo critico si trovava nel punto di fissazione. Successivi risultati sempre di questi due ricercatori furono portati a sostegno della scoperta di questo effetto.

Questo fenomeno fu chiamato da Mack e Rock cecità da disattenzione (*Inattentional Blindness*).

Come condizione di controllo, la prova è stata somministrata anche a gruppi di controllo informati della presenza dello stimolo critico per verificare che questo fosse ben discriminabile e soprasoglia.

In aggiunta, Mack e Rock somministrarono ai gruppi di soggetti sperimentali un'altra sequenza di stimoli, usando lo stesso modello sperimentale, ma variando la consegna: l'osservatore veniva in questo caso informato della presenza dello stimolo critico e doveva riferirne la comparsa, oltre a svolgere il compito di valutazione di lunghezza dei bracci.

Questo compito doppio è una prova di attenzione divisa, che permette di recuperare informazioni sulle capacità dei partecipanti di percepire lo stimolo critico ed eseguire il compito distraente in condizioni di attenzione cosciente e attivata su entrambi gli *items*.

Sia nelle prove di controllo che nel compito di attenzione divisa la maggioranza dei soggetti percepiva lo stimolo critico.

Una delle restrizioni fondamentali del paradigma dell'*Inattentional Blindness* è la possibilità di presentare un'unica prova critica ad ogni singolo soggetto. Una volta accortosi dello stimolo critico, infatti, verrebbe ragionevolmente attivato, a causa dell'aspettativa, un meccanismo di ricerca cosciente, annullando l'effetto del compito distraente.

Da questo ne derivano due difficoltà applicative: la prima è che ogni serie di prove richiede un ampio numero di soggetti; la seconda è che i gruppi devono essere diversi per ciascuna condizione sperimentale.

La durata del tempo di somministrazione di ogni prova è comunque di pochi minuti, il che agevola il reclutamento dei soggetti sperimentali.

Da questa procedura sperimentale deriva inoltre un'inevitabile conseguenza inerente il processo di analisi dei dati: potendo ogni soggetto svolgere un'unica condizione sperimentale (prova sperimentale/compito di controllo/doppio compito) ne deriva che ogni tipo di analisi possa essere effettuata esclusivamente in un disegno "tra i soggetti" (*between subjects*).

La cecità da disattenzione non è un semplice fenomeno occasionale; ormai in letteratura è presente come un effetto molto robusto (Mack & Rock, 1998; Simons, 2000; Simons & Chabris, 1999), che si manifesta in condizioni in cui ci si aspetterebbe l'effetto contrario; un esempio di ciò è l'aumento della mancata rilevazione di uno stimolo inatteso quando viene presentato nel punto di fissazione. Nella regione foveale l'acuità visiva è infatti ottimale, essendo anche la parte della retina più ricca di coni, e l'attenzione dovrebbe essere precisamente diretta in questo punto, dal momento che i soggetti hanno la precisa consegna di fissare il punto di fissazione per l'intera durata dell'esperimento.

Questo fenomeno è in conclusione una forte evidenza contro l'idea dominante che uno stimolo saliente e distintivo attragga automaticamente l'attenzione (Theeuwes, 1984).

Il paradigma di "Selective Looking"

Un analogo comportamentale degli esperimenti di Mack e Rock (1998) è rappresentato dagli studi che hanno utilizzato il paradigma di *selective looking* (Neisser, 1979; Simons & Chabris, 1999; Stoffregen, 1993).

Nel pionieristico studio di Neisser (1979), che ha dato inizio ad una lunga serie di esperimenti, ai soggetti veniva mostrato un video in bianco e nero in cui sei persone divise in due squadre, una che indossava magliette nere e l'altra magliette bianche, giocavano ognuna con una comune palla da basket, muovendosi in modo irregolare all'interno di una stanza (Fig. 2.5).



Figura 2.5 Fotogramma del video creato da Neisser, in cui si può notare il passaggio della donna con l'ombrello. Adattata da Neisser (1979).

Dopo circa 30 secondi dall'inizio del filmato, inaspettatamente, faceva la sua comparsa una donna con un ombrello bianco aperto che attraversava lo schermo per tutta la sua lunghezza da destra a sinistra, per una durata totale di 4 secondi. Il video continuava poi per altri 25 secondi dopo l'uscita della donna.

Compatibilmente con le tecniche di registrazione dell'epoca, erano stati creati tre filmati differenti, uno per ciascuna squadra e uno per la ragazza, resi trasparenti e sovrapposti in un successivo filmato. Compito dei partecipanti era di prestare attenzione ad una sola delle due squadre e di premere un tasto ogni volta che un giocatore faceva un passaggio. In seguito alla presentazione del filmato veniva

posta una domanda circa l'eventuale presenza della donna: di 28 partecipanti all'esperimento solo sei riportarono tale presenza.

Nella condizione di controllo, in cui i soggetti dovevano osservare il video senza effettuare nessun compito, tutti i soggetti notavano il passaggio della ragazza.

Uno studio aggiuntivo, sempre di Neisser (1979), indica che il colore della maglietta della donna, a seconda che fosse simile o differente rispetto alla squadra presa in esame, poteva modificare lievemente il numero di partecipanti che riportavano la sua presenza nel video.

A questa prima versione ne seguirono numerose altre, caratterizzate da leggeri cambiamenti: una di queste, ad esempio, al posto della donna con l'ombrello, aveva come stimolo inatteso il passaggio di un giovane ragazzo. In questo caso una percentuale ancora inferiore di soggetti notava la sua presenza. Un'altra condizione prevedeva invece la presentazione di una ragazza che inscenava un balletto; in quest'ultimo caso, più soggetti riportano lo stimolo inatteso.

Questi dati suggeriscono che le proprietà dello stimolo inatteso possono influenzare in qualche modo il meccanismo di cattura attentiva. Questo aspetto, esulando dagli scopi di questa trattazione, non verrà approfondito oltre.

Una forte critica portata a questi esperimenti sosteneva che i video realizzati separatamente e poi sovrapposti non fossero adatti a spiegare il fenomeno nel mondo reale. Stoffregen e collaboratori (1993), allo scopo di rispondere a questa critica, realizzarono un video analogo a quello di Neisser utilizzando tuttavia una sola registrazione senza sovrapposizioni successive. I dati raccolti mostrarono come questa versione, più ecologica, aumentasse l'effetto di *cecità da disattenzione*: solo 3 soggetti sui 20 testati riportavano infatti lo stimolo critico,

eliminando così i dubbi che ritenevano la sovrapposizione causa dell'assenza di percezione.

Ad ulteriore sostegno di questi risultati si aggiunge una più recente ricerca di Simons e Chabris (1999), in cui erano stati creati quattro filmati a colori (Fig 2.6), ognuno di 75 secondi, con la stessa struttura dei primi esperimenti: due squadre differenziate dal colore della maglietta (nero-bianco) formate da tre giocatori ciascuna e ognuna con una palla da basket. Le uniche differenze erano che i giocatori si muovevano in modo regolare e i passaggi avvenivano secondo un ordine prestabilito. Una ulteriore differenza era data dal tipo di passaggi effettuato che poteva essere al volo, cioè dalle mani di un giocatore direttamente alle mani di un altro oppure con un rimbalzo sul pavimento.

Dopo 44 – 48 secondi di gioco poteva passare la donna con l'ombrello come negli esperimenti di Neisser, oppure un attore travestito con un costume da gorilla, dal lato sinistro al lato destro del campo.



Figura 2.6 Fotogrammi dei quattro filmati creati da Simons & Chabris, In ordine da sinistra a destra le condizioni: trasparente/donna con ombrello, trasparente/gorilla; opaca/donna con ombrello; opaca/gorilla. Adattata da Simons & Chabris (1999).

In analogia e in aggiunta al precedente esperimento di Neisser, due condizioni differenziavano i filmati. Due registrazioni furono rese infatti in trasparenza come negli esperimenti classici, mentre altri due video furono registrati senza l'uso di

questa tecnica, riprendendo il passaggio dello stimolo inatteso congiuntamente al gioco degli altri attori.

Compito dei partecipanti era quello di prestare attenzione alla squadra indicata dallo sperimentatore e di contare mentalmente il numero di passaggi effettuati dalla squadra assegnata.

I gruppi furono ulteriormente differenziati per difficoltà del compito: a metà dei soggetti si chiese infatti di riferire il numero di passaggi totali e all'altra di conteggiare separatamente i passaggi aerei da quelli con rimbalzo.

Successivamente alla visione del filmato veniva chiesto ai partecipanti di compilare un questionario contenente quattro domande in ordine di specificità rispetto allo stimolo inatteso.

In elenco dalla più generale alla più specifica: 1. Mentre stavi effettuando il compito di conto hai notato niente di inusuale nel video? 2. Hai notato nulla oltre ai sei giocatori? 3. Hai notato niente (dietro ai giocatori) apparire nel video? 4. Hai visto un gorilla (donna con un ombrello) camminare sullo schermo?

Dopo ogni risposta affermativa veniva chiesto ai soggetti di fornire dettagli riguardo a quello che avevano notato. Il questionario aveva fine nel momento in cui un osservatore riferiva l'evento inatteso.

Ricapitolando, le condizioni sperimentali presenti erano 16, in base al filmato (opaco/trasparente), alla squadra a cui prestare attenzione (maglietta bianca/maglietta nera), al compito (facile/difficile) e all'elemento inaspettato (gorilla/donna con l'ombrello).

Ciascuno dei 192 soggetti testati, in accordo con un disegno sperimentale tra gruppi di soggetti, partecipava ad una sola delle condizioni sperimentali.

Gli sperimentatori trovarono che un totale di 46% di soggetti (indipendentemente delle varie condizioni) non rilevò la presenza dello stimolo inatteso.

In tabella 2.1 si possono osservare i risultati in dettaglio per ognuna delle sedici condizioni dell'esperimento.

	Easy task		Hard task	
	White team	Black team	White team	Black team
Transparent				
Umbrella Woman	58	92	33	42
Gorilla	8	67	8	25
Opaque				
Umbrella Woman	100	58	83	58
Gorilla	42	83	50	58

Tabella 2.1 Risultati dell'esperimento di Simons & Chabris (1999). Ogni dato corrisponde alla percentuale di soggetti che riferisce il passaggio dello stimolo inatteso; i risultati sono separati per le sedici condizioni in cui era strutturato l'esperimento (Figura adattata da Simons & Chabris, 1999).

I risultati, in analogia sia con i risultati di Mack e Rock (1998) che con i risultati di Neisser (1979), confermano come la cecità da disattenzione, per eventi dinamici, sia un fenomeno robusto e molto consistente.

In una ricerca complementare a questa serie di studi, Simons e collaboratori crearono un solo video in condizione opaca in cui l'attore, travestito da gorilla, camminando da destra verso sinistra, si fermava al centro della scena percuotendosi il petto ed uscendo, mentre gli attori continuavano a giocare intorno a lui, rimanendo presente sullo schermo per ben 9 secondi. Questo video fu testato su altri dodici osservatori a cui era richiesto di concentrarsi sulla squadra bianca e di fare il compito di conteggio semplice. Il 50% dei soggetti riportò l'evento inatteso aumentando, a parità di condizioni, il risultato precedente (42%).

Questo dato pone l'accento sulla robustezza dell'*Inattentional Blindness* per gli eventi dinamici e conferma e sottolinea la presenza dell'effetto anche nella modalità opaca, permettendo di generalizzare questo risultato anche alle situazioni del mondo reale. Si può infatti a ragione sostenere che la cecità da disattenzione non sia un fenomeno che si presenta solamente in laboratorio, ma può frequentemente essere riscontrato anche nella vita quotidiana.

Gli studi qui esposti mostrano in definitiva, ancora una volta, come il sistema percettivo necessiti dell'attenzione per operare al meglio, anche in situazioni altamente ecologiche.

Il paradigma di Most

Un terzo genere di paradigma, che combina la natura dinamica del paradigma di sguardo selettivo alla rigosità del paradigma della croce è quello ideato da Most e collaboratori (2001, 2005).

Veniva presentato ai soggetti un display contenente lettere di diverso colore che si muovevano in maniera casuale e rimbalzavano occasionalmente contro i margini dello schermo (Fig. 2.7).

I soggetti, istruiti ad attendere le lettere di colore bianco o quelle di colore nero, dovevano tenere mentalmente il conto delle volte in cui queste rimbalzavano contro i margini dello schermo.

Come rappresentato nella figura 2.8, molti dei soggetti fallirono nel riportare la presenza di una croce (nera, bianca o grigia) che attraversava lo schermo. In aggiunta però, nel caso in cui la croce avesse avuto una luminanza più simile alle lettere attese, la probabilità di percepire lo stimolo inatteso aumentava in maniera

significativa, riconfermando l'importanza dell'influenza di caratteristiche percettive sul fenomeno della cecità da disattenzione.

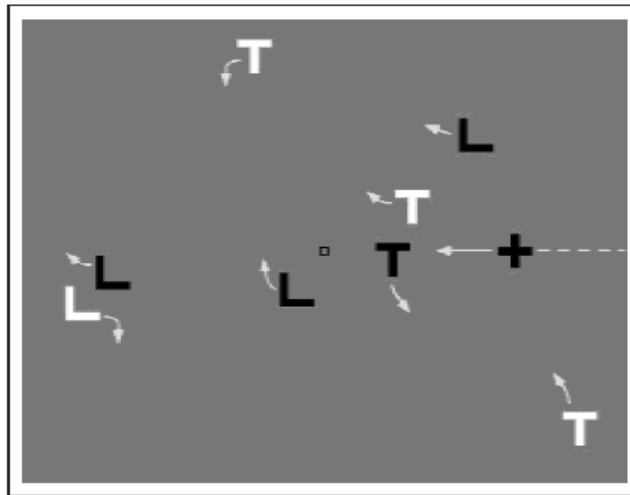


Figura 2.7 Paradigma di cecità da disattenzione usato da Most e collaboratori (2001). Fotogramma statico di un *trial* critico con un oggetto inaspettato (croce) nero. Le frecce e la linea tratteggiata sono state aggiunte per indicare la direzione del movimento. La croce si muoveva in linea retta da destra a sinistra, mentre gli altri oggetti si muovevano indipendentemente ed in maniera casuale, seguendo percorsi non lineari.

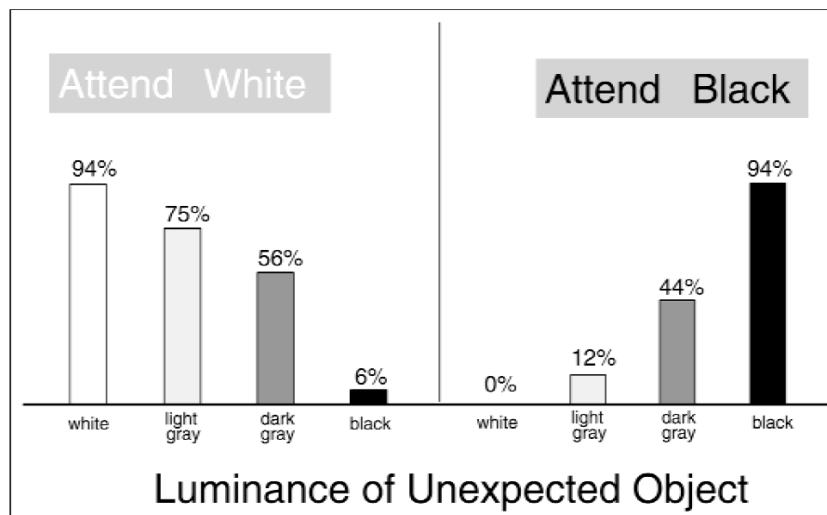


Figura 2.8 Percentuale di soggetti che ha riferito di aver percepito la croce inattesa in ciascuna condizione dell'esperimento e nelle due versioni del compito (attendere le lettere bianche [sinistra]; attendere le lettere nere [destra]) (Adattato da Most et al, 2001).

