

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



**SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA**

DIPARTIMENTO DI PSICOLOGIA

**Change Blindness: influence of scene content and
emotional valence on change detection performance in
clinical and not clinical children**

Lisa Maccari

Tutor

Prof.ssa Maria Casagrande

Co-tutor

Prof. Antonino Raffone

Premessa	7
PRIMA PARTE RASSEGNA DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA	12
Il fenomeno della Cecità al Cambiamento (change blindness)	14
Approcci di ricerca nella detezione del cambiamento	17
Il paradigma Flicker	25
Rappresentazioni visive	31
Attenzione e Change Blindness	40
La teoria della coerenza	42
Change Perception	48
Inattentive Blindness	53
Correlati neurali del CB	56
Limiti e vantaggi del flicker task	58
SECONDA PARTE STUDI SPERIMENTALI	62
Esperimento 1 Influenza della valenza emotiva degli scena visiva sulla prestazione di change detection	64
Introduzione	66
Metodo	70
Partecipanti	70
Stimoli	70
Apparato	73
Procedura	73
Compito	74
Analisi dei dati	74
Risultati	74
Analisi sui tempi di risposta	75
Analisi del numero di errori	78
Discussione	78
Esperimento 2 Interferenza della valenza emotiva degli stimoli sulla prestazione di ricerca del cambiamento nei bambini con disturbi dello spettro autistico	82
Introduzione	84
Metodo	88
Partecipanti	88
Stimoli	89
Apparato	89
Procedura	89
Analisi dei dati	89
Risultati	89
Analisi dei tempi di risposta	90
Analisi del numero di errori	92
Discussione	93
Conclusioni	94
Esperimento 3 Influenza dell'attrattività degli stimoli sulla prestazione di change detection	98
Introduzione	100

Metodo	103
Partecipanti	103
Stimoli	103
Apparato	105
Procedura	105
Analisi dei dati	106
Risultati	106
Analisi dei tempi di risposta	106
Analisi del numero di errori	109
Discussione	110
Esperimento 4 L'influenza dell'attrattività degli stimoli sulla prestazione di change detection nei bambini con ADHD	112
Introduzione	114
Metodo	117
Partecipanti	117
Stimoli, Apparato e Procedura	119
Analisi dei dati	119
Risultati	119
Analisi dei tempi di risposta	120
Analisi sul numero di errori	121
Discussione	121
Conclusioni	123
Conclusioni Generali	124
Riferimenti	130

Grazie a tutti coloro che mi hanno sostenuto in questo lungo percorso:

alla Prof.ssa Casagrande, per la passione, la speranza, gli insegnamenti,
al Prof. Augusto Pasini,
al Prof. Daniel J. Simons,
al Prof. Antonino Raffone,
alla dott.ssa Caterina Rosa,
alla dott.ssa Mariagrazia Anolfo e alla dott.ssa Cleo Ruggiero,
alla dott.ssa Sabrina Ruggiero e dott.ssa Emanuela Caroli,
a tutti i partecipanti,
a tutto il gruppo di ricerca per l'amicizia e il supporto.

Ai miei genitori, a Marino che mi vuole vicino,
alla Germana che mi vuole dove sono felice,
a mia sorella sempre,
a Marco che mi vuole bene 15,
a nonna Elide che sento mi osserva,
a nonna Olga per la forza alla vita,
a zia Giulia e la chiamata del sabato,
a Laura e i piccoli virgulti,

a Laura che si sposa,
a Raffaella che condivide la generazione,
a Francesca piena di luce,
al Lepo, amico da sempre,
a Simone, sempre il solito.

A Fabrizio, le difficoltà fortificano!

Abstract

Change-blindness (CB) occurs when large changes are missed under natural viewing conditions because they occur simultaneously with a brief visual disruption, like an eye movement, a blank screen, an ocular blink, or a camera cut in a film sequence. In the typical CB paradigm, the flicker task, pictures of daily life scenes are used to assess visual search efficiency (Rensink, 2000). Two versions of a picture are presented. The pictures are identical except in a specific detail. The pictures alternate repeatedly and are separated by a brief gray screen. The observers have to search the scene for what has changed between the two pictures until they detect it. As the task uses pictures of natural scenes, participants tend to give priority to some areas of the scene than to others. Consequently, they detect changes in objects of central interest (CI) faster than changes in marginal interest (MI) objects (Rensink et al. 1997). Both perceptual and semantic characteristics of the visual scene might be taken to create a sort of priority list that determines which items are going to be attended first. Changes in objects of CI pop out from the pictures, and they are usually efficiently detected. Changes in objects of MI are more difficult to detect and require serial visual search, and therefore performance is less efficient.

This study aims to evaluate the visual search ability in typically developing children and in children with psychiatric disorders.

In Experiment 1, 52 healthy children and 22 adults executed the flicker task with IAPS emotional pictures. The valence of the images interferes with the attentional performance showing slower RT in detecting changes in front of emotional images. In particular, the negative pictures interfere more the CI detection, whereas the positive ones interfere more the MI detection. The results are discussed in term of biological VS motivational aspects. We hypothesize that the evolutionary role of the negative stimuli makes to interfere the attentional performance during the more automatic CI change. In contrast, the positive images interfere it through a more voluntary mechanism; the likeness of the stimuli makes the participants look at the picture rather than search for the change. In experiment 2, 14 children with a disorder of the autistic spectrum and 14 controls executed the same task of Experiment 1. Our results show that autistic children are slower than controls only in the MI detection. Furthermore, they differ from controls when detecting CI changes in front of negative picture and when detecting MI changes in front of positive pictures. Our results confirm the Fletcher-Watson et al's results suggesting an impairment in the disengagement from the most relevant items or, in alternative, in the orienting of attention.

In Experiment 3, 75 healthy children and 19 adults executed the flicker task with pictures rated as appealing or unappealing. The appealingness of the images interferes with the attentional performance showing slower RT only when detecting MI change. The results are discussed in term of motivational aspects. We hypothesize that the appealingness of the stimuli interfere with the

attentional performance obstructing the execution of the task. In experiment 4, 18 children with ADHD and 18 controls executed the same task of Experiment 1. Our results show that children with ADHD are overall slower than controls. Furthermore, they specifically differ from controls when detecting MI changes. The slower RT and the poor accuracy of children with ADHD on the highest demanding condition (e.g., detection of MI changes) is consistent with a deficit in attentional resources, or with a specific impairment in using serial top-down strategies due to their limited attentional resources.

Overall, our results of the present study replicate the findings consistently observed with the flicker task (Fletcher-Watson, Collis, Findlay, & Leekam, 2009), demonstrating the robust nature of change blindness. All the children showed a strong change blindness effect and a clear difference between CI and MI trials.

Premessa

Il fenomeno del *Change Blindness* (CB) indica che spesso alcuni dettagli della scena visiva non vengono rilevati, talvolta anche se cercati attivamente. La ricerca sul CB solleva domande sulla percezione visiva, su quanto le rappresentazioni visive siano o meno dettagliate, sul ruolo dell'attenzione e della memoria. Molteplici paradigmi di ricerca hanno evidenziato il CB, suggerendo diversi meccanismi che potrebbero determinarlo.

Il *flicker task* per esempio implica la ripetizione di due immagini uguali in tutto meno che un particolare (il cambiamento da rilevare, appunto) intervallate da un breve *blank screen*. Tale transiente globale fa in modo di impedire la rilevazione del transiente locale (il cambiamento) che in assenza del *blank screen* sarebbe automatica. La tecnica delle *Mudsplashes* comporta la comparsa improvvisa di molteplici macchie sulla scena visiva; la presenza di tanti segnali transienti competono con il transiente “*target*”, il cambiamento appunto, che anche in questo caso non viene facilmente rilevato. Il paradigma *Gradual Change* implica che il cambiamento avvenga lungo l'arco di alcuni secondi; mentre il partecipante osserva la scena di una strada affollata, un palazzo scompare lentamente. Il nostro sistema visivo sembrerebbe sensibile alla rilevazione di cambiamenti di tipo “tutto o nulla” e, quindi cambiamenti che si realizzano gradualmente sono difficilmente rilevati. Durante interazioni reali, i partecipanti non si accorgono di cambiamenti grossolani nel loro interlocutore, avvenuti mentre un pannello passa in mezzo a loro. Durante la visione di un film, i partecipanti non si accorgono di vistosi cambiamenti avvenuti durante un cambiamento di inquadratura.

Tutti questi risultati ci fanno riflettere sulla percezione umana, su come ci avviciniamo all'ambiente che ci circonda, su cosa codifichiamo o ricordiamo di esso e, data la molteplicità dei paradigmi studiati, è difficile identificare un unico meccanismo causa del CB.

Tra tutti i paradigmi sopra menzionati, il più studiato è sicuramente il *flicker task*. Quest'ultimo ha avuto una notevole risonanza nella ricerca sul CB perché impedirebbe l'allocatione automatica dell'attenzione sul cambiamento e consentirebbe di valutare le abilità attenzionali di ricerca visiva del cambiamento, ovvero la *Change Detection* (CD). È stato dimostrato che il processo necessario alla detezione del cambiamento è pressoché lo stesso processo attenzionale richiesto nella ricerca visiva con pattern complessi e statici, benché più difficile (Burmester & Wallis. 2011). Per tali motivi il *flicker task* può essere utilizzato come compito attenzionale, sfruttando alcune sue caratteristiche che lo rendono elettivo per studiare alcuni aspetti che influenzano la prestazione attenzionale. Infatti, questo compito ha il vantaggio di valutare l'attenzione utilizzando stimoli complessi, ad esempio scene visive e non stimoli geometrici stilizzati. Tale caratteristica fa in modo di renderlo particolarmente attraente e non noioso (come la maggior parte dei classici compiti di *visual search*). È facile intuire quanto questo possa essere importante nello studio delle abilità

attenzionali dei bambini con i quali è ben nota l'importanza dell'utilizzo di stimoli e compiti attraenti e motivanti. Inoltre, l'utilizzo di scene complesse permette di valutare l'influenza che alcune caratteristiche della scena visiva possono avere sulla prestazione attenzionale.

Per tali motivi, nell'esperimento 1 abbiamo proposto un *flicker task* a partecipanti giovani e adulti utilizzando come stimoli le immagini dell'*International Affective Picture System*, con il fine di valutare l'influenza della valenza emozionale delle immagini sulla prestazione di ricerca del cambiamento. Nell'esperimento 2 abbiamo proposto lo stesso esperimento a bambini con diagnosi di autismo. Tale disturbo è caratterizzato da difficoltà nel processamento emotivo degli stimoli, mentre sono presenti evidenze discordanti sulle abilità attenzionali.