2.4.1 Fenomeni da disattenzione in altre modalità sensoriali

Oltre a pochissime indagini del fenomeno della cecità da disattenzione in modalità uditiva, che verranno esposte più avanti, alcune ricerche recenti (Eramudugolla, Irvine, McAnally, Martin, & Mattingley, 2005; Vitevitch, 2003) hanno mostrato interesse per lo studio dell'esistenza del fenomeno uditivo analogo alla cecità al cambiamento, definibile sordità al cambiamento (*change deafness*).

Utilizzando il paradigma di ascolto dicotico, Vitevitch nel 2003 ha presentato agli ascoltatori una lista di parole di varia difficoltà lessicale divisa in due blocchi. Tra il primo e il secondo blocco di parole era presente una pausa di 1 minuto. Dopo la pausa la voce che pronunciava la 2° lista poteva essere uguale o differente.

Compito dei soggetti era quello di ripetere il più accuratamente possibile le parole; nel gruppo sperimentale in cui avveniva il cambio di voce furono testati dodici soggetti. Alla fine dell'esperimento, come usuale, venivano poste tre domande, dalla più generica ("è successo qualcosa di strano nell'esperimento?") ad una più specifica e dettagliata ("la voce della prima parte dell'esperimento era la stessa di quella della seconda parte?").

Dei dodici partecipanti sette identificarono il cambiamento, mentre cinque (42%) non riportarono il cambio di voce.

Questo risultato, del tutto simile a quelli ottenuti in modalità visiva, dimostrerebbe l'esistenza dell'analogo uditivo della *change blindness*; in secondo luogo, sembrerebbe avvalorare l'ipotesi secondo la quale per riuscire a percepire un cambiamento l'attenzione debba essere diretta sui singoli stimoli.

A ulteriore sostegno di questa ipotesi Eramudugolla e collaboratori (2005) somministrarono agli ascoltatori una sequenza composta da cinque secondi di

registrazione audio in cui erano presenti quattro, sei o otto suoni differenti, seguiti da 500 msec di rumore (analogo del *blink*). Dopo di questo era nuovamente presentata la scena per altri cinque secondi, eliminando però uno dei suoni (fig. 2.9). Compito del soggetto era giudicare se effettivamente fosse avvenuto un cambiamento.

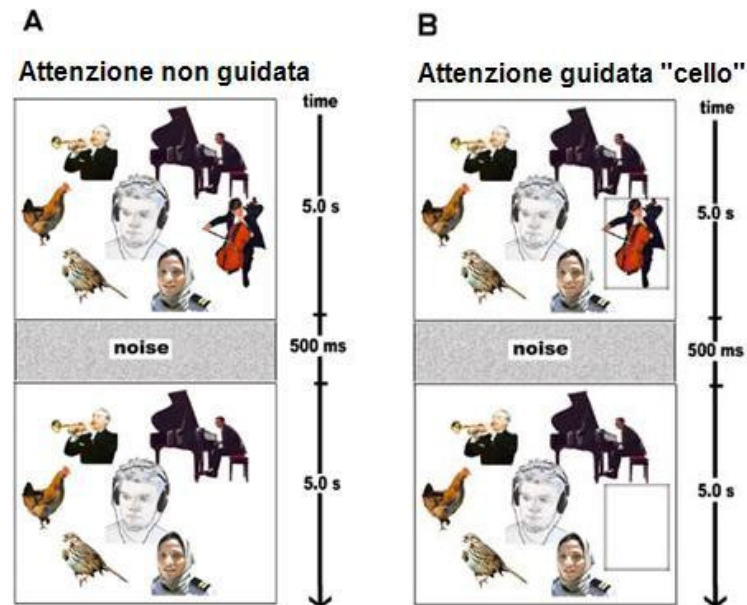


Figura 2.9 Struttura dell'esperimento nelle condizioni di attenzione non guidata (A) e guidata (B). Adattata da Eramudugolla e collaboratori (2005).

L'esperimento era somministrato in due differenti condizioni: una di attenzione guidata (fig. 2.9 A), in cui al partecipante veniva indicato sullo schermo di un computer il nome del suono a cui avrebbero dovuto porre attenzione, e una seconda condizione, di attenzione non guidata (fig 2.9 B), in cui non appariva nessun suggerimento ma solo una scritta "prossimo stimolo".

I risultati indicano che, in una scena uditiva complessa, quando l'attenzione non è guidata, la detezione esplicita del cambiamento risulta essere molto difficile. Si assiste inoltre in questa condizione anche all'influenza del numero di suoni che compongono la scena: aumentando il numero si incrementa infatti anche la

difficoltà nella percezione dello stimolo critico. Quando l'attenzione è al contrario guidata da un suggerimento, la detezione del cambiamento è più semplice e precisa e l'accuratezza non è influenzata dalla complessità della scena udita.

Questo esperimento non discrimina però se il meccanismo attentivo sia basato principalmente sul riconoscimento dello spettro caratteristico dei suoni o sulla loro posizione spaziale; a questo proposito gli autori hanno elaborato un successivo esperimento in cui, oltre alle precedenti condizioni, veniva manipolata anche la posizione spaziale degli stimoli rispetto al piano orizzontale.

In pratica, in una prima condizione definita di "posizione differente" ad ogni stimolo era assegnata una posizione spaziale diversa rispetto al piano orizzontale, mentre nella condizione di "stessa posizione" tutti i suoni avevano la medesima posizione.

I risultati mostrano come, nella condizione di attenzione guidata, l'eliminazione della separazione spaziale dei suoni ("stessa posizione") non influenzi la detezione del cambiamento e come la prestazione dei soggetti risulti pressoché perfetta anche nel caso in cui i suoni siano posizionati in punti differenti dello spazio. Nella condizione di attenzione non guidata, invece, è presente una lieve diminuzione della performance quando si elimina l'informazione spaziale.

Ciò per quanto riguarda la cecità al cambiamento; per quanto concerne invece l'indagine della cecità da disattenzione in modalità uditiva, uno dei primi esperimenti consisteva nell'ascolto di una serie di sequenze registrate di lettere (O, A, L, Q, X, R, Y) in cinque differenti combinazioni (Mack & Rock, 1998). Ogni lettera era ridotta linearmente per circa il 50 per cento della sua reale lunghezza; le lettere così manipolate venivano unite in una sequenza continua senza pause.

Ai soggetti venivano somministrate cinque serie di stimoli, in cui ogni serie era preceduta da un suono di attacco della durata di 1000 msec che indicava l'inizio

della prova. Ai partecipanti era chiesto un doppio compito: il primo era quello di riferire il più velocemente possibile la comparsa della lettera A, il secondo era di riportare esattamente l'ordine della sequenza. La presentazione era svolta in cuffia indifferentemente in un orecchio o nell'altro, unilateralmente.

Nella quarta serie, in corrispondenza dell'ultima lettera, veniva presentato nell'orecchio opposto rispetto a quello di presentazione della sequenza un suono della durata di 200 msec, generato da un sintetizzatore e digitalizzato, equivalente ad un "La" abbinato ad un "Do" medio (frequenza di 440 Hz).

Subito dopo la prova critica veniva chiesto al soggetto se avesse sentito qualcosa di insolito rispetto alle altre prove. La risposta affermativa era presa come dato dell'esistenza di percezione in condizione di disattenzione.

Successivamente, nella quinta prova, i soggetti eseguivano un compito di controllo in cui non avrebbero più dovuto prestare attenzione alla sequenza, ma dovevano solo riferire se fosse stato presentato qualsiasi altro suono. In questo caso l'attenzione del partecipante era completamente libera di recuperare anche gli stimoli distrattori.

Il livello di intensità dello stimolo critico variava da un volume inferiore di 30 dB ad uno uguale a quello di presentazione delle lettere, per passi di -20 dB e -10 dB.

I risultati mostrano come nella condizione di più bassa intensità (-30 dB) nessun soggetto abbia percepito la stimolo critico; nel compito di controllo relativo alla stessa condizione, invece, tutti i soggetti hanno percepito e identificato lo stimolo critico. Questo dato indica che l'assenza di percezione non era dovuta alla differenza di intensità, poiché in entrambe le condizioni (attenzione e disattenzione) le proprietà fisiche degli stimoli erano le stesse.

Gli autori hanno perciò dedotto che la differenza fra detezione e mancata detezione potesse essere spiegata dalla presenza o assenza di attenzione.

In aggiunta, nella condizione in cui lo stimolo critico aveva la stessa intensità della sequenza di lettere, un cospicuo numero di partecipanti (67%) ha iniziato a percepirlo ma solo cinque sono riusciti a identificarlo e a localizzarlo correttamente.

Sebbene questi primi dati suggeriscano, in analogia con la modalità visiva, che nella modalità uditiva non ci sia percezione in condizioni di disattenzione, gli stessi autori indicano che questi risultati sono solo preliminari e devono essere confermati.

Un altro studio è quello effettuato da Wayand e collaboratori, il cui scopo era quello di capire se il fenomeno della CD subisse variazioni nel caso in cui lo stimolo inatteso non fosse più solo visivo ma bimodale, audio-visivo (Wayand, Levin, & Varakin, 2005).

Come nel paradigma classico di selective looking è stato registrato un filmato in una stanza con una lavagna sul fondo. Sei giocatori, suddivisi in due squadre, si passavano una palla da basket. Dopo circa 30 secondi di gioco entrava in scena dal lato sinistro una ragazza vestita di nero. Questa, una volta rivoltasi alla lavagna, mimava il gesto di strisciarsi contro le unghie.

Lo stimolo inatteso era costituito dalla ragazza e dal suono da lei prodotto, sovrapposto al filmato artificialmente.

I risultati hanno mostrato che il fenomeno della CD non subiva significative alterazioni nel caso che lo stimolo inatteso fosse bimodale. Nella condizione classica, in cui è il solo passaggio della ragazza ad essere inatteso, il 37,5% dei soggetti ha mostrato l'effetto, mentre nel caso in cui la ragazza produceva anche il

suono il 57,1% ha mostrato CD. Gli autori hanno inoltre dimostrato che il suono non raggiungeva nemmeno un livello implicito di elaborazione, testato attraverso una scelta tra diversi tipi di suono che seguiva la visione del filmato.

La ricerca più recente che ha indagato il fenomeno della cecità da disattenzione anche con la componente uditiva è stata effettuata da Bressan e collaboratori nel 2008 (Bressan & Pizzighello, 2008; Pizzighello & Bressan, 2008).

In questo caso, utilizzando il paradigma di Most (Most et al., 2001), gli autori hanno voluto indagare se e quale interferenza avrebbe provocato l'aggiunta di un compito uditivo (di comprensione e rievocazione) sull'*Inattentional Blindness*. I soggetti erano suddivisi in tre gruppi, ognuno assegnato ad una di tre condizioni.

Nella prima (visiva – compito singolo) i soggetti dovevano eseguire il compito nella maniera classica; nella seconda (visiva/acustica – compito doppio) dovevano, in aggiunta al compito di conteggio, ascoltare brevi storie (comprensione) o una lista di parole (ricordo), pronunciate da una voce femminile computerizzata.

Nella terza condizione (uditiva – compito singolo) i soggetti dovevano guardare lo schermo ed ascoltare le brevi storie (comprensione) o la lista di parole (ricordo).

Dopo ognuno di cinque trial ai partecipanti veniva chiesto il conteggio da loro eseguito (condizione visiva – compito singolo) e la rievocazione delle storie o delle parole (condizione visiva/acustica – compito doppio/ condizione uditiva – compito singolo).

Lo stimolo inatteso, in ognuna di queste condizioni, era rappresentato dalla croce inattesa visiva utilizzata nel paradigma di Most (Most et al., 2001), senza alcuna variazione.

In generale, la croce inattesa è stata vista dal 38% dei partecipanti

Nella condizione uditiva – compito singolo solo 12 soggetti su 30 (esperimento 1) hanno riferito di avere visto la croce distrattore.

In riferimento al fenomeno della CD classica, i risultati di questo studio hanno mostrato che l'aggiunta di un compito uditivo al compito visivo classico (condizione visiva/acustica – compito doppio) altera in maniera significativa la cecità da disattenzione, facendo diminuire il numero di soggetti che hanno visto la croce inattesa da 20 a 10.

Gli autori, di conseguenza, sono stati portati ad ipotizzare che, affinché la cecità da disattenzione si manifesti, non è necessario che l'attenzione visiva sia allocata su un compito primario solo visivo ma può essere indotta anche da un compito distraente uditivo.

2.4.2 La cecità da disattenzione e la teoria del carico percettivo

Tutta la serie di fenomeni ed esperimenti esposti fin qui sembra dimostrare inequivocabilmente che se la nostra attenzione viene distolta da un certo stimolo la percezione di questo ne subirà inevitabilmente le conseguenze. Non sembrerebbero esserci dubbi sul fatto che alla base di tutti questi fenomeni ci sia l'attenzione; tuttavia, nel 1999, Jeremy Wolfe dell'Harvard Medical School di Boston (Wolfe, 1999), avanzò l'ipotesi secondo cui a determinare il fenomeno della cecità da disattenzione non sarebbe l'attenzione ma la memoria. In altre parole, tutti i soggetti percepirebbero lo stimolo inatteso ma lo dimenticherebbero giunti al momento delle domande alla fine dell'esperimento. A questa ipotesi avevano già replicato però Neisser e Rooney (citato in Becklen & Cervone, 1983)

in un esperimento (che utilizzava il paradigma di *selective looking* con la ragazza con l'ombrello) in cui la domanda veniva posta all'immediata scomparsa della ragazza. Subito dopo questo evento compariva una schermata divisa a metà: in un lato compariva la ragazza con l'ombrello e nell'altro un ragazzo che teneva in mano una bibita. Ai soggetti veniva chiesto di indicare cosa avessero appena visto: solamente il 30% vide la ragazza nonostante il cambiamento di struttura, a conferma dell'ipotesi secondo cui ad essere cruciale nella cecità da disattenzione non sarebbe la memoria ma proprio l'attenzione.

Al di là di questa critica, secondo Nilli Lavie (Cartwright-Finch & Lavie, 2007) le cause del fenomeno della CD risultano confuse dallo stesso paradigma utilizzato. Usualmente viene infatti confrontata la condizione di assenza di attenzione con quella di controllo, in cui i soggetti non devono svolgere alcun compito o con quella di attenzione divisa, in cui i soggetti devono sia svolgere il compito che prestare attenzione allo stimolo critico di cui conoscono in anticipo la comparsa.

In un contesto come questo, risulta chiaro come l'aspettativa, le intenzioni del soggetto o la memoria possano giocare un ruolo determinante nella modulazione del fenomeno.

L'autrice utilizzando la sua teoria del carico percettivo, sembra chiarire definitivamente come alla base della CD ci siano i meccanismi attentivi.

Questa teoria, ampiamente descritta nel capitolo precedente, sostiene che la focalizzazione dell'attenzione su un compito impedirebbe la percezione di stimoli irrilevanti se e solo se questo richieda un elevato livello di elaborazione percettiva che consumerebbe per il suo svolgimento tutte le risorse attentive disponibili.