Nell'esperimento 3 invece si è valutata l'influenza che aspetti soggettivi, quale l'attrattività esercitata dalle immagini sui partecipanti, può avere sulla prestazione attenzionale. È noto infatti che molte caratteristiche (per es., interessi, fobie, ecc.) dei partecipanti influenzano la prestazione di CD. Nell'ultimo esperimento inoltre lo stesso compito è stato proposto a bambini con diagnosi di Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), il cui disturbo è caratterizzato da deficit attenzionali, ma anche motivazionali. Si ipotizza che l'utilizzo del *flicker task* possa consentire di valutare nei bambini con ADHD processi automatici e volontari dell'attenzione, ma anche di evidenziare se, motivando la loro prestazione con scene interessanti, si possa evidenziare una prestazione attenzionale del tutto simile a quella dei bambini con sviluppo tipico.

PRIMA PARTE

RASSEGNA DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA

Il fenomeno della Cecità al Cambiamento (*change blindness*)

Il *change blindness* (cecità al cambiamento) viene definito come il fallimento in cui spesso le persone incorrono quando devono rilevare un cambiamento in una scena visiva. La rilevanza del *change blindness* (CB) nell'esperienza visiva è notevole e ci mostra i nostri limiti nel codificare, ritenere e confrontare le informazioni visive. Per dimostrare quanto sia importante e di ampia portata tale fenomeno, basta pensare ad alcune esperienze di vita quotidiana e chiederci: noteremmo se, durante una breve interruzione, la persona con cui parlavamo viene sostituita? Ricorderemmo se portava gli occhiali? Vedremmo che nella foto che stiamo osservando scompare un dettaglio? Spesso, anche quando le persone sanno di dover rilevare un cambiamento, non vi riescono (Rensink, O'Regan, & Clark, 1997). Questo ci dice molto su quanto noi crediamo di ben conoscere e controllare il nostro ambiente visivo circostante, ma di quanto in realtà non sia così. Per esempio, quando una foto originale e una versione modificata vengono presentate in rapida sequenza, separate da un *blank screen* grigio (secondo il paradigma flicker, vedi avanti), gli osservatori impiegano molti secondi (Rensink, O'Regan, & Clark, 1997) per rendersi conto che una versione differisce dall'altra per un cambiamento grossolano (scompare il motore dell'aereo, cambia il colore del pantalone del signore in primo piano, scompare la fronda di un albero...)¹. Sebbene non ci sia nessun distrattore che attragga l'attenzione altrove, le persone mostrano grandi difficoltà ad accorgersi del cambiamento.

Anche se i primi studi dedicati al *change blindness* sono molto recenti, in realtà tale fenomeno fu inizialmente osservato già negli anni '70 del secolo scorso in due distinte aree di ricerca.

La prima riguarda la memoria visiva. Tipicamente ai partecipanti venivano presentati per pochi millisecondi (da 100 a 500) due display consecutivi contenenti lettere o figure, separati da un breve intervallo temporale. Il compito consisteva nel rilevare un possibile cambiamento tra la prima e la seconda immagine. I risultati mostrarono che la prestazione era molto scarsa se l'intervallo tra le due immagini era superiore ai 60-70 ms (Pashler, 1988; Phillips, 1974).

La seconda area di ricerca fu quella perseguita dagli studi che esaminarono l'abilità a individuare un cambiamento nell'immagine durante una saccade. Anche in questo caso le immagini utilizzate consistevano di insiemi di lettere, oppure di scene ecologiche, ma in entrambe i casi la prestazione dei partecipanti risultò essere molto scarsa. Molti cambiamenti, infatti, non furono notati quando avvenivano durante un movimento oculare saccadico (Bridgeman, Hendry, Stark, 1975; Grimes, 1996).

Il fatto che una modifica nell'immagine non sia notata se ha luogo contemporaneamente a un movimento oculare lascia aperta una spiegazione dell'effetto di *change blindness*, che non chiama

¹È possibile vedere gli stimoli usati nello studio di Rensink, O'Regan, & Clark (1997) al sito: <http://www.cs.ubc.ca/~rensink/flicker/download/>

necessariamente in causa l'intervento dell'attenzione. Tale cecità potrebbe essere infatti legata a un meccanismo di soppressione saccadico-specifico che, come è noto, produce un "annebbiamento" dell'immagine retinica durante il movimento oculare (Duffy e Lombroso, 1968). Sebbene sporadici studi su tale fenomeno compaiono nella letteratura scientifica già dagli anni '50 del secolo scorso, studi sistematici e la formulazione di specifiche ipotesi sono successivi; negli anni '90 del secolo scorso Rensink, O'Regan, & Clark (1997) ipotizzano che il *change blindness* si possa spiegare con il fenomeno della soppressione retinica, che avviene durante i movimenti oculari. Anche questi autori sostengono che il cambiamento che avviene durante le varie presentazioni delle due versioni delle immagini, non venga rilevato perché il soggetto, per esplorare visivamente tutta la scena, compie movimenti saccadici che implicano il fenomeno della soppressione saccadica. Il meccanismo che genera movimenti oculari sopprime selettivamente la percezione durante il movimento, per impedire la "sbavatura" (*blur*) dell'immagine nel tragitto compreso dall'inizio all'arrivo del movimento oculare saccadico. Tale soppressione della percezione durante la saccade maschererà il cambiamento, che non verrà rilevato fino a quando la saccade si fermerà proprio dove quest'ultimo avviene. Un'interruzione del segnale visivo avviene anche durante i *blinks* (ammiccamenti) oculari, quando cioè il soggetto chiude ripetutamente le palpebre per mantenere gli occhi umidi. Dall'attenzione dei ricercatori verso questi meccanismi fisiologici di interruzione del segnale visivo, nasce l'ipotesi che sostiene come una qualsivoglia interruzione (*disruption*) del segnale possa generare *change blindness* (CB) (Rensink, O'Regan, & Clark 2000).