Nella sua ricerca l'autrice (Cartwright-Finch & Lavie, 2007) ha voluto verificare se il livello di percezione dello stimolo critico variasse a seconda della manipolazione

del carico percettivo del compito primario. In un primo esperimento il paradigma utilizzato era quello classico del compito della croce (Mack & Rock, 1998). Le due braccia della croce si distinguevano però in una condizione per il colore e in una seconda per la lunghezza, consentendo così la formazione di due condizioni di carico percettivo, nel primo caso ridotto e nel secondo elevato (Fig 2.10).

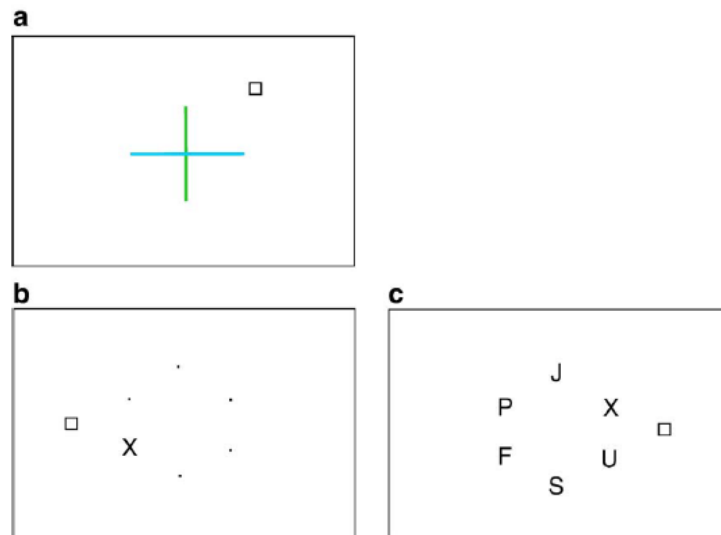


Figura 2.10 Procedura di carico nello studio sulla cecità da disattenzione di Cartwright-Finch e Lavie. Esempio di stimolo utilizzato nel trial critico della croce (a). Nella condizione di basso carico ai soggetti veniva chiesto quale braccio fosse verde. Nella condizione di alto carico veniva chiesta quale fosse il più lungo. Compito di ricerca di lettera nella condizione di basso carico (b) ed in quella di alto carico percettivo (c) (Cartwright-Finch & Lavie, 2007).

Nel primo caso i soggetti avrebbero dovuto indicare quale braccio fosse di colore blu, nel secondo quale braccio fosse il più lungo.

Come nei classici esperimenti di cecità da disattenzione, dopo qualche prova, in contemporanea all'apparizione della croce, sarebbe apparso in posizione periferica uno stimolo critico di forma quadrata.

I risultati confermano l'ipotesi secondo cui il carico percettivo in questo compito influenzi il livello di *cecità* trovato. In particolare, nel compito a basso carico 11 dei

20 soggetti riportarono lo stimolo critico, di contro, il numero di coloro che lo percepì scese a 2 nella condizione ad alto carico (10%).

In un altro esperimento (Lavie, 2005), i soggetti dovevano rispondere alla comparsa di una specifica lettera ("X" o "N") che appariva in una di sei posizioni su una circonferenza. Nella condizione di basso carico percettivo nelle altre cinque posizioni era presente un cerchio; in quella di alto carico erano presenti altre lettere (J, P, U, S, F); come usuale, in concomitanza della sesta prova appariva lo stimolo critico.

Anche in questo caso i risultati mostrano come il livello di cecità vari in funzione del carico percettivo, aumentando nella condizione di alto carico percettivo.

Questi dati chiariscono in definitiva l'ipotesi secondo cui alla base del fenomeno della cecità da disattenzione possa trovarsi l'attenzione. In particolare, la mancanza di attenzione (e non la memoria o l'aspettativa) sembra essere la causa del fallimento della percezione.

PARTE SPERIMENTALE

CAPITOLO 3: Il fenomeno della sordità da disattenzione nel paradigma di sguardo e ascolto selettivo

Nonostante generalmente si abbia la sensazione che non ci sfugga nulla, fenomeni studiati sperimentalmente come la cecità da disattenzione (CD) dimostrano come non basti essere sottoposti a stimoli esterni per essere consapevoli del mondo che ci circonda.

Lo scopo principale di questo lavoro di ricerca è stato quello di indagare se il fenomeno della cecità da disattenzione, studiato principalmente in modalità visiva, possa essere ritrovato anche in quella uditiva (sordità da disattenzione: SD) e come le due modalità possano interagire tra loro. Vivendo nel mondo reale, formato da suoni e da immagini in movimento, non si può evitare di porsi tale domanda.

Per consentire lo studio del fenomeno della sordità da disattenzione è stato modificato il classico paradigma di sguardo selettivo creandone un analogo in modalità uditiva definibile “paradigma di ascolto selettivo”. Originariamente costituito dalla sola traccia video, in questo caso è stato registrato un filmato composto sia dalla traccia visiva che uditiva. Il compito di conteggio dei passaggi della palla da basket è stato altresì modificato per consentire l'esecuzione del compito primario anche nella modalità uditiva. Più precisamente gli attori del filmato usavano dei racchettoni da spiaggia di legno e si passavano due palline di differente colore e materiale, che producevano, al contatto con le racchette, due

suoni differenti. Compito del soggetto sperimentale, come nel paradigma originale, era quello di tenere il conto dei passaggi effettuati da una sola delle due squadre.

L'unico elemento di differenziazione delle due squadre, a differenza della precedente letteratura, era il colore ed il suono prodotto delle palline e non più il colore delle magliette dei giocatori.

Una ragazza che attraversava lo spazio di gioco da destra verso sinistra costituiva lo stimolo inatteso. Inoltre, grazie ad un giocattolo per neonato che questa premeva ad intermittenza nella mano destra, produceva in corrispondenza del suo passaggio un suono acuto ed intermittente.

La traccia sperimentale così costituita veniva presentata ai soggetti in tre differenti condizioni sperimentali: visiva, in cui i soggetti vedevano il filmato ma non sentivano alcun suono (condizione analoga ai filmati utilizzati per lo studio della CD); uditiva, in cui, bendati, avevano il compito di eseguire il conteggio senza poter vedere alcuno stimolo visivo e bimodale, in cui i soggetti erano lasciati liberi di svolgere il compito con entrambe le modalità, visiva e uditiva.

Saranno quindi presentati 3 esperimenti che hanno mostrato come il fenomeno della cecità da disattenzione possa essere ritrovato anche nella modalità uditiva e che, nel caso in cui le informazioni ambientali provengano da entrambe le modalità sensoriali, la vista sembri essere maggiormente informativa rispetto all'udito.

Ancor più rilevante, nell'ottica della teoria del carico percettivo esposta nel primo capitolo (Lavie, 1995), sembra che a consentire il manifestarsi del fenomeno non sia necessario che il sovraccarico di risorse sia esclusivamente percettivo; anche carichi di altra natura, ad esempio motoria, sembrano poter provocare gli stessi effetti.

3.1 Introduzione alla ricerca

Come già affrontato nel paragrafo 2.4, esistono in letteratura più metodi sperimentali usati per dimostrare l'esistenza del fenomeno di mancata detezione di uno stimolo inatteso in modalità visiva (Mack & Rock, 1998; Most et al., 2005; Neisser, 1979). Questi paradigmi non tengono però in considerazione la multimodalità del mondo in cui viviamo; la percezione uditiva è infatti rilevante quasi quanto quella visiva per localizzare gli oggetti e per agire con essi nello spazio. Molti studi in altri ambiti hanno dimostrato l'importanza dell'integrazione audiovisiva: l'effetto superadditivo della percezione multisensoriale, ad esempio, mostra l'esistenza di una facilitazione nel caso che si presti attenzione a due modalità rispetto che ad una soltanto (Talsma, Doty, & Woldorff, 2007).

Recentemente è stato poi dimostrato che un *cue* audiovisivo sembra essere più efficace di uno unimodale nel disancorare l'attenzione da un compito primario che richiede attenzione (Santangelo & Spence, 2007).

Sebbene questi studi e il nostro senso comune dimostrino come la modalità uditiva sia di fondamentale importanza, l'indagine della CD si è, salvo poche eccezioni (Bressan & Pizzighello, 2008; Mack & Rock, 1998; Pizzighello & Bressan, 2008; Sinnett et al., 2006; Wayand et al., 2005), limitata alla modalità visiva.

Come riportato nel capitolo due, Wayand e collaboratori (Wayand et al., 2005) hanno cercato di capire se la CD avrebbe subito modificazioni in seguito all'utilizzo di uno stimolo inatteso multimodale (uditivo e visivo). Quello che hanno constatato è che l'aggiunta della componente sonora non provocava significative differenze al

fenomeno di cecità. In questo esperimento, tuttavia, veniva utilizzato in maniera multimodale solamente lo stimolo inatteso e non il compito primario.

La ricerca più recente che ha indagato il fenomeno della cecità da disattenzione anche con la componente uditiva è stata effettuata da Bressan e collaboratori nel 2008 (Bressan & Pizzighello, 2008; Pizzighello & Bressan, 2008). In questo caso, a differenza dell'esempio precedente, in cui ad essere multimodale era lo stimolo inatteso, la componente uditiva è stata aggiunta al compito primario. Utilizzando il paradigma di Most (Most et al., 2001), gli autori hanno voluto indagare se e quale interferenza avrebbe provocato l'aggiunta di un compito uditivo (di comprensione e rievocazione) al fenomeno della cecità da disattenzione.

In riferimento al fenomeno della CD classica, i risultati di questo studio hanno mostrato che l'aggiunta di un compito uditivo al compito visivo classico altera in maniera significativa la cecità da disattenzione, facendo diminuire il numero di soggetti che vedono la croce inattesa da 20 a 10.

Gli autori, di conseguenza, sono stati portati ad ipotizzare che, affinché la cecità da disattenzione si manifesti, non è necessario che l'attenzione visiva sia allocata su un compito primario solo visivo ma può essere indotta anche da un compito distraente uditivo.

A differenza dell'esperimento precedente (Wayand et al., 2005), in questo caso la componente uditiva è stata aggiunta solamente al compito primario, non consentendo di avere una visione d'insieme su quale possano essere gli effetti dell'aggiunta della modalità uditiva sul fenomeno in generale. Inoltre il paradigma utilizzato da Bressan e collaboratori si discosta da quello utilizzato da Wyand.

Per tutte queste ragioni, abbiamo presentato ai soggetti una registrazione analoga a quelle di Simons e Chabris (Simons & Chabris, 1999), utilizzando il paradigma di

selective looking, ma con la componente uditiva (*Selective Hearing*). Questa modalità è stata aggiunta sia al compito primario che allo stimolo inatteso; sia il paradigma utilizzato che l'aggiunta della modalità uditiva ad ogni componente del filmato ci hanno permesso di ricreare fedelmente ciò che potrebbe accadere nel mondo reale e mantenere il filmato il più ecologico possibile.

La tecnica di registrazione utilizzata, binaurale, ha fornito poi ulteriore ecologicità al filmato (vedi par 3.2.2 per una descrizione approfondita di questa tecnica).

Abbiamo presentato il video in tre differenti condizioni: visiva, uditiva e bimodale. Per quanto riguarda la condizione unimodale uditiva nessun elemento sembra contraddire la previsione per cui non debba esistere un corrispettivo della CD in questa modalità; basti pensare agli studi che hanno utilizzato l'ascolto dicotico (Cherry, 1953). Nella condizione bimodale invece ci si potrebbe aspettare che l'aggiunta della componente uditiva allo stimolo inatteso non provochi nessuna alterazione della quantità di effetto visivo (Wayand et al., 2005). D'altra parte, alla luce di una più generale teoria di sommazione probabilistica (Raab, 1962), ci si potrebbe aspettare che l'aggiunta della componente uditiva faciliti il rilevamento dello stimolo inatteso. Questa teoria suggerisce infatti che, nel caso in cui ci sia più di uno stimolo, ognuno sia processato indipendentemente e che una risposta venga elicitata nel momento in cui almeno uno dei due raggiunga il necessario livello di elaborazione.

Infine, dal momento che un *cue* audiovisivo sembra disancorare l'attenzione da un compito visivo primario (Santangelo & Spence, 2007), ci potremmo aspettare che la quantità di CD e SD (se presente) sia minore rispetto alle condizioni unimodali. In questo caso infatti, la componente aggiunta dello stimolo inatteso dovrebbe facilitare la cattura dell'attenzione ed il rilevamento dello stesso. Stando poi ai

risultati di Bressan e collaboratori, un aumento di effetto disattentivo dovuto alla bimodalità del compito primario potrebbe essere prevedibile.

Sono stati effettuati tre esperimenti, nei quali, per differenti ragioni, poteva variare o una componente del compito (esperimento 2), o la modalità in cui veniva presentato lo stimolo inatteso (esperimento 3).

In ognuno i soggetti vedevano e ascoltavano due squadre di due giocatori ciascuna che giocava con dei racchettoni da spiaggia. Le due squadre usavano due palline di differente colore e materiale, producendo due suoni differenti. I soggetti dovevano prestare attenzione ad una squadra solamente, contando i passaggi da questa effettuati. Dopo pochi secondi una ragazza vestita di nero entrava in scena passando in mezzo ai giocatori, tenendo nella sua mano destra un giocattolo per neonato che produceva un suono acuto intermittente.

Come già detto, di innovativo rispetto a tutta la letteratura esistente sull'argomento, in questi esperimenti la bimodalità era una caratteristica comune sia allo stimolo inatteso (ragazza) che al compito primario. Solo questa è la condizione ottimale per valutare, da una parte, l'esistenza o meno della sordità da disattenzione e dall'altra l'interazione tra le due modalità sensoriali.

3.2 Esperimento uno

3.2.1 Partecipanti

100 soggetti volontari, suddivisi in tre differenti gruppi (gruppo uditivo: 35; gruppo visivo: 31; gruppo bimodale: 34) hanno partecipato all'esperimento. Tutti avevano

vista normale o corretta alla normalità e hanno riferito di avere una percezione uditiva nella norma.

Quattro soggetti sono stati esclusi dall'analisi (Due del gruppo bimodale e uno da ciascuno dei due gruppi unimodali) a causa della scarsa accuratezza nel compito primario (al di sotto delle due deviazioni standard).

3.2.2 Materiali

È stato realizzato un filmato della durata di 18 secondi (Figura 3.1) che mostrava due squadre di due giocatori vestiti di nero posti in cerchio che ruotavano in senso orario in un'area di 3 x 4,20 metri, con una lavagna sullo sfondo.

I componenti di ogni squadra giocavano con delle comuni racchette da spiaggia di legno. Ogni squadra usava poi una pallina del diametro di circa 3 centimetri, che si differenziava dall'altra per colore e materiale, essendo una di plastica arancione e l'altra di gomma blu. A contatto con le racchette ogni pallina produceva un suono diverso: quella arancione più alto ed acuto, più basso e profondo quella blu.

Dopo sei secondi di azione di gioco, una ragazza vestita di nero camminava, impiegando un tempo di circa 8 secondi, attraverso il campo, da destra verso sinistra. La ragazza premeva a intermittenza un piccolo giocattolo da neonato che teneva nella mano destra non visibile, producendo un forte fischio discontinuo. Durante questo periodo le due squadre continuavano a giocare come se niente fosse.

La scena è stata filmata usando una videocamera (Sony Handycam dcr – hc14e pal) ed è stato editato con il programma Movie Factory 4.0.