Tuttavia, deve essere notato che durante la saccade il sistema visivo deve processare un segnale transiente globale, dovuto al movimento dell'immagine sulla retina. Ora, siccome i segnali transienti hanno un ruolo fondamentale nell'orientamento dell'attenzione (Jonides e Yantis, 1990; Posner, 1980), è possibile ipotizzare che il segnale transiente locale, associato al cambiamento nell'immagine, venga attenuato o in qualche modo soppresso dal segnale transiente globale, in tal modo l'attenzione non sarebbe catturata dal cambiamento (come normalmente avviene), che di conseguenza non verrebbe rilevato (vedi capitolo sul *flicker task*) (Rensink et al., 1997).

Sebbene il *flicker task* rappresenti il paradigma più utilizzato e studiato in letteratura (vedi paragrafo relativo al *flicker task*), sono stati proposti altri paradigmi, che considerano la presenza di un'interruzione percettiva (*disruption*) come fondamentale per riprodurre il CB (Simons, 2000; Simons & Levin 1997). Per esempio, il cambiamento sarà di difficile rilevazione se le due immagini sono intervallate da un *blank screen* (paradigma *flicker*), se il cambiamento avviene durante un blink oculare (O'Regan, Deubel, Clark, & Rensink, 2000), durante un movimento saccadico (Henderson & Hollingworth, 2003), durante un cambio di inquadratura in un film (Levin & Simons, 1997) o durante un'interruzione "fisica" (un grande pannello che passa tra due interlocutori) nel corso di una conversazione (Simons & Levin, 1998). In quest'ultimo studio, i soggetti non si

accorgono che durante la conversazione il loro interlocutore viene sostituito da un'altra persona durante il passaggio di un pannello (Figura 1).



Figura 1. Fotogrammi del filmato in cui il soggetto non rileva il cambiamento della persona con la quale stava parlando (Simons & Levin, 1998).

Uguualmente, in un esperimento di Angelone & Levin (2003), viene mostrato come, nonostante i soggetti si ricordassero dei particolari presenti durante un'interazione reale, mostravano CB, non identificando il cambiamento avvenuto (l'oggetto in mano all'interlocutore; Figura 2).

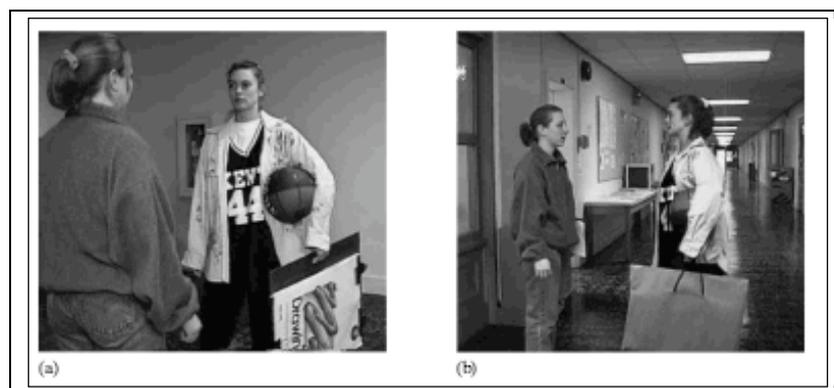


Figure 2. Fotogrammi dell'interazione reale nello studio di Angelone & Levin (2003).

Da tale premessa, possiamo dedurre come lo studio del *change blindness* nasca dall'osservazione di una specifica condizione (la presenza di una breve interruzione tra due stimoli visivi), fino ad arrivare a una visione di tale fenomeno di più ampio respiro, sollevando importanti questioni sui processi cognitivi: sulla percezione, ovvero su cosa effettivamente selezioniamo e ricordiamo nella percezione del mondo che ci circonda; sulle capacità di memoria, sul ruolo dell'attenzione nella

percezione di scene complesse e sulla consapevolezza del mondo visivo che ci circonda. La rilevanza di tale fenomeno è particolarmente sorprendente di fronte all'evidenza di cambiamenti grossolani passati inosservati all'osservatore, anche quando essi sono cercati attivamente.