L'audio è stato registrato con due microfoni binaurali omnidirezionali (SP-TFB-2 sound professional). Questo tipo di microfoni permette di ricreare la forma più ecologica di registrazione acustica possibile. Per il loro utilizzo, i microfoni devono essere posti all'interno delle orecchie come delle comuni cuffie-auricolari, consentendo, oltre all'acquisizione della fonte diretta del suono, anche il recupero di tutte le informazioni provenienti dal padiglione auricolare. Questi microfoni hanno inoltre la caratteristica di essere omnidirezionali, cioè di essere egualmente sensibili ai suoni provenienti da tutte le direzioni.

L'acquisizione delle informazioni sonore provenienti dal padiglione auricolare permette di ricreare nel modo più realistico possibile, oltre che i suoni, anche gli indizi di localizzazione spaziale sonora, a condizione che il successivo ascolto della traccia registrata avvenga con l'utilizzo di auricolari, in modo che il suono venga proiettato direttamente all'interno del canale uditivo senza l'interferenza del padiglione proprio dell'ascoltatore.

Per la visione e l'ascolto del filmato è stato usato il software VLC Media Player 0.8.6d. Nella presentazione visiva, il video è stato proiettato a schermo intero su un monitor 15" di un computer fisso, mentre per quella audio sono stati usati una coppia di auricolari SBS (serie modello V290). Nella somministrazione bimodale sono stati usati insieme auricolari e schermo.



Figura 3.1 Esperimento 1: esempio di due fotogrammi del video. Sinistra: due coppie di giocatori stanno giocando a racchette senza lo stimolo inatteso. Destra: la ragazza inattesa sta camminando tra i giocatori.

3.2.3 Procedura

I soggetti venivano fatti sedere di fronte allo schermo oppure venivano bendati (per impedire che un qualsiasi stimolo visivo presente nel laboratorio potesse interferire con il compito) e dotati di auricolari, in base a che appartenessero al gruppo unimodale visivo o uditivo, rispettivamente.

I soggetti venivano informati del contenuto del video, tramite una descrizione della scena, del gioco degli attori e della presenza di due differenti palline: nella modalità visiva si sottolineava il diverso colore di queste, in quella uditiva il diverso suono prodotto, descrivendone uno come acuto e l'altro come basso; nella condizione bimodale venivano fornite entrambe le informazioni. Solo per la somministrazione in modalità uditiva è stata aggiunta una prova preliminare di circa 14 secondi, per permettere ai soggetti di familiarizzare con i suoni delle palline. Alla fine di questa fase di apprendimento si chiedeva se i due suoni risultassero distinguibili: in caso di risposta affermativa si passava alla

somministrazione dell'esperimento vero e proprio; in caso di risposta negativa si proseguiva nella somministrazione della prova preliminare. Nel caso in cui la discriminazione dei due suoni risultasse impossibile si interrompeva l'esperimento. Il compito del soggetto era di concentrarsi e prestare attenzione alla pallina di colore arancione o di suono più acuto, e di contare il numero di passaggi tra i due giocatori della squadra target; nella modalità visuo - acustica si informava il soggetto del compito marcando l'associazione tra la pallina di colore arancione e il suono acuto. In quest'ultima condizione si avisava inoltre il soggetto che alla fine dell'esperimento gli sarebbe stato chiesto di riferire se la traccia audio e quella video fossero state ben sincronizzate, in modo che i partecipanti non scegliessero strategicamente di svolgere il compito sfruttando la sola modalità visiva.

Immediatamente dopo la somministrazione dell'esperimento, si rivolgeva al soggetto una prima domanda completamente generica ed aspecifica: "è successo qualcosa di strano nel video/audio?" (a seconda della modalità); ad una risposta negativa dell'osservatore si continuava ponendo una seconda domanda più specifica: "hai visto altro oltre i quattro giocatori in campo?". Nella modalità uditiva la domanda era analoga: "hai sentito altro oltre il suono delle due palline?". In caso di risposta affermativa, se i partecipanti non avevano ancora autonomamente riferito una descrizione dello stimolo non previsto, si chiedeva di descriverlo. Nella condizione bimodale si iniziava dalla domanda generica "è successo qualcosa di strano nel video/audio?" per poi passare ad una seconda domanda generica, riferita all'audio e anche al video, per concludere con le due domande specifiche per le singole modalità. Poiché i soggetti tendevano in modo spontaneo a riferirsi principalmente alla modalità visiva una seconda domanda, generica, era enfatizzata sull'udito, per poi passare alle due domande specifiche.

Ogni soggetto ha partecipato unicamente ad una condizione. Ogni sessione sperimentale durava poco più di 5 minuti.

3.2.4 Analisi statistiche

Sono state confrontate usando il test del χ^2 le differenze tra la proporzione di soggetti che ha risposto di aver visto uno stimolo inatteso ad una prima domanda , aspecifica e ad una seconda, specifica. È stato utilizzato il test di McNemar per confrontare le proporzioni nei dati appaiati (condizione bimodale). Per valutare le differenze nelle medie dell'accuratezza nelle diverse condizioni è stata eseguita un'analisi della varianza ad una via; è stato utilizzato il numero di rimbalzi riportato come variabile dipendente e la condizione sperimentale come fattore indipendente. Tutti i test statistici erano a due code ed è stato considerato statisticamente significativo un *p-value* <0.05. Tutte le analisi sono state condotte con il software SAS (SAS Institute, Inc, Cary, NC), versione 9,1.

3.2.5 Risultati

La tabella 3.1 mostra il numero e la percentuale di soggetti che hanno percepito la ragazza inattesa che passava.

In totale, su 96 soggetti, il 54% (52) ha riferito che qualcosa è successo nel filmato mentre il 46% (44) lo ha ignorato.

Detezione dello stimolo inatteso					
Domanda Condizione	Visiva	Uditiva	Bimodale		
			Visiva	Uditiva	Entrambe
Prima, aspecifica	10 (34%)	28 (82%)	6 (18%)	2 (6%)	8 (24%)
			Visiva	Uditiva	Entrambe
Seconda, specifica	13 (45%)	29 (85%)	8 (24%)	4 (12%)	8 (24%)
			Visiva	Uditiva	Entrambe
Totale soggetti	29	34	33		

Tabella 3.1 Esperimento 1: frequenza e percentuale (tra parentesi) di soggetti che hanno risposto di aver percepito uno stimolo inatteso per ciascuna delle due domande e delle tre condizioni. Nella condizione bimodale sono mostrati separatamente i soggetti che hanno percepito la ragazza in una sola modalità o in entrambe. L'ultima riga mostra il totale dei soggetti che hanno partecipato a ciascuna condizione. La risposta alla prima e alla seconda domanda non sono relate.

Per quanto riguarda le risposte alla prima domanda, aspecifica, il test del Chi Quadro ha mostrato una differenza statisticamente significativa tra queste proporzioni nelle condizioni unimodali visiva e uditiva (rispettivamente il 34% e l'82%, $\chi^2_{(1)}=14,9839$; $p=0.0001$). Anche la condizione bimodale, è risultata differire significativamente dalla condizione uditiva (componente visiva: il 42% e l'82% rispettivamente, $\chi^2_{(1)}=11,4143$; $p=0.0007$; componente uditiva: il 30% e l'82% rispettivamente, $\chi^2_{(1)}=18,4810$; $p<0,0001$). Nessun'altra differenza ha raggiunto la significatività statistica.

Per la seconda domanda le analisi hanno mostrato lo stesso pattern di significatività. La condizione unimodale uditiva, infatti, era statisticamente diversa da quella unimodale visiva (l'85% e il 45% rispettivamente, $\chi_{(1)}=11,5330$;

$p=0.0007$) e dalla condizione bimodale, sia per la domanda riguardante la modalità visiva (l'85% e il 48% rispettivamente, $\chi_{(1)}=10,2884$; $p=0.0013$) che per quella uditiva (l'85% e il 36% rispettivamente, $\chi_{(1)}=16,8838$; $p<.0001$).

L'analisi della varianza a una via (figura 3.2) effettuata sull'accuratezza ha mostrato la significatività del fattore principale della condizione ($F=9,093$; $p=0,000411$). Le analisi *post-hoc* di Duncan hanno mostrato, ancora una volta, che la modalità uditiva differisce significativamente sia dalla condizione visiva ($p=0,000602$) che bimodale ($p=0,000885$). L'accuratezza era più bassa quando venivano presentati solo stimoli uditivi ($\mu= 17,09$ contro circa $\mu= 21$ nelle altre due condizioni).

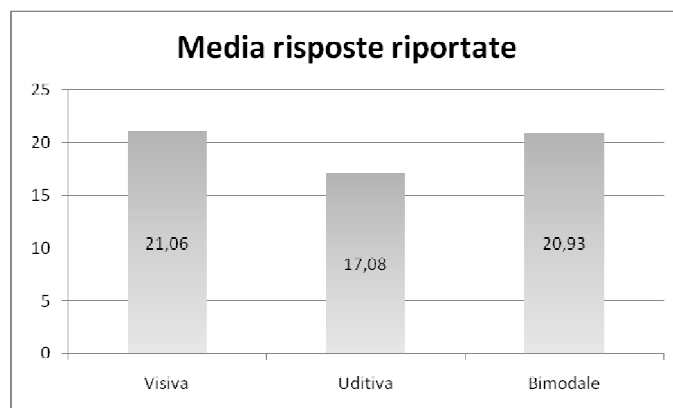


Figura 3.2 Esperimento 1: accuratezza nel compito di conteggio nelle tre condizioni sperimentali.

Il numero corretto di rimbalzi era 21.

3.2.6 Discussione

Prima di tutto, nella condizione visiva i dati sembrano confermare e replicare i precedenti studi di CD (Neisser, 1979; Simons & Chabris, 1999). Anche in questo caso, infatti, concentrare l'attenzione su un compito primario sembra escludere la possibilità che uno stimolo distraente raggiunga la consapevolezza. Questo

risultato rende affidabile il nostro paradigma. Il primo obiettivo preposto risulta perciò raggiunto.

Il secondo scopo era indagare la possibile esistenza di un corrispondente uditivo della CD ed è stato trovato, anche se il fenomeno è apparso più ridotto rispetto a quello in modalità visiva. La condizione unimodale uditiva ha mostrato, inoltre, un'accuratezza inaspettatamente scarsa.

Una spiegazione della scarsa accuratezza e della ridotta disattenzione potrebbe risiedere nella difficoltà del compito uditivo: i soggetti potrebbero infatti aver rinunciato a portare a termine il compito, lasciando abbastanza attenzione disponibile per rilevare la ragazza.

Inoltre, la natura della stimolazione uditiva, discreta e non continua, potrebbe avere prodotto delle "sacche di vuoto", tali da percepire il suono inatteso.

Una spiegazione alternativa potrebbe essere che la ragazza, stimolo particolarmente rumoroso e quindi saliente, abbia determinato un orientamento automatico dell'attenzione verso di essa. In pratica il risultato ottenuto sarebbe un effetto di CD al contrario: lo spostamento dell'attenzione verso la ragazza avrebbe infatti "sottratto" attenzione dal compito primario, impedendo il corretto svolgimento dello stesso.

Nella condizione bimodale i dati mostrano che il numero di soggetti che ha visto la ragazza inattesa è pressoché lo stesso rispetto alla condizione unimodale visiva (il 48% contro il 45%, in riferimento alla seconda domanda). Diversamente, i soggetti che hanno sentito lo stimolo inatteso sono stati molti meno nella condizione bimodale rispetto alla condizione unimodale (il 36% contro l'85%, in riferimento alla seconda domanda).

Questo risultato è in contrasto con altre evidenze secondo le quali stimoli audiovisivi avrebbero la capacità di disancorare l'attenzione da un compito primario (Santangelo & Spence, 2007).

Al contrario, i dati qui ottenuti sembrerebbero suggerire che, in presenza di un compito visivo, stimoli uditivamente salienti perdono la loro rilevanza, in accordo con l'ipotesi che il magazzino attenzionale sia, almeno in parte, amodale.

L'amodalità dell'attenzione selettiva è fonte di dibattito in letteratura. In una recente *review* Nillie Lavie (Lavie, 2005) ha sottolineato che gli effetti crossmodali attenzionali non sono ancora chiari e i risultati sono pressoché confusi. In molti studi, infatti, il dato rilevato è la totale assenza di CD o l'assenza dell'effetto del compito primario in una modalità sul compito secondario in un'altra modalità (Duncan et al., 1997; Rees, Frith, & Lavie, 2001; Rees & Lavie, 2001), lasciando ipotizzare che ogni modalità sensoriale abbia un magazzino individuale e indipendente di risorse. Molti altri studi, al contrario, hanno trovato che il compito primario sembra influenzare la detezione di uno stimolo irrilevante anche tra le modalità (Berman & Colby, 2002; Houghton et al., 2003; Tellinghuisen & Nowak, 2003).

In conclusione, i dati mostrano un notevole effetto di sordità da disattenzione quando gli stimoli sonori sono aggiunti ad un paradigma di *Selective Looking* standard; sebbene i dati sull'effetto dell'interazione tra la modalità visiva e uditiva sull'effetto di CD siano ancora scarsi e contrastanti, i nostri risultati rafforzano l'idea secondo cui il magazzino attenzionale, almeno in parte, debba essere considerato amodale.

Questa conclusione è giustificata dal fatto che a causare un forte effetto disattenzionale uditivo sia il compito svolto in modalità sia uditiva che visiva, a

fronte di uno scarso effetto nel caso in cui lo stesso compito venga svolto esclusivamente in modalità uditiva.

3.3 Esperimento due

La scarsa accuratezza nel compito primario eseguito con la sola modalità uditiva induce ad interrogarsi sul motivo di un così diverso pattern di comportamento rispetto alle condizioni in cui anche la modalità visiva viene impiegata. Quest'esigenza viene poi rafforzata dal fatto che la stessa condizione che porta alla minor accuratezza induce una maggiore probabilità di rilevare lo stimolo inatteso.

Come già discusso precedentemente, questi risultati possono essere dovuti ad almeno tre differenti ragioni: 1) Maggior difficoltà del compito uditivo; 2) Natura stessa della stimolazione uditiva, discreta e non continua; 3) Effetto disattenzionale alla rovescia causato dallo stimolo sonoro particolarmente saliente.

Nel secondo esperimento, per chiarire i risultati della condizione unimodale uditiva, è stata apportata una sola modifica all'esperimento originale: i soggetti, oltre ad eseguire il compito di conteggio dei passaggi, dovevano premere la barra spaziatrice in corrispondenza di ogni rimbalzo percepito, visivamente o uditivamente che fosse. La pressione della barra spaziatrice, di cui il tempo di pressione viene registrato, fornisce un feedback sull'accuratezza media e permette di monitorare l'accuratezza dei soggetti in ogni istante di esecuzione del compito di conteggio.

Questa modifica non dà nessuna informazione sulla natura della stimolazione uditiva, che continua a rimanere discreta e non continua, ma dovrebbe chiarire se, nel momento in cui la ragazza entra in scena, l'attenzione sia rivolta a lei o al compito primario; se la deflessione negativa dell'accuratezza avvenisse soprattutto in corrispondenza di questo evento, infatti, significherebbe che il suono inatteso ha in effetti distratto i soggetti dall'esecuzione del compito di conteggio.

3.3.1 Partecipanti

100 soggetti volontari, suddivisi in tre differenti gruppi (gruppo uditivo: 33; gruppo visivo: 31; gruppo bimodale: 36), hanno partecipato all'esperimento. Tutti avevano vista normale o corretta alla normalità e hanno riferito di avere una percezione uditiva nella norma.