Oltre alle implicazioni teoriche legate al fenomeno CB, esso implica anche conseguenze di tipo più strettamente pratico: Levin, Momen, Drivdahl, & Simons (2000) mostrano che le persone spesso sovrastimano la loro abilità nella capacità di rilevare un cambiamento (*change detection*: CD), supponendo che un evento importante attragga automaticamente la loro attenzione (cosa che invece non avviene nel CB). Tale sovrastima delle proprie abilità attentive viene definita come *change blindness blindness* (CBB, cecità per la cecità al cambiamento) e può comportare dirette conseguenze nei compiti che richiedono attenzione sostenuta (come guidare un'auto o monitorare uno schermo...). In aggiunta, il fenomeno CBB (confermato anche successivamente da Levin, Drivdahl, Momen, & Beck, 2002; Beck, Levin, & Angelone, 2007) influenza anche le strategie cognitive che usiamo nella vita di tutti i giorni: un guidatore assume che se si presenta un evento improvviso, come un pedone che attraversa improvvisamente la strada, esso sarà automaticamente notato e, quindi, nonostante sappia che parlare al cellulare richieda risorse attentive, egli crede che riuscirà comunque a rilevare prontamente l'evento improvviso.

Secondo una rassegna di Simons e Ambinder (2005), la letteratura sul CB è incentrata su alcuni assunti:

1. Si osserva CB quando l'attenzione è rivolta altrove rispetto al segnale di cambiamento.
2. I cambiamenti che avvengono al centro della scena o che sono percettivamente salienti vengono rilevati più facilmente, dato che i soggetti focalizzano la loro attenzione sugli oggetti più importanti della scena (Rensink et al., 1997).
3. L'attenzione può essere necessaria per la *change detection*, quando il cambiamento su un oggetto a cui non viene prestata attenzione non viene rilevato.
4. L'attenzione rivolta all'oggetto che subisce cambiamento può non essere sufficiente per rilevarlo; gli osservatori spesso non rilevano il cambiamento dell'attore principale in un film o il cambiamento del loro interlocutore durante una conversazione, anche quando a queste persone era rivolta la loro attenzione (Levin, Simons, 1997; Simons, Levin, 1998).

Approcci di ricerca nella rilevazione del cambiamento

Una rassegna della letteratura condotta da Rensink (2002) riporta i diversi approcci metodologici utilizzati nella ricerca sulla *change detection*, intesa come la rilevazione di un cambiamento avventuroso intorno a noi. Quindi, mentre la *change detection* si occupa principalmente dei processi visivi e cognitivi coinvolti nel rilevare un cambiamento, la *change blindness* è un po' il "flip side"

della CD. Nonostante le persone credono di poter facilmente rilevare qualsiasi cambiamento avvenga intorno a loro, il fenomeno CB mostra che ciò non è vero e, di conseguenza, studia i meccanismi sottostanti questo fallimento.

Ma come può essere definito il cambiamento? Il cambiamento si riferisce a una trasformazione o a una modificazione di qualcosa nel tempo e, quindi, presume un substrato che non cambia sul quale si inserisce il cambiamento. Quest'ultimo può essere dunque definito una trasformazione su una struttura spazio-temporalmente ben definita. Stabilito questo, si può creare un'importante distinzione tra *change* e *motion* che si riferisce a un cambiamento di posizione nel tempo. Così, se *motion* si riferisce a una variazione nella posizione, *change* si riferisce a un cambiamento nella struttura (Rensink, 2002). Un'altra distinzione può essere fatta considerando *change* e *difference*: mentre *change* si riferisce a una trasformazione nel tempo di una singola struttura, *difference* si riferisce a una mancanza di similarità nella proprietà di due strutture (è un po' la differenza che esiste tra cercare la differenza tra due immagini che sono l'una a fianco all'altra e cercare di trovare un cambiamento in due immagini che si ripetono in sequenza).

Fatte queste dovute distinzioni, la rassegna di Rensink (2002) evidenzia diversi approcci empirici presenti nella letteratura sul CD, dove si sono posti gli accenti a volte sugli stimoli, a volte sul tipo di compito. Tutti gli studi condividono lo stesso disegno sperimentale di base: la presenza di uno stimolo iniziale, un cambiamento a qualche livello dello stimolo e la misurazione della risposta del soggetto. Un aspetto che accomuna tutti i paradigmi sperimentali sul CD riguarda la necessità di assicurare che i risultati non siano dovuti alla detezione del motion. La finalità non è eliminare del tutto la detezione del *motion*, in quanto al *change* si associa sempre un segnale di variazione temporale nella presenza di luce, ma di dissociare l'output dei sistemi di detezione di *change* e *motion*. Alcuni studi hanno cercato di farlo studiando il pattern temporale di risposta alla comparsa di uno stimolo improvviso (e.g., Brawn & Snowden, 1999; Castiello & Jeannerod 1991); altri valutando come la prestazione sia influenzata da stimoli diversi (e.g., Seiffert & Cavanagh 1998). In tutti i casi *change* e *motion* sono stati dissociati rendendo il *change* contingente ad altri eventi.

In base a quanto definito sopra, l'ampia varietà di approcci può essere così categorizzata:

1. *Gap-contingent*: quando il cambiamento avviene durante un intervallo temporale (gap) o un intervallo inter-stimolo (*inter-stimulus interval*: ISI) tra lo stimolo originale e quello modificato. Tra gli stimoli può essere inserita una maschera o semplicemente una schermata vuota (Hochberg, 1968; Phillips, 1974; Pashler, 1988; Simons, 1996; Rensink et al., 1997).

2. *Saccade-contingent*: quando il cambiamento avviene durante una saccade (Sperling & Speelman 1965; Bridgeman et al. 1979; McConkie & Zola 1979; Carlson-Radvansky & Irwin 1995; Grimes 1996; Henderson & Hollingworth 1999). In questo approccio i soggetti riescono difficilmente a rilevare il cambiamento.

3. *Shift-contingent*: quando il cambiamento avviene durante uno spostamento dell'intero display; questo approccio può essere considerato simile a quello *saccade-contingent*, con una saccade simulata (Sperling, 1990; Blackmore, Brelstaff, Nelson, Troscianko, 1995). Considerevoli evidenze di CB sono state osservate quando l'occhio si muove o meno in risposta a uno spostamento dell'intero display.

4. *Blink-contingent*: se il cambiamento avviene durante un ammiccamento oculare (eyeblink; O'Regan, Deubel, Clark, & Rensink, 2000). In queste condizioni sperimentali, gli osservatori non rilevano il cambiamento e il CB avviene anche se stanno osservando il cambiamento.

5. *Splat-contingent*: se il cambiamento è simultaneo alla comparsa di un breve distrattore costituito da "macchie" (*mud-splashes*) (O'Regan, Rensink, & Clark 1999; Rensink, O'Regan, J.K., & Clark, 2000). In questo caso, il fenomeno CB sembra essere meno severo rispetto a quello osservato utilizzando le altre tecniche; tuttavia, questo approccio dimostra l'esistenza di CB anche quando il cambiamento avviene senza che si sia determinata un'interruzione del segnale (per es., *blank screen*).

6. *Occlusion-contingent*: se il cambiamento avviene quando esso è brevemente coperto (Simons & Levin, 1998; Scholl, Pylyshyn, Franconeri, 1999; Rich & Gillam, 2000).

7. *Cut-contingent*: se durante un film il cambiamento avviene quando si realizza un cambio di posizione della telecamera (Levin & Simons, 1997; 2000).

8. *Gradual change*: se il cambiamento tra lo stimolo originale e quello modificato avviene gradualmente, impiegando alcuni secondi (Simons, Franconeri, & Reimer, 2000; Laloyaux, Devue, Doyen, David, & Cleeremans, 2008; David, Laloyaux, Deveu, & Cleeremans, 2006). È da notare che questo tipo di cambiamento non è veloce abbastanza da essere facilmente notato; infatti, i soggetti mostrano notevoli difficoltà a rilevare il cambiamento anche se non è presente un'interruzione del segnale, che sembrava essere il fattore determinante del CB (Simons et al., 2000).

Come già indicato, anche il paradigma dei '*mud-splashes*' (macchie di fango) è capace di produrre CB senza introdurre un'interruzione del segnale. Infatti, consiste nel presentare un numero variabile di elementi circolari disposti casualmente sull'immagine, nel momento in cui si verifica il cambiamento (O'Regan Rensink, & Clark, 1999). L'impressione che si ottiene è la stessa percepita quando, guidando l'automobile, degli schizzi di fango colpiscono il parabrezza (da qui il nome della tecnica). La funzione di tali elementi aggiuntivi è quella di inserire una serie di segnali transienti locali al momento del cambiamento, senza però mascherare in alcun modo il transiente locale dovuto all'elemento che cambia nell'immagine. È importante notare che i vari elementi circolari non appaiono mai nella posizione dove la variazione della scena ha luogo, e questo rimane quindi sempre visibile all'osservatore. Nella Figura 3 è possibile vedere un esempio delle *mud-splashes* di

O'Regan et al. (1999).



Figura 3. Esempio delle macchie usate da O'Regan et al. (1999) in contemporanea alla comparsa del cambiamento.

Similmente, il soggetto può non rilevare il cambiamento quando esso è graduale e avviene nell'arco di alcuni secondi (Figura 4), non comportando quindi nessuna interruzione del segnale, ma solo un'innaturale procrastinarsi del cambiamento stesso. Il paradigma "*Gradual change*" (GC) (Simons et al., 2000) pone in discussione tutta la letteratura precedente che sosteneva fosse necessaria un'interruzione percettiva perché avvenisse CB; in realtà, il cambiamento, dilazionato lungo alcuni secondi, non è un segnale abbastanza forte da attirare l'attenzione dell'osservatore e produce anch'esso il fenomeno del CB.

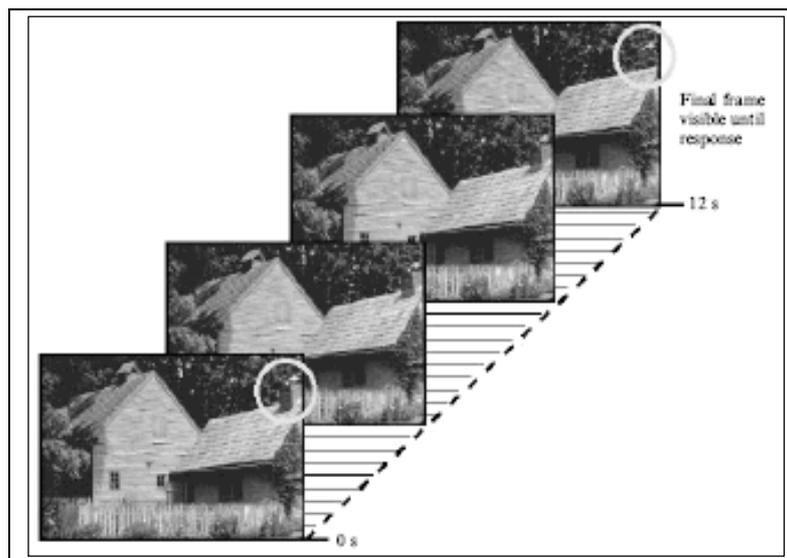


Figura 4. Esempio di uno stimolo con cambiamento graduale, che si realizza nell'arco di 12 sec (Simons, Franconeri, & Reimer, 2000).