3 soggetti sono stati esclusi dall'analisi (1 del gruppo bimodale e 2 dal gruppo unimodale uditivo) a causa della scarsa accuratezza nel compito primario (al di sotto delle due deviazioni standard).

3.3.2 Materiali

Il filmato utilizzato in questo esperimento è lo stesso di quello usato nell'esperimento precedente (Fig3.3).



Figura 3.3 Esperimento 2: esempio di due fotogrammi del video. Sinistra: due coppie di giocatori stanno giocando a racchette da tavolo senza lo stimolo inatteso. Destra: la ragazza inattesa sta camminando tra i giocatori.

3.3.3 Procedura

L'unica aggiunta rispetto all'esperimento precedente consiste nella richiesta della pressione della barra spaziatrice in corrispondenza di ogni rimbalzo percepito dai soggetti. Per il resto, apparato sperimentale e procedura sono gli stessi dell'esperimento uno.

3.3.4 Analisi statistiche

Le analisi statistiche erano analoghe a quelle dell'esperimento precedente. Sono state infatti confrontate usando il test del χ^2 le differenze tra la proporzione di soggetti che ha risposto di aver visto uno stimolo inatteso ad una prima domanda, aspecifica e ad una seconda, specifica. È stato utilizzato il test di McNemar per confrontare le proporzioni nei dati appaiati (condizione bimodale).

Per valutare le differenze nelle medie dell'accuratezza nelle diverse condizioni è stata eseguita un'analisi della varianza ad una via; è stato utilizzato il numero di

rimbalzi riportato come variabile dipendente e la condizione sperimentale come fattore indipendente.

Tutti i test statistici erano a due code ed è stato considerato statisticamente significativo un *p-value* <0.05.

Per valutare l'influenza dello stimolo inatteso sulle risposte fornite dai soggetti è stata effettuata un'analisi della varianza mista con un fattore entro e uno tra i soggetti. Il fattore entro i soggetti, a tre livelli, era costituito dalle tre parti in cui è stato suddiviso il filmato, in base alla presenza o meno della ragazza. La prima di queste (A8), in cui i giocatori effettuano otto passaggi, precedeva l'entrata della ragazza; la seconda (B10), con la ragazza presente, presentava 10 passaggi e l'ultima (C3), quando la ragazza non era più in scena, era composta da tre passaggi, per un totale di 21. Il fattore tra i soggetti, a tre livelli, era costituito dalle tre condizioni a cui i soggetti potevano partecipare (visiva, uditiva e bimodale).

Come variabile dipendente è stata utilizzata la differenza tra le risposte attese nelle tre parti di filmato e le risposte fornite, in proporzione sul totale di passaggi.

Anche in questo caso, tutte le analisi sono state condotte con il software SAS (SAS Institute, Inc, Cary, NC), versione 9,1.

3.3.5 Risultati

La tabella 3.2 mostra il numero e la percentuale di soggetti che ha percepito lo stimolo inatteso che passava per la prima domanda, aspecifica e per la seconda, specifica.

In totale, su 97 partecipanti, il 56% (48) ha riferito che qualcosa è successo nel filmato, mentre il 44% (37) lo ha ignorato.

Detezione dello stimolo inatteso					
Domanda Condizione	Visiva	Uditiva	Bimodale		
			Visiva	Uditiva	Entrambe
Prima, aspecifica	16 (52%)	17 (55%)	14 (40%)	3 (17%)	6 (9%)
			17 (49%)	2 (6%)	8 (23%)
Seconda, specifica	22 (71%)	19 (61%)	17 (49%)	2 (6%)	8 (23%)
			17 (49%)	2 (6%)	8 (23%)
Totale di soggetti	31	31	35		

Tabella 3.2. Esperimento 2: frequenza e percentuale (tra parentesi) di soggetti che hanno risposto di aver percepito uno stimolo inatteso a ciascuna delle due domande nelle tre condizioni. Nella condizione bimodale, sono mostrati separatamente i soggetti che hanno percepito la ragazza in una sola modalità o in entrambe. L'ultima riga mostra il totale dei soggetti che hanno partecipato a ciascuna condizione. La risposta alla prima e alla seconda domanda non sono relate.

Per quanto riguarda le risposte alla prima domanda, aspecifica, il test del Chi Quadro ha mostrato una differenza statisticamente significativa tra queste proporzioni nella parte uditiva della condizione bimodale e le altre tre condizioni: con la condizione unimodale visiva (rispettivamente il 26% e il 52%, $\chi^2_{(1)}=4,68$; $p=0,0304$); con la condizione unimodale uditiva (rispettivamente il 26% e il 55%, $\chi^2_{(1)}=5,84$; $p=0,0157$).

La differenza tra le due componenti della condizione bimodale è risultata essere statisticamente significativa (Componente visiva e componente uditiva: 49% e 26%, rispettivamente. *McNemar's Test*: $p=0,0127$).

Per la seconda domanda le analisi hanno mostrato una differenza significativa tra le proporzioni nella componente uditiva della condizione bimodale ed entrambe le

condizioni unimodali (componente uditiva e condizione uditiva: 29% e il 61%, $\chi^2_{(1)}=7,1445$; $p=0,0075$, rispettivamente; componente uditiva e condizione visiva: 29% e il 71%, $\chi^2_{(1)}=11,83$; $p=0,0006$, rispettivamente).

La differenza tra le due componenti della condizione bimodale è risultata essere statisticamente significativa (Componente visiva e componente uditiva: 72% e 29%, rispettivamente. *McNemar's Test*: $p<0,0001$).

L'analisi della varianza a una via (figura 3.4) effettuata sull'accuratezza ha mostrato la significatività del fattore principale della condizione ($F=50,654$; $p=0,000000$). I confronti *post-hoc* (Duncan) hanno mostrato che, come nel primo esperimento, la modalità uditiva differisce significativamente sia dalla condizione visiva ($p=0,000054$) che bimodale ($p=0,000115$). L'accuratezza era più bassa quando venivano presentati solo stimoli uditivi ($\mu= 15,52$ contro circa $\mu= 21$ nelle altre due condizioni).

L'analisi effettuata sull'accuratezza nei differenti blocchi di filmato (correlati alla presenza della ragazza) ha mostrato la significatività del solo fattore principale delle condizioni ($F=39,241$; $p=0,000000$). Significativa è risultata anche l'interazione tra i fattori blocco e condizione ($F=12,467$; $p=0,000000$).

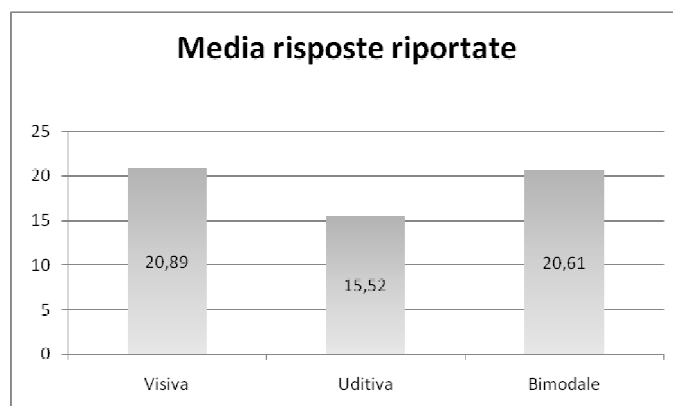


Figura 3.4. Esperimento 2: accuratezza nel compito di conteggio nelle tre condizioni sperimentali.

Il numero corretto di rimbalzi era 21.

Per quanto riguarda invece le parti in cui è stato suddiviso il filmato le analisi non hanno mostrato nessuna significatività.

3.3.6 Discussione

Lo scopo principale di questo secondo esperimento era valutare la plausibilità dell'ipotesi secondo cui la causa della scarsa accuratezza e dell'esiguo effetto di sordità da disattenzione del primo esperimento fosse lo stimolo inatteso, saliente a tal punto da catturare l'attenzione su di sé e distoglierla dal compito primario di conteggio.

L'analisi effettuata sull'accuratezza suddividendo il filmato in tre parti ha permesso di sconfutare questa ipotesi, mostrando che questa non subisce significative deflessioni nel tratto in cui la ragazza è presente nel filmato.

È così da escludere l'ipotesi secondo cui la mancanza di effetto del primo esperimento sia ascrivibile al fatto che, nel momento in cui la ragazza attraversava la scena, l'attenzione dei soggetti fosse in realtà concentrata su di essa.

A fianco di questo risultato, in questo secondo esperimento, contrariamente alle aspettative, è stato trovato un aumento notevole dell'effetto di sordità da disattenzione, praticamente inesistente nel primo esperimento (18%), ora presente in quasi la metà dei soggetti (45%).

Una plausibile spiegazione potrebbe risiedere nel fatto che la barra spaziatrice, unica modifica rispetto all'esperimento precedente, abbia consentito ai soggetti di focalizzarsi maggiormente sul compito primario che, come dimostra l'accuratezza, rimane comunque più difficile rispetto alle altre due condizioni.

Altra possibile spiegazione potrebbe essere che l'aggiunta di un compito estraneo al compito primario abbia aspecificatamente assorbito risorse attentive, abbassando la probabilità di percepire lo stimolo inatteso.

La pressione della barra non ha al contrario avuto nessun effetto significativo né sull'accuratezza né sugli effetti da disattenzione nelle altre due condizioni, già svolte senza difficoltà.

Per quanto riguarda la condizione bimodale il pattern di risultati è invariato rispetto agli esperimenti precedenti: la percentuale di partecipanti che rilevano lo stimolo inatteso in modalità visiva rimane infatti praticamente invariata (dal 52% al 49%) mentre in modalità uditiva dimezza (dal 55% al 26%).

Alla luce delle analisi effettuate, analogamente ai risultati dell'esperimento precedente, si può affermare che lo stimolo inatteso uditivo, saliente al punto da impedire il pieno manifestarsi dell'effetto disattenzionale nella condizione unimodale, sembra perdere questa peculiarità nel caso in cui i partecipanti abbiano avuto la possibilità di sfruttare la componente visiva.

Potrebbe poi darsi che l'assenza del fenomeno non sia stata dovuta alla salienza dello stimolo inatteso ma a caratteristiche legate al compito in modalità uditiva.

Quale che sia il caso, il risultato che la SD si manifesti nel caso in cui il compito primario possa essere svolto con il contributo della modalità visiva, depone ancora di più a favore dell'ipotesi secondo cui il magazzino attenzionale debba considerarsi amodale.

Sembra così plausibile che possa esistere un unico magazzino attenzionale; due meccanismi distinti potrebbero poi operare allo stesso momento per prelevare risorse da questo magazzino: uno di alto livello, messo in opera dal soggetto, che consapevolmente decide di impegnarsi nello svolgimento del compito primario,

impiegando una parte delle risorse. Il secondo meccanismo potrebbe essere inconsapevole ed inevitabile: lo stimolo inatteso, data la sua salienza, attirerebbe automaticamente le risorse lasciate libere dal compito. Nel caso in queste siano sufficienti per consentirne il rilevamento, l'effetto di CD non avrà luogo; in caso contrario, il soggetto rimarrà cieco allo stimolo inatteso.

Questa ipotesi e soprattutto i risultati ottenuti fin qui sono assolutamente in linea con la teoria del carico percettivo di Nilli Lavie esposta precedentemente nel secondo capitolo (Lavie, 1995). Nell'esperimento da questa effettuato in cui veniva indagato il legame tra il fenomeno di cecità da disattenzione e il carico percettivo, si assisteva ad una modulazione di tale effetto in dipendenza del carico percettivo del compito primario.

In analogia a questi risultati si può notare come l'aggiunta della pressione della barra spaziatrice abbia modulato la quantità di effetto da disattenzione in una maniera sovrapponibile: nel primo esperimento, nella condizione unimodale uditiva, in cui i soggetti dovevano effettuare solamente il compito di conteggio, abbiamo assistito ad un limitato effetto di sordità da disattenzione. Nelle condizioni bimodali (expp 1 e 2) o nel caso in cui ai soggetti veniva chiesto di premere la barra spaziatrice (exp 2), al contrario, l'effetto aumentava significativamente.

L'aggiunta della modalità visiva per l'esecuzione del compito dà modo alla SD di manifestarsi in ogni esperimento. Ciò probabilmente perché è più efficace per caricare il magazzino attenzionale dal momento che, come dimostrato dalla condizione unimodale visiva, i soggetti hanno una prestazione migliore se hanno la possibilità di usare anche questa modalità sensoriale. È da notare come questi risultati replichino appieno quelli ottenuti da Bressan e collaboratori (Bressan & Pizzighello, 2008; Pizzighello & Bressan, 2008).

In conclusione i nostri dati sembrano suggerire che il magazzino attenzionale non debba solamente essere considerato unico all'interno delle modalità ma addirittura aspecifico.

3.4 Esperimento tre

L'esperimento precedente non ha fornito nessun indizio sul motivo per il quale il compito uditivo risulterebbe significativamente più difficile dello stesso compito effettuato in modalità visiva. L'aggiunta della richiesta della pressione della barra spaziatrice ha tuttavia causato, a fronte di un'accuratezza costantemente bassa, un significativo aumento dell'effetto da disattenzione. Ciò indurrebbe a pensare che le due componenti, accuratezza ed effetto da disattenzione, siano in realtà sottesi da due meccanismi separati ed indipendenti e come fosse in definitiva fuorviante cercare un'unica ragione che spiegasse il motivo della scarsa accuratezza e dello scarso effetto di sordità da disattenzione.

In particolare, la pressione della barra spaziatrice potrebbe aver aumentato l'effetto a causa del maggior carico sul magazzino attenzionale ma non avrebbe provocato nessun'alterazione all'accuratezza dal momento che il compito richiesto di conteggio rimane invariato. Ciò che renderebbe il compito uditivo più difficile di quello visivo potrebbe essere da una parte una richiesta gravosa sull'attenzione selettiva uditiva, necessaria per la discriminazione dei suoni delle due palline e dall'altra una richiesta sulla memoria di lavoro, necessaria a mantenere traccia delle palline durante lo svolgimento della traccia sonora. Entrambe sarebbero assenti o per lo meno molto meno gravose nel compito svolto in modalità visiva; la prima per una maggiore abilità di utilizzo dell'attenzione in modalità visiva e per

una maggior efficienza dei sistemi di localizzazione del sistema visivo rispetto a quello uditivo; la seconda perché in modalità visiva, durante lo svolgimento del filmato, il soggetto ha la possibilità di vedere le palline in ogni istante, non solo di percepirne i rimbalzi. In questo modo l'unico carico sulla memoria di lavoro è rappresentato dal conteggio dei rimbalzi e non dalla localizzazione delle palline, cosa invece necessaria in modalità uditiva.

Al di là di questa premessa, la motivazione principale del terzo esperimento deriva dal fatto che la discussione riguardante la sordità da disattenzione perde valore nel momento in cui lo stimolo inatteso non è solamente uditivo ma bimodale, come negli esperimenti effettuati fino adesso. Per questa ragione nel terzo esperimento, a fronte del compito primario mantenuto nella sua forma originale bimodale, lo stimolo inatteso utilizzato nella condizione bimodale era costituito esclusivamente da un suono.