Quindi, nonostante il meccanismo sottostante al CB con paradigma GC sia diverso da quello individuato con paradigma flicker, ugualmente il cambiamento non viene facilmente rilevato per l'insolita evoluzione temporale del cambiamento.

Recentemente il paradigma Gradual Change ha ottenuto attenzione crescente, ponendo criticamente in discussione l'ipotesi su cui si basava tutta la letteratura sul CB: l'idea che per produrre CB fosse necessaria una interruzione (*disruption*) del segnale visivo. Simons (2000) confronta le prestazioni ottenute mediante flicker e mediante GC con cambiamenti di delezione/addizione di oggetti e con cambiamenti di colore. Nel caso della delezione/addizione, i soggetti non hanno prestazioni significativamente diverse; nel caso del cambiamento di colore, i soggetti hanno prestazioni più accurate con il flicker *one-shot* (in cui è presente un'unica ripetizione delle due immagini intervallate dalla schermata vuota). Egli spiega tali risultati ipotizzando che il GC sia più difficile rispetto al flicker (un segnale di cambiamento dilazionato nel tempo costituisce un segnale molto debole per attirare l'attenzione), ma che nel caso della delezione/addizione il segnale anomalo (durante il filmato l'oggetto che scompare o appare è trasparente) maschera tale differenza. Si può comunque pensare che il *gradual change* rappresenti una situazione percettiva veramente anomala; infatti, in una situazione di vita quotidiana generalmente i cambiamenti si verificano secondo una modalità "tutto-o-nulla" (come nel *flicker task*). Se durante una situazione di vita quotidiana avviene un cambiamento (il mio interlocutore si è tolto gli occhiali), io dovrei ricordare due immagini, una con e una senza occhiali, ma mai farò esperienza di un passaggio graduale da un'immagine all'altra. Questo potrebbe spiegare perché il GC rende più difficile l'identificazione del cambiamento rispetto al flicker (Figura 5; David, Laloyaux, Devue, & Cleeremans, 2007).

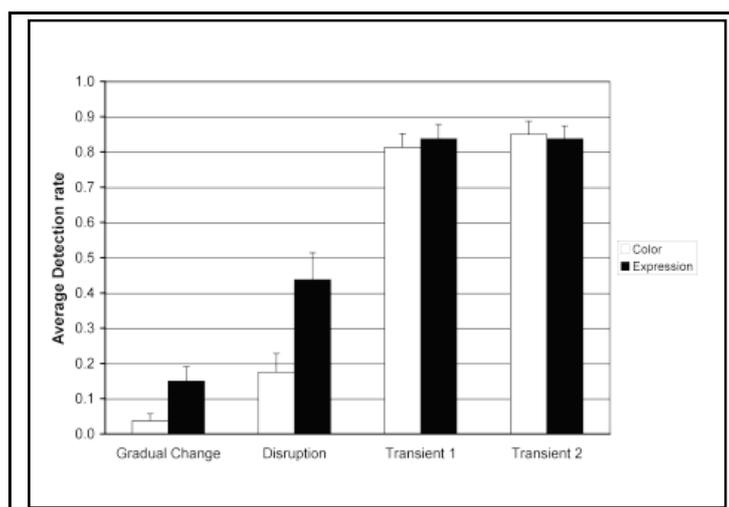


Figura 5. La figura (in ordinata la proporzione di detezone del cambiamento) mostra come il paradigma GC risulti più difficile rispetto alle due condizioni *Flicker* ("transient 1 e 2") e come l'identificazione del cambiamento espressivo sia più facile del cambiamento colore (David Laloyaux, Devue, & Cleeremans, 2007).

La tecnica *mudsplashes* dimostra che se una breve “interferenza” visiva è aggiunta su un’immagine quando avviene il cambiamento, il cambiamento non viene rilevato facilmente, ciò suggerisce che i transienti visivi sono eventi in grado di elicitare CB senza coprire o mascherare la locazione del cambiamento (Turatto, Bettella, Umiltà & Bridgeman, 2003).

David et al. (2007) hanno valutato se il GC produca CB con stimoli più complessi dei colori e incapaci di determinare artefatti (come nel caso delezione/addizione di oggetti); a tal scopo gli autori hanno utilizzato le espressioni facciali. La letteratura sul GC riporta che quando si utilizza uno stimolo significativo come una faccia, quest’ultima viene meglio rilevata rispetto a un altro oggetto (Ro, Russell, & Lavie, 2001; Palermo & Rhodes, 2003). Rimane ancora non chiaro se il cambiamento espressivo è davvero meglio rilevato rispetto ad altri tipi di cambiamenti o se le differenze riscontrate riflettano soltanto delle differenze di salienza.