L'utilizzo di uno stimolo inatteso unimodale permette inoltre di fornire chiarimenti sul motivo dell'aumento della SD nella condizione bimodale rispetto a quella unimodale. Se infatti, in analogia ai dati ottenuti da Santangelo e Spence (2007), ad essere cruciale per la detezione dello stimolo inatteso è proprio la sua bimodalità, avremmo dovuto assistere ad un aumento del fenomeno di SD nella condizione bimodale; se ad essere invece determinante fosse la bimodalità del compito primario, in analogia ai dati di Bressan (2008), si sarebbe dovuto attendere l'assenza di qualsiasi differenza rispetto ai dati precedenti, dal momento che il compito primario continua ad essere bimodale, invariato rispetto agli altri esperimenti.

Infine, dal momento che l'accuratezza bassa del compito uditivo potrebbe essere dovuta semplicemente ad un artefatto del filmato (due rimbalzi erano

temporalmente sovrapposti e di conseguenza scarsamente distinguibili) è stata scelta un'altra parte del filmato, cercando di evitare artefatti. Questa modifica è stata inoltre dettata da motivi tecnici: per sovrapporre il suono (stimolo inatteso) alla condizione bimodale è stato infatti inevitabile scegliere una parte di filmato in cui fossero presenti solamente i quattro giocatori.

3.4.1 Partecipanti

129 soggetti volontari, suddivisi in quattro differenti gruppi (gruppo uditivo senza la richiesta della pressione della barra spaziatrice: 32; gruppo uditivo con la richiesta della pressione della barra spaziatrice: 32; gruppo bimodale senza la richiesta della pressione della barra spaziatrice: 32; gruppo bimodale con la richiesta della pressione della barra spaziatrice: 33) hanno partecipato all'esperimento. Tutti avevano vista normale o corretta alla normalità e hanno riferito di avere una percezione uditiva nella norma.

Quattro soggetti sono stati esclusi dall'analisi (due appartenenti al gruppo bimodale senza barra e due del gruppo uditivo senza barra) a causa della scarsa accuratezza nel compito primario (al di sotto delle due deviazioni standard).

3.4.2 Materiali

Il filmato utilizzato in questo esperimento era del tutto analogo a quello usato nell'esperimento precedente, con la differenza che la componente video raffigurava esclusivamente i quattro giocatori. Non compariva nessuna ragazza.

I giocatori sono stati filmati in condizioni naturali, sia perciò con la componente audio che video.

A differenza del filmato degli esperimenti precedenti, lo stimolo inatteso era composto esclusivamente dal suono, sempre prodotto da un giocattolo per neonato tenuto nella mano destra di una ragazza che attraversa lo spazio di gioco da destra verso sinistra.



Figura 3.5 Esperimento 3: Esempio di un fotogramma del filmato. Due coppie di giocatori stanno giocando a racchette senza alcuno stimolo inatteso.

Come si può notare dalla figura 3.5, i quattro giocatori, la scena e l'ambiente registrati erano assolutamente identici al filmato usato in precedenza. Per questo terzo esperimento è stato infatti semplicemente scelto un differente frammento di un unico filmato originale, lo stesso realizzato per gli esperimenti precedenti.

In dettaglio, il frammento di filmato utilizzato aveva durata di 23 secondi e l'area di gioco, come nel caso precedente era la parte anteriore di un'aula universitaria, di dimensioni 3x4,20 metri. Sullo sfondo era presente una lavagna.

La scena è stata ripresa con una videocamera (Sony Handycam dcr – hc14e pal) e l'audio è stato registrato con una tecnica di registrazione binaurale con due microfoni omnidirezionali SP-TFB-2 Sound Professional.

Per la creazione dello stimolo inatteso è stata registrata la traccia uditiva di una ragazza che, analogamente agli esperimenti precedenti, attraversava l'aula da destra verso sinistra impiegando un tempo di 8 secondi, premendo un giocattolo da neonato nella sua mano destra. Questo suono è stato poi sovrapposto digitalmente al filmato al sesto secondo. Per la registrazione della traccia audio sono stati utilizzati gli stessi microfoni auricolari interfacciati con la stessa telecamera utilizzata per la registrazione del filmato. La sovrapposizione delle due tracce è stata effettuata utilizzando il software Adobe Premiere 1.5 (© 1991-2004 Adobe Systems Incorporated).

Per la presentazione visiva ed uditiva è stato utilizzato il software Prentation 9.0.

3.4.3 Procedura

Come nell'esperimento precedente i soggetti erano posti di fronte allo schermo di un computer ed avevano modo di vedere il filmato che raffigurava le due squadre che giocavano in cerchio con delle racchette da spiaggia. Come negli esperimenti precedenti, il compito dei soggetti era quello di contare e tenere a mente il numero di passaggi effettuati dalla squadra che utilizzava la pallina arancione. A metà dei soggetti era inoltre richiesto di premere la barra spaziatrice in corrispondenza di ogni rimbalzo.

In ciascuna delle condizioni sperimentali, i soggetti venivano sottoposti ad una sessione pratica, che consentiva l'abituazione alla discriminazione delle palline e dei loro suoni.

Dopo la presentazione del filmato, come negli esperimenti precedenti, si rivolgeva al soggetto una prima domanda completamente generica ed aspecifica: "è

successo qualcosa di strano nel video?"; ad una risposta negativa dell'osservatore si continuava ponendo una seconda domanda più specifica: "hai visto altro oltre i quattro giocatori in campo?". Nella modalità uditiva la domanda era analoga: "hai sentito altro oltre il suono delle due palline?". In caso di risposta affermativa, se i partecipanti non avevano ancora autonomamente riferito una descrizione dello stimolo non previsto, si chiedeva loro di descriverlo. Nella condizione bimodale si iniziava dalla domanda generica "è successo qualcosa di strano nel video?" per poi passare ad una seconda domanda generica, riferita all'audio e anche al video, per concludere con le due domande specifiche per le singole modalità.

Poiché ogni soggetto ha risposto alla prima domanda basandosi esclusivamente sulla modalità visiva una seconda domanda, generica, era enfatizzata sull'udito, per poi passare alle due domande specifiche.

Sebbene in questo esperimento non fosse presente nessuno stimolo inatteso visivo è stata comunque posta la domanda riferita alla modalità visiva, come controllo.

Le condizioni sperimentali, considerando l'assenza dello stimolo inatteso in modalità visiva, erano quattro: uditiva con la richiesta della pressione della barra spaziatrice; uditiva con la sola richiesta del conteggio dei passaggi; bimodale con la barra spaziatrice; bimodale senza barra spaziatrice.

Come usuale, un gruppo sperimentale diverso partecipava ad una sola delle condizioni sperimentali ed ogni sessione sperimentale durava poco più di 5 minuti.

3.4.4 Analisi statistiche

Le analisi statistiche effettuate sono analoghe a quelle sin qui utilizzate (χ^2 e test di McNemar per le risposte alle domande; ANOVA per l'accuratezza). In aggiunta, è stata effettuata un'analisi per valutare eventuali differenze con i risultati trovati negli esperimenti precedenti. Dal momento che in tutti e tre gli esperimenti ogni soggetto partecipava ad una sola condizione (Disegno sperimentale *between subjects*) e la variabile dipendente misurata era identica in ogni esperimento (risposta Sì/no), è stata effettuata un'analisi globale del χ^2 su tutte le condizioni (tre nel primo esperimento, tre nel secondo e quattro nel terzo).

3.4.5 Risultati

Domanda Condizione	Uditiva senza barra	Uditiva con la barra	Bimodale senza barra		Bimodale con la barra	
			Uditiva	Entrambe	Uditiva	Entrambe
Prima, aspecifica (SI)	22(73%)	18(56%)	5(17%)	7(23%)	9(27%)	4(12%)
Seconda, specifico (SI)	23(77%)	17(53%)	12(40%)	0(0%)	14(42%)	0(0%)
Totale soggetti	30	32	30		33	

Tabella 3.3 Esperimento 3: frequenza e percentuale (tra parentesi) di soggetti che hanno risposto di aver percepito uno stimolo inatteso a ciascuna delle due domande nelle quattro condizioni. Nella condizione bimodale, sono mostrati separatamente i soggetti che hanno percepito lo stimolo inatteso nelle modalità uditiva o in entrambe. L'ultima riga mostra il totale dei soggetti che hanno partecipato a ciascuna condizione. La risposta alla prima e alla seconda domanda non sono relate.

La tabella 3.3 e i grafici raffigurati in figura 3.6 mostrano il numero e la percentuale di soggetti che ha percepito lo stimolo inatteso valutato attraverso la prima domanda, aspecifica e la seconda, specifica. In totale, su 125 partecipanti, il 41,6% (52 soggetti) ha riferito la presenza dello stimolo sonoro (unico stimolo inatteso) mentre il 58,4% (73 soggetti) lo ha ignorato.

Per quanto riguarda le risposte alla prima domanda, aspecifica, il test del Chi Quadro ha mostrato una differenza statisticamente significativa tra le seguenti proporzioni:

- 1- Condizione uditiva senza barra vs condizione bimodale senza barra - domanda aspecifica (Rispettivamente 73% e 27%; $\chi^2_{(1)}=13,0667$; $p=0,0003$);
- 2- Condizione uditiva con la barra spaziatrice vs condizione bimodale con la barra – domanda aspecifica (Rispettivamente 56% e 12%; $\chi^2_{(1)}=14,1296$; $p=0,0002$);
- 3- Condizione uditiva senza barra vs condizione bimodale senza barra – domanda uditiva (Rispettivamente 73% e 40%; $\chi^2_{(1)}=6,7873$; $p=0,0092$);

Nessun'altra differenza ha raggiunto la significatività.

Per la seconda domanda le analisi hanno mostrato una differenza significativa tra le seguenti proporzioni:

- 1- Condizione uditiva senza barra vs condizione bimodale senza barra - domanda uditiva (Rispettivamente 77% e 40%; $\chi^2_{(1)}=8,2971$; $p=0,0040$);
- 2- Condizione bimodale senza barra – domanda visiva vs condizione uditiva senza barra (Rispettivamente 0% e 77%; $\chi^2_{(1)}=37,2973$; $p<0,0001$);

3- Condizione bimodale con la barra – domanda visiva vs condizione uditiva con la richiesta della pressione della barra spaziatrice (Rispettivamente 0% e 53%; $\chi^2_{(1)}=23,7402$; $p<0,0001$).

La proporzione di risposte tra la condizione uditiva con la barra spaziatrice e senza barra spaziatrice ha poi rasentato la significatività (Rispettivamente 52% e 77%; $\chi^2_{(1)}=3,7485$; $p=0,0529$).

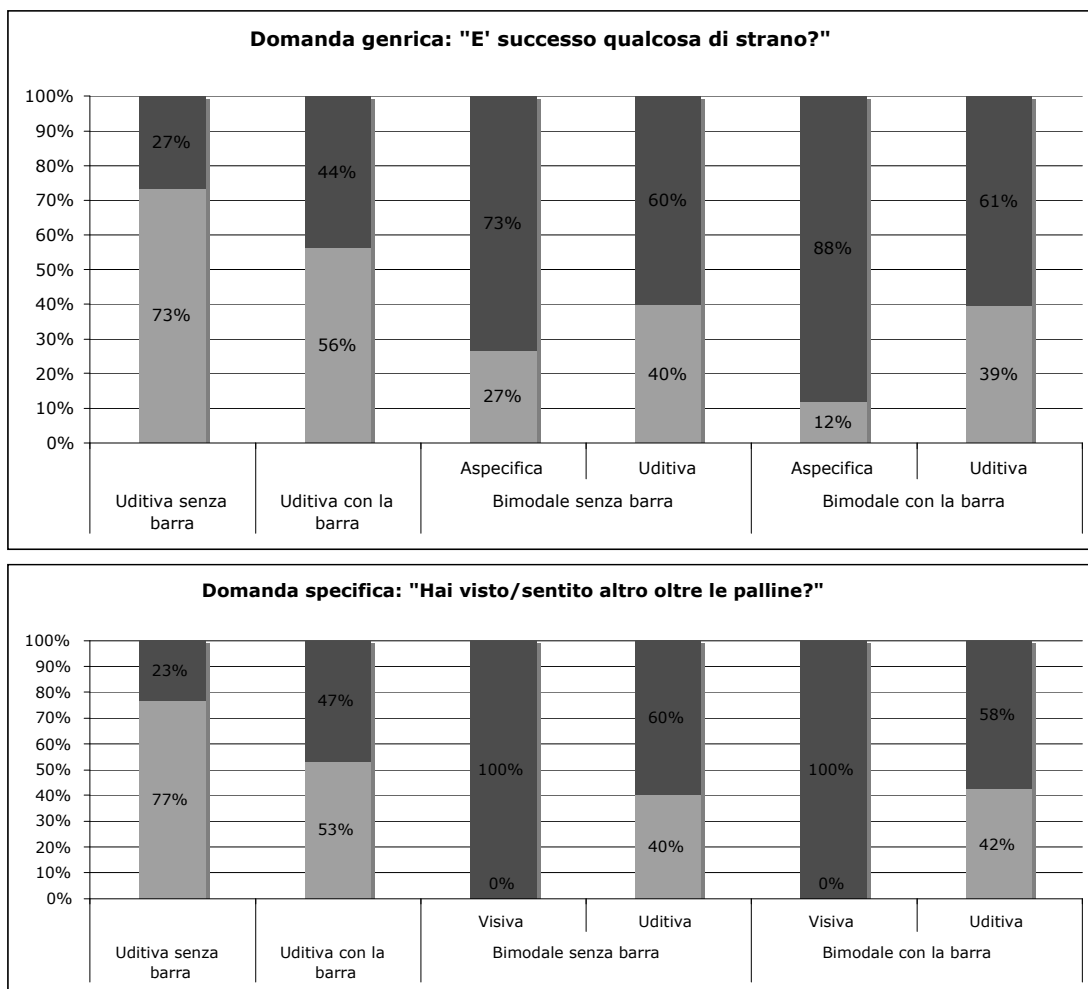


Figura 3.6 Esperimento 3: risposte affermative (parte inferiore della barra) e negative (parte superiore della barra) riferite dai soggetti alla domanda generica (grafico in alto) o specifica (grafico in basso). Tutte le condizioni sono rappresentate sull'asse delle ascisse.

Per quanto riguarda il confronto con gli esperimenti precedenti, nessuna differenza ha raggiunto la significatività statistica. La figura 3.7 rappresenta le risposte dei

125 soggetti ad ognuna delle 6 condizioni dell'esperimento raffrontate agli esperimenti precedenti.

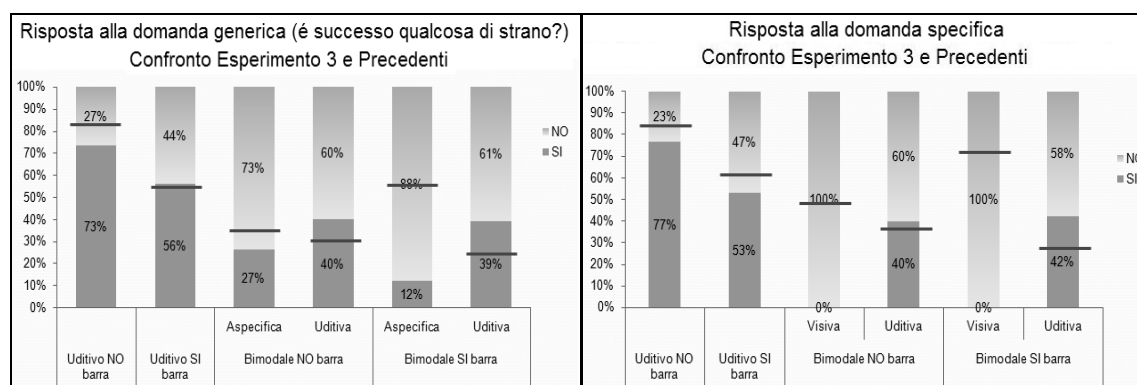


Figura 3.7. Esperimento 3: risposte affermative (parte inferiore della barra) e negative (parte superiore della barra) riferite dai soggetti alla domanda generica (grafico in alto) o specifica (grafico in basso). Tutte le condizioni facenti parte dell'esperimento tre sono rappresentate sull'asse delle ascisse. Sovrapposta a ciascuna barra è rappresentata, tramite una linea, la percentuale di soggetti che ha risposto affermativamente alla domanda negli esperimenti precedenti.

L'analisi della varianza a una via (figura 3.8) effettuata sull'accuratezza ha mostrato la significatività del fattore principale della condizione ($F=20,838$; $p=0,000000$). I confronti *post-hoc* (Duncan) hanno mostrato che la modalità uditiva con la richiesta della pressione della barra spaziatrice differisce significativamente da tutte le altre condizioni (condizione bimodale senza barra: $p=0,00003$; condizione bimodale con la barra spaziatrice: $p=0,000011$; condizione uditiva senza la barra spaziatrice: $p=0,000009$). La prestazione al compito in modalità uditiva senza la richiesta della pressione spaziatrice differisce infine significativamente dalla condizione bimodale senza la richiesta della pressione della barra ($p=0.042604$).

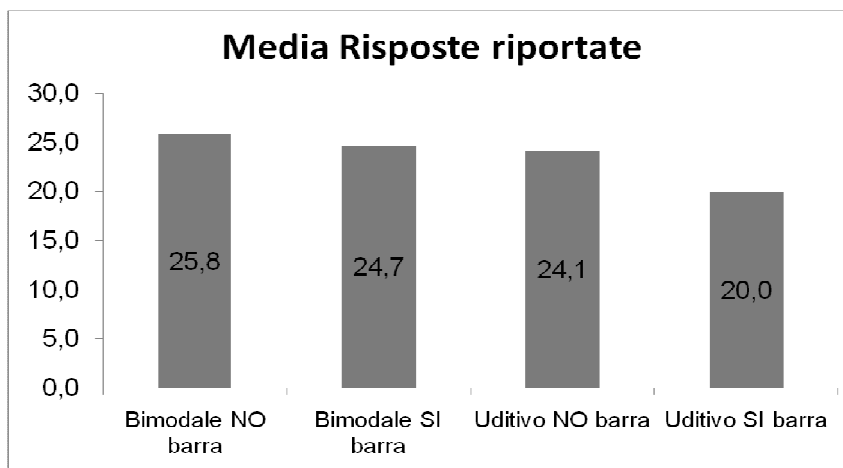


Figura 3.8. Esperimento 3: accuratezza nel compito di conteggio. Il numero corretto di rimbalzi era 26.

3.4.6 Discussione

Gli scopi di questo terzo esperimento erano due: prima di tutto indagare se e quali modificazioni avrebbe subito il fenomeno della SD nel caso in cui nella condizione bimodale lo stimolo inaspettato fosse stato non più bimodale ma solamente uditivo; scegliendo un differente pezzo di un identico filmato originale, si è voluto poi indagare se la scarsa accuratezza nel compito uditivo potesse essere ascrivibile ad un artefatto del filmato usato in precedenza o all'effettiva maggiore difficoltà del compito di conteggio svolto in modalità uditiva.

Per quanto riguarda la risposta alla prima domanda, i risultati hanno mostrato l'assoluta assenza di differenza tra questa variante dell'esperimento e le versioni precedenti (tralasciando il risultato della domanda visiva che è stata sottoposta ai soggetti solo per controllo).

Riprendendo le due previsioni fatte nell'introduzione a questo esperimento, i dati sembrano confermare il risultato ottenuto dal gruppo di Bressan e collaboratori

(Bressan & Pizzighello, 2008; Pizzighello & Bressan, 2008) in cui veniva sottolineato come ad essere determinante per l'effetto da disattenzione fosse la difficoltà del compito primario. Inoltre i nostri dati come i loro sembrano sottolineare che per la manifestazione dell'effetto disattentivo non sia necessario che il carico attentivo del compito primario sia della stessa modalità dello stimolo inatteso. Nel loro caso infatti l'aggiunta della componente uditiva ad un compito visivo provocava l'aumento della Cecità da disattenzione (Mack & Rock, 1998); nel nostro l'aggiunta della componente visiva ad un compito uditivo provoca la Sordità da disattenzione.

Questo risultato, già presente nel secondo esperimento, era confuso dal fatto che lo stimolo inatteso fosse bimodale e non solamente uditivo. In questo modo, come dimostrano Santangelo e Spence (2007) o l'effetto superadditivo della percezione (Talsma et al., 2007) poteva essere possibile che a modificare la cecità da disattenzione nella condizione bimodale fossero in realtà le caratteristiche intrinseche dello stimolo irrilevante bimodale. Quest'ultimo esperimento, grazie alla manipolazione effettuata sullo stimolo inatteso, disambigua il risultato trovato nel secondo esperimento, chiarendo che ad essere determinante è in definitiva il compito primario di conteggio delle palline.

Per quanto riguarda invece la risposta alla seconda domanda, riguardante l'accuratezza, i dati hanno mostrato che la scelta di un differente blocco di filmato, libero da artefatti, ha effettivamente livellato la media delle risposte dei soggetti nelle differenti condizioni, mostrando però come il compito in modalità uditiva rimanga in ogni caso più difficile da svolgere. In questo esperimento si può però notare come la richiesta della barra spaziatrice provochi un costo sia in termini di

accuratezza che di effetto disattenzionale, riaprendo la discussione a questo riguardo.

Il discorso rimane perciò aperto e sottolinea l'importanza di come ulteriori esperimenti debbano essere svolti per approfondire questo tema.

3.5 Discussione generale

Il motore principale che ha spinto alla creazione di questi esperimenti era la ricerca della possibile esistenza di un corrispondente uditivo della Cecità da disattenzione, Sordità da disattenzione. Anche e soprattutto alla luce dei risultati dell'ultimo esperimento si può affermare che uno stimolo saliente può essere ignorato se non atteso, indipendentemente dalla modalità di presentazione; manifestatosi poco nella condizione più simile al paradigma di sguardo selettivo, in cui sia il compito primario che lo stimolo irrilevante sono nella stessa modalità sensoriale (paradigma di ascolto selettivo), diventa simile alla CD nel caso in cui al compito primario venga aggiunta la modalità visiva. Risultato originale, un effetto analogo di aumento di SD si manifesta quando nel compito primario venga aggiunta la richiesta della pressione della barra spaziatrice.

Riassumendo, la sordità da disattenzione, molto bassa nella condizione in cui i soggetti debbano svolgere il compito solo in modalità uditiva diventa paragonabile alla cecità da disattenzione nel caso in cui al compito primario venga aggiunta una componente motoria o visiva. Questo effetto si dimostra poi essere stabile, essendo stato replicato in tutti gli esperimenti effettuati.

I tre esperimenti svolti ed i risultati ottenuti potrebbero essere letti in analogia alla teoria del carico percettivo di Nilli Lavie. Questa teoria, ampiamente descritta nel

primo capitolo, sostiene che la focalizzazione dell'attenzione su un compito impedirebbe la percezione di stimoli irrilevanti se, e solo se, questo richieda un elevato livello di elaborazione percettiva che consumerebbe per il suo svolgimento tutte le risorse attentive disponibili. A dimostrazione di ciò, l'autrice ha modificato il compito classico della croce di Mack e Rock (Mack & Rock, 1998) ed ha variato il livello di carico percettivo evidenziando un cambiamento della quantità di effetto disattentivo (Lavie, 2005).

Nel caso della presente ricerca si potrebbe leggere l'aggiunta della richiesta della pressione della barra spaziatrice e la condizione bimodale come condizioni in cui il sistema attentivo viene maggiormente caricato rispetto alla condizione in cui i soggetti devono svolgere il compito sfruttando la sola modalità uditiva. In quest'ultimo caso, per diverse ragioni (compito troppo difficile o carico eccessivo sulla memoria di lavoro) il compito primario, sebbene più difficile, risulta essere paradossalmente poco caricante; l'aggiunta della barra spaziatrice e della modalità visiva potrebbero invece portare ad un aumento del carico sul sistema attentivo, provocando l'atteso aumento dell'effetto da disattenzione.

Questi risultati mostrano perciò chiaramente, in maniera originale ed ecologica rispetto al modello di Lavie, come ad essere importante non sia solamente il carico percettivo ma qualsiasi tipo di carico "cognitivo".

Questa sembra essere la dimostrazione chiara di come il magazzino attenzionale debba essere considerato, in via definitiva, non solamente amodale, ma persino aspecifico.

Per quanto riguarda poi il meccanismo di azione che sta alla base del manifestarsi del fenomeno da disattenzione, si può ipotizzare (In analogia con la teoria del

carico percettivo) che due meccanismi operino in maniera seriale: il primo avrebbe una natura volontaria, ed il secondo sarebbe invece automatico.

Il primo meccanismo consentirebbe al soggetto di utilizzare le risorse necessarie per lo svolgimento del compito al meglio; una volta che tutte le risorse necessarie sono state impegnate, un meccanismo inevitabile ed involontario farebbe in modo che lo stimolo irrilevante acquisisca la quantità residua di attenzione. Nel caso che questa sia sufficiente per la detezione dello stimolo inatteso, il soggetto sarà in grado di riconoscere lo stimolo irrilevante; nel caso invece in cui questa non basti, il fenomeno da disattenzione avrà modo di manifestarsi. La figura 3.9 illustra il possibile meccanismo appena esposto.

Alla luce di ciò che è appena stato detto, nel nostro caso, il compito primario in modalità uditiva impegnerebbe una quantità limitata di risorse attentive, lasciando a disposizione del rilevamento del suono inatteso una quantità di risorse sufficiente alla sua detezione. Nel caso in cui si aggiunga la richiesta della pressione della barra spaziatrice o nel caso in cui si possa usufruire della modalità visiva, la quantità di risorse residue disponibili per lo stimolo irrilevante risultano essere più limitate, causando un aumento significativo dell'effetto di Sordità da disattenzione.

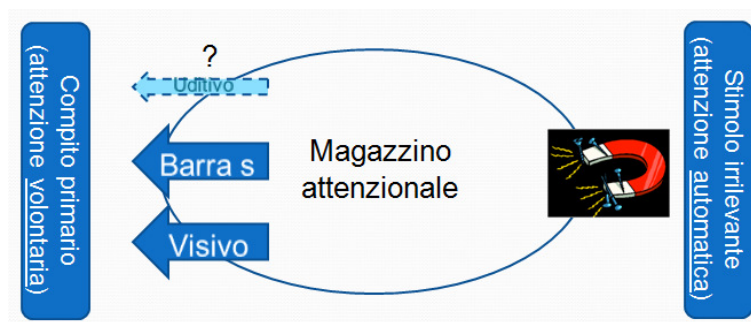


Figura 3.9 Rappresentazione del possibile meccanismo d'azione alla base del fenomeno da disattenzione. Una componente volontaria (a sinistra) impegna una certa quantità di attenzione, in

base alle richieste del compito primario; una seconda componente, automatica, (a destra) sfrutta la quantità residua di attenzione per la detezione dello stimolo inaspettato.

Per quanto riguarda poi il motivo per il quale il compito uditivo non riesca ad impegnare molta parte delle risorse attentive ed in definitiva a far manifestare il fenomeno di SD, come già esposto nella discussione del primo esperimento, si potrebbe ipotizzare che sia troppo difficile. In questo caso i soggetti potrebbero aver rinunciato a portare a termine il compito e di conseguenza aver lasciato tutte le risorse a disposizione per il rilevamento dello stimolo inatteso. In alternativa si potrebbe ipotizzare che la natura della stimolazione uditiva discreta e non continua come quella visiva, abbia reso possibile la creazione di “sacche di vuoto”, compatibili con il risultato di lasciare più attenzione residua disponibile. Una terza ipotesi per spiegare la scarsa sordità da disattenzione nella condizione uditiva potrebbe essere legata al fatto che per poter svolgere il compito in questa modalità sarebbe richiesta molta più memoria di lavoro. In questo caso infatti i soggetti, oltre che tenere il conto dei passaggi, devono anche tenere traccia del movimento delle palline nel corso dello svolgimento del filmato. A differenza del filmato in modalità visiva infatti, in cui il soggetto vede in ogni momento il tragitto della pallina e può anche anticipare il rimbalzo, nella traccia audio ha solo la possibilità di sentire il rimbalzo senza nessun indizio circa il tempo in cui questo avverrà.

Questo maggior carico sulla memoria di lavoro è associato ad una sordità da disattenzione estremamente bassa. Questi risultati sono in linea con i risultati di uno studio (de Fockert et al., 2001), descritto nel primo capitolo, in cui, a variare non era il carico percettivo ma il carico della memoria di lavoro, sempre nell’ottica della teoria del carico percettivo di Lavie. (Lavie, 1995) I risultati mostravano

come, contro intuitivamente, una maggiore difficoltà in termini di memoria di lavoro del compito primario provocasse una maggiore interferenza da parte dei distrattori mentre un compito con basso carico in memoria di lavoro provocasse una minore interferenza.

Nel caso del nostro esperimento, nel compito uditivo, il maggior carico sulla memoria di lavoro si tradurrebbe in una minore sordità da disattenzione, evidenza di una maggiore interferenza esercitata dagli stimoli irrilevanti.

A conclusione si possono evidenziare alcuni spunti di riflessione, non trattati estesamente ma fonte di assoluto interesse: per prima cosa, partendo dai dati esposti nel paragrafo 1.4, si potrebbero considerare i fenomeni da disattenzione osservati non come l'effetto dell'assorbimento dell'attenzione residua da parte dello stimolo irrilevante ma come il risultato del filtraggio operato sugli stimoli inattesi.

Inoltre, altro elemento molto interessante da notare è come, seppur nella condizione unimodale la SD fosse molto scarsa, nella condizione bimodale alcuni soggetti abbiano rilevato lo stimolo inatteso in modalità uditiva ma non visiva, dimostrando la non assoluta predominanza di questa modalità sensoriale. Una possibile interpretazione di questo risultato potrebbe essere in termini di differenze individuali ma ulteriori studi sono indispensabili.

3.6 Conclusioni

Il risultato più originale a cui è stato possibile giungere grazie a questa serie di esperimenti è che il funzionamento del magazzino attenzionale debba essere considerato, in definitiva, non solo amodale ma aspecifico.

Ciò spinge ad una serie di considerazioni molto importanti. Basti pensare alla guida di un autoveicolo; i nostri dati sembrano suggerire come una semplice telefonata o l'ascolto dell'autoradio possano risultare inaspettatamente distraenti. Ancora più importante, i risultati di questa ricerca suggeriscono come qualsiasi azione di carattere motorio non strettamente inerente con le manovre di guida (come ad esempio prendere un oggetto dalla borsa) possa causare il decremento dell'attenzione necessaria ad evitare qualsiasi pericolo, inatteso ma di vitale importanza, come ad esempio un pedone che attraversa la strada oppure la sirena di un'ambulanza che ci avvisa del suo arrivo.

Come auspicio per il futuro e norma di comportamento generale, lo studio di questi fenomeni deve chiarire il funzionamento dell'attenzione ed il motivo per cui, in certe condizioni, questa può fallire. Una volta chiarito questo aspetto, le conoscenze acquisite potranno permetterne un utilizzo applicativo oltre che teorico; questa conoscenza deve essere usata per evitare che, per esempio, alla guida di un autoveicolo o di qualsiasi altro mezzo di trasporto, incidenti evitabili possano accadere.

BIBLIOGRAFIA

Alkhateeb, W. F., Morris, R. J., & Ruddock, K. H. (1990). Effects of stimulus complexity on simple spatial discriminations. *Spatial Vision*, 5(2), 129-141.

Balz, G. W., & Hock, H. S. (1997). The effect of attentional spread on spatial resolution. *Vision Res*, 37(11), 1499-1510.

Becklen, R., & Cervone, D. (1983). Selective looking and the noticing of unexpected events. *Mem Cognit*, 11(6), 601-608.

Berman, R. A., & Colby, C. L. (2002). Auditory and visual attention modulate motion processing in area MT+. *Brain Res Cogn Brain Res*, 14(1), 64-74.

Bressan, P., & Pizzighello, S. (2008). The attentional cost of inattentional blindness. *Cognition*, 106(1), 370-383.

Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. Oxford: Oxford University Press.

Bundesen, C., & Pedersen, L. F. (1983). Color segregation and visual search. *Perception and Psychophysics*, 33, 487-493.

Carter, R. C. (1982). Visual search with color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8(1), 127- 136.

Cartwright-Finch, U., & Lavie, N. (2007). The role of perceptual load in inattentive blindness. *Cognition*, 102(3), 321-340.

Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and with two ears. *Journal of Acoustical Society of America*, 25, 975 – 979.

Corbetta, M., Kincade, J. M., Ollinger, J. M., McAvoy, M. P., & Shulman, G. L. (2000). Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. *Nat Neurosci*, 3(3), 292-297.

Corteen, R. S., & Dunn, D. (1974). Shock-associated words in a non attended message: A test for momentary awareness. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 1143 – 1144.

Dalton, P., Lavie, N., & Spence, C. (2009). The role of working memory in tactile selective attention. *Q J Exp Psychol (Colchester)*, 62(4), 635-644.

de Fockert, J. W., Rees, G., Frith, C. D., & Lavie, N. (2001). The role of working memory in visual selective attention. *Science*, 291(5509), 1803-1806.

Dehaene, S. (1989). Discriminability and dimensionality effects in visual search for featural conjunctions: a functional pop-out. *Perception & Psychophysics*, 46(1), 72-80.

Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 87, 272 - 300.

Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 501 - 517.

Duncan, J., Martens, S., & Ward, R. (1997). Restricted attentional capacity within but not between sensory modalities. *Nature*, 387(6635), 808-810.

Egeth, H. E., Virzi, R. A., & Garbart, H. (1984). Searching for conjunctively defined targets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 32-39.

Egeth, H. E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: control, representation, and time course. *Annu Rev Psychol*, 48, 269-297.

Egely, R., Driver, J., & Rafal, R. (1994). Shifting visual attention between object and locations. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 161 - 177.

Eramudugolla, R., Irvine, D. R. F., McAnally, K. I., Martin, R. L., & Mattingley, J. B. (2005). Directed attention eliminates "change deafness" in complex auditory scenes. *Current Biology*, 15, 1108 - 1113.

Eriksen, B. A., & W., E. C. (1974). Effects of noise letters on identification of a target letter in a non search task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143 - 149.

Eriksen, C. W., & Hoffman, J. E. (1972). Temporal and spatial characteristics of selective encoding from visual displays. *Perception & Psychophysics*, 12, 201 - 204.

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., & Yeh, Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *11*, 583 - 597.

Foster, D. H. (1983). Visual discrimination, categorical identification, and categorical rating in brief displays of curved lines: implications for discrete encoding processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *9*(5), 785-806.

Foster, D. H., & Ward, P. A. (1991). Asymmetries in oriented-line detection indicate two orthogonal filters in early vision. *Proceedings of the Royal Society (London B)*, *243*, 75-81.

Francolini, C. M., & Egeth, H. E. (1980). On the non-automaticity of "automatic" activation: Evidence of selecting seeing. *Perception & Psychophysics*, *27*, 331 - 342.

Hochstein, S., & Ahissar, M. (2002). View from the top: hierarchies and reverse hierarchies in the visual system. *Neuron*, *36*(5), 791-804.

Hock, H. S., Balz, G. W., & Smollon, W. (1998). Attentional control of spatial scale: effects on self-organized motion patterns. *Vision Res*, *38*(23), 3743-3758.

Hoffman, J. E. (1979). A two-stage model of visual search. *Perception and Psychophysics*, *25*, 319-327.

Houghton, R. J., Macken, W. J., & Jones, D. M. (2003). Attentional modulation of the visual motion aftereffect has a central cognitive locus: evidence of interference by the postcategorical on the precategorical. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *29*(4), 731-740.

Julesz, B. (1975). Experiments in the visual perception of texture. *Scient American*, *232*, 34 - 43.

Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

LaBerge, D., & Buchsbaum, M. S. (1990). Positron emission tomographic measurements of pulvinar activity during an attention task. *J Neurosci*, *10*(2), 613-619.

Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *21*(3), 451-468.

Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: selective attention under load. *Trends Cogn Sci*, *9*(2), 75-82.

Lavie, N. (2006). The role of perceptual load in visual awareness. *Brain Res*, 1080(1), 91-100.

Lavie, N., Hirst, A., de Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *J Exp Psychol Gen*, 133(3), 339-354.

Lavie, N., & Tsai, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Percept Psychophys*, 56(2), 183-197.

Lewis, J. L. (1970). Semantic processing of unattended messages using dichotic listening. *J Exp Psychol*, 85(2), 225-228.

Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattentional Blindness* (Cambridge, MA: MIT Press ed.).

Mackay, D. (1973). Aspects of the theory of comprehension, memory and attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 22-40.

McLeod, P., Driver, J., Dienes, Z., & Crisp, J. (1991). Filtering by movement in visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(1), 55-64.

Moray, N. P. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A, 347 – 370.

Most, S. B., Scholl, B. J., Clifford, E. R., & Simons, D. J. (2005). What you see is what you set: sustained inattention blindness and the capture of awareness. *Psychol Rev*, *112*(1), 217-242.

Most, S. B., Simons, D. J., Scholl, B. J., Jimenez, R., Clifford, E., & Chabris, C. F. (2001). How not to be seen: the contribution of similarity and selective ignoring to sustained inattention blindness. *Psychol Sci*, *12*(1), 9-17.

Nakayama, K., & Silverman, G. (1986). Serial and parallel processing of visual feature conjunctions. *Nature*, *320*, 264 - 265.

Navon, D. (1989). The locus of attentional selection: Is it early, late, or neither? *European Journal of Cognitive Psychology*, *1*, 47 - 68.

Neisser, U. (1979). The control of information pickup in selective looking. In N. L. E. A. A D Pick (Hillsdale (Ed.), *Perception and its Development: A Tribute to Eleanor J Gibson*.

O'Connor, D. H., Fukui, M. M., Pinsk, M. A., & Kastner, S. (2002). Attention modulates responses in the human lateral geniculate nucleus. *Nat Neurosci*, *5*(11), 1203-1209.

Pashler, H. (1984). Evidence against late selection: Stimulus quality effects in previewed displays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *10*, 429 - 448.

Petersen, S. E., Corbetta, M., Miezin, F. M., & Shulman, G. L. (1994). PET studies of parietal involvement in spatial attention: comparison of different task types. *Can J Exp Psychol*, *48*(2), 319-338.

Petersen, S. E., Robinson, D. L., & Morris, J. D. (1987). Contributions of the pulvinar to visual spatial attention. *Neuropsychologia*, *25*(1A), 97-105.

Pizzighello, S., & Bressan, P. (2008). Auditory attention causes visual inattention blindness. *Perception*, *37*(6), 859-866.

Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*, 3 - 25.

Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). *Components of visual orienting*: In H. Bouma & D.G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and performance*, X (pp. 531-556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Posner, M. I., Cohen, Y., & Rafal, R. D. (1982). Neural systems control of spatial orienting. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, *298*(1089), 187-198.

Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci*, *13*, 25-42.

Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J., & Rafal, R. D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *J Neurosci*, *4*(7), 1863-1874.

Raab, D. H. (1962). Statistical facilitation of simple reaction times. *Trans N Y Acad Sci*, 24, 574-590.

Rafal, R. D., & Posner, M. I. (1987). Deficits in human visual spatial attention following thalamic lesions. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 84(20), 7349-7353.

Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849 - 860.

Rees, G., Frith, C., & Lavie, N. (2001). Processing of irrelevant visual motion during performance of an auditory attention task. *Neuropsychologia*, 39(9), 937-949.

Rees, G., Frith, C. D., & Lavie, N. (1997). Modulating irrelevant motion perception by varying attentional load in an unrelated task. *Science*, 278(5343), 1616-1619.

Rees, G., & Lavie, N. (2001). What can functional imaging reveal about the role of attention in visual awareness? *Neuropsychologia*, 39(12), 1343-1353.

Rees, G., Russell, C., Frith, C. D., & Driver, J. (1999). Inattention blindness versus inattentional amnesia for fixated but ignored words. *Science*, 286(5449), 2504-2507.

Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & J., C. J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, *8*, 368 - 373.

Rock, I., & Gutman, D. (1981). The effect of inattention on form perception. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *7*(2), 275-285.

Santangelo, V., & Spence, C. (2007). Multisensory cues capture spatial attention regardless of perceptual load. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *33*(6), 1311-1321.

Shapiro, K. L., Raymond, J. E., & Arnell, K. M. (1994). Attention to visual pattern information produces the attentional blink in RSVP. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 357 - 371.

Shulman, G. L., d'Avossa, G., Tansy, A. P., & Corbetta, M. (2002). Two attentional processes in the parietal lobe. *Cereb Cortex*, *12*(11), 1124-1131.

Shulman, G. L., McAvoy, M. P., Cowan, M. C., Astafiev, S. V., Tansy, A. P., d'Avossa, G., et al. (2003). Quantitative analysis of attention and detection signals during visual search. *J Neurophysiol*, *90*(5), 3384-3397.

Simons, D. J. (2000). Attentional capture and inattention blindness. *Trends Cogn Sci*, *4*(4), 147-155.

Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception, 28*(9), 1059-1074.

Simons, D. J., Franconeri, S. L., & Reimer, R. L. (2000). Change blindness in the absence of a visual disruption. *Perception, 29*(10), 1143-1154.

Simons, D. J., & Levin, D. T. (1997). Change blindness. *Trends in Cognitive Sciences, 1*, 261 - 267.

Simons, D. J., & Levin, D. T. (1998). Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychonomic Bulletin and Review, 5*, 644-649.

Simons, D. J., & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: past, present, and future. *Trends Cogn Sci, 9*(1), 16-20.

Sinnett, S., Costa, A., & Soto-Faraco, S. (2006). Manipulating inattention blindness within and across sensory modalities. *Q J Exp Psychol (Colchester), 59*(8), 1425-1442.

Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs, 74*, 1 - 29.

Stoffregen, T. A., C.A., B., & B., F. S. (1993). Noticing of unexpected events by adults with and without mental retardation. *American Journal on Mental Retardation, 98*, 273 - 284.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18, 643-661.

Talsma, D., Doty, T. J., & Woldorff, M. G. (2007). Selective attention and audiovisual integration: is attending to both modalities a prerequisite for early integration? *Cereb Cortex*, 17(3), 679-690.

Tellinghuisen, D. J., & Nowak, E. J. (2003). The inability to ignore auditory distractors as a function of visual task perceptual load. *Percept Psychophys*, 65(5), 817-828.

Theeuwes, J. (1984). Stimulus-driven capture and attentional set: Selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 799 - 806.

Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: inhibitory priming by ignored objects. *Q J Exp Psychol A*, 37(4), 571-590.

Tong, F., Nakayama, K., Vaughan, J. T., & Kanwisher, N. (1998). Binocular rivalry and visual awareness in human extrastriate cortex. *Neuron*, 21(4), 753-759.

Treisman, A. (1960). Contextual cues in selective listening. *quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.

Treisman, A. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological review*, 76, 282 - 299.

Treisman, A. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 8(2), 194-214.

Treisman, A. (1986). Features and object in visual processing. *Scientific American*, 255, 106 - 115.

Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97 - 136.

Treisman, A., & Sato, S. (1990). Conjunction search revisited. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 16(3), 459-478.

Treisman, A., & Souther, J. (1985). Search asymmetry: a diagnostic for preattentive processing of separable features. *J Exp Psychol Gen*, 114(3), 285-310.

Van Zomeran, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press.

Vitevitch, M. S. (2003). Change deafness: The inability to detect changes between two voices. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 333 - 342.

Von Wright, J. M. (). . In A. F. Sanders (Ed.), A. a. p. V. I., pp. 280 - 292).
Amsterdam: North Holland. (1970). On selection in visual immediate memory.

Wayand, J. F., Levin, D. T., & Varakin, D. A. (2005). Inattention blindness for a noxious multimodal stimulus. *Am J Psychol*, 118(3), 339-352.

Weisgerber, S. A., & Johnson, P. L. (1989). Effect of familiarity and category contrast on stimulus and response priming. *Perception & Psychophysics*, 46, 592 - 602.

Wolfe, J. M. (1999). Inattention blindness. *Journal*, 71-94

Wolfe, J. M., Cave, K. R., & Franzel, S. L. (1989). Guided search: an alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(3), 419-433.

Wolfe, J. M., & Friedman-Hill, S. R. (1992). Visual search for oriented lines: the role of angular relations between targets and distractors. *Spat Vis*, 6(3), 199-207.

Wurtz, R. H., & Albano, J. E. (1980). Visual-motor function of the primate superior colliculus. *Annu Rev Neurosci*, 3, 189-226.

Yi, D. J., Woodman, G. F., Widders, D., Marois, R., & Chun, M. M. (2004). Neural fate of ignored stimuli: dissociable effects of perceptual and working memory load. *Nat Neurosci*, 7(9), 992-996.

RINGRAZIAMENTI

Quattro anni di studio, di lavoro, di ricerca. Ma anche quattro anni di cambiamenti, di novità, di sfide, di fatica e paura. Quattro anni di tutto.

Il mio ringraziamento, doveroso e inevitabile, è a tutte quelle persone che mi hanno aiutato ad andare avanti, così nel dottorato come nella vita, non facendomi dimenticare che quello che conta è la tenacia e la positività, che vince di fronte a qualsiasi cosa.

L'elenco sarebbe troppo lungo, ma poche persone, quelle che non dimenticherò mai, meritano una citazione speciale: Chiara C. prima di tutte (senza di lei...boh!), poi senza dubbio Marta (il bello di aver fatto un dottorato di ricerca in Italia), Paola e Francesca. Chiara F., che c'è sempre sempre e beh, Oriana ovviamente, la dimostrazione che ce la si può fare. Luca, perché senza di lui e senza la Anna (grazie!) non ci sarebbe niente di questa ricerca e Valentina, perché sì.

Tutti questi amici mi hanno insegnato che la cosa importante è pensare al futuro. Ed è proprio a questo che dedico quattro anni di lavoro: al futuro e ad Andrea, che spero lo occupi tutto.

Come per la prima tesi un ringraziamento va senza dubbio a tutta la mia famiglia (naturale e non), senza la quale non avrei mai potuto arrivare fino a qui.

Ringraziamento al di sopra di tutti, infine, va al mio papà e al mio nonno; avrei preferito che ci fossero, soprattutto adesso.