Nella rassegna di Rensink (2002) sono riportate le diverse tipologie degli stimoli usati nella ricerca sul CB: le ricerche meno recenti (anni ‘70) hanno utilizzato figure semplici, come linee, punti o lettere all’interno di griglie rettangolari o circolari; in seguito (ricerche degli anni ‘90) sono stati utilizzati disegni di oggetti o di scene, colorate o meno; per ottenere maggior realismo, si è poi deciso di utilizzare fotografie di scene o di oggetti; di recente, gli stimoli proposti prevedono anche film (Levin & Simons, 1997) e interazioni di vita reale (Simons & Levin, 1998; Varakin, Levin, & Collins, 2007), che garantiscono il massimo livello di realismo. In questi ultimi lavori, l’attore principale viene sostituito durante un cambio di inquadratura oppure l’interlocutore con cui l’inconsapevole soggetto parla viene sostituito, nascondendosi dietro un pannello portato da due fattorini, che passano tra i due interlocutori (Simons & Levin, 1998).

Gli studi sul CB si differenziano anche per il numero di volte che il cambiamento viene ripetuto: esiste il paradigma *One-Shot*, in cui il cambiamento è ripetuto una sola volta e viene registrata l’accuratezza della risposta, e il paradigma *Flicker*, in cui le due scene vengono presentate ripetutamente finché il soggetto non rileva il cambiamento e vengono registrati i tempi di risposta (Figura 6).

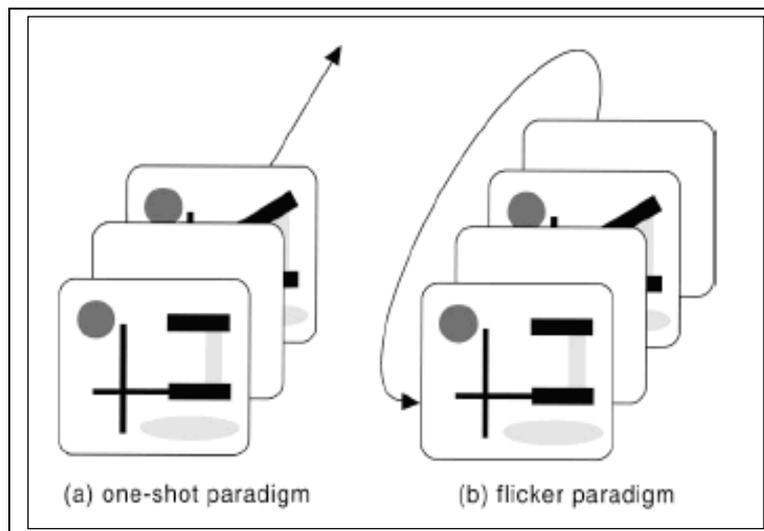


Figura 6. Il paradigma Flicker one-shot (a) prevede una sola ripetizione e registra l'accuratezza della risposta; il paradigma classico Flicker (b) prevede una ripetizione continua finchè il soggetto non rileva il cambiamento e registra i tempi di risposta (Rensink, 2002).

Il tipo di cambiamento presente negli studi sul CB comporta la comparsa o l'addizione di un oggetto, il cambiamento delle proprietà dell'oggetto (orientamento, forma, colore, dimensione), il cambiamento dell'identità semantica dell'oggetto (cambiando una parte o sostituendo del tutto l'oggetto; Williams & Simons, 2000), il cambiamento della disposizione spaziale degli oggetti (Jiang, Olson, & Chun, 2000).

La letteratura sul CB riporta, inoltre, tipi diversi di compiti: la detezione richiede al soggetto di rispondere semplicemente alla presenza del cambiamento (Phillips, 1974); la localizzazione chiede al soggetto di localizzare spazialmente l'avvenuto cambiamento (Fernandez-Duque & Thornton, 2000); l'identificazione richiede al soggetto di dichiarare l'identità del cambiamento rilevato (Brawn & Snowden, 1999).

Esistono inoltre in letteratura diversi tipi di risposte: esplicite (Rensink et al., 1997); semi-esplicite, quando il soggetto riporta solo la "sensazione" del cambiamento (vedi gli studi sul *mindsight*) (Rensink, 1998; 2000); implicite, quando misurano il grado in cui un cambiamento non rilevato influenza le decisioni successive, per esempio costringendo i soggetti a indicare la possibile locazione del cambiamento (Fernandez-Duque & Thornton, 2000; Thornton & Fernandez-Duque, 2000; Williams & Simons, 2000); visuomotorie, cioè risposte motorie a stimoli visivi: pointing manuali o fissazioni oculari (Castiello & Jeannerod, 1991).

Inoltre, in base alle diverse consegne date ai soggetti, si può considerare una dimensione importante, ovvero l'intenzione dell'osservatore (Rensink, 2002); l'approccio sperimentale può essere intenzionale, quando il soggetto sa che avverrà un cambiamento e lo cerca attivamente (Pashler, 1988); di attenzione divisa, quando altri compiti sono primari, come per esempio, la

memorizzazione della scena per un successivo compito di memoria, mentre il soggetto è informato sul fatto che occasionalmente potrà avvenire un cambiamento (Grimes, 1996) o incidentale, se non viene fatta nessuna menzione dell'esistenza del cambiamento (Levin & Simons, 1997).

Molti aspetti rimangono inesplorati nella letteratura sul CB: secondo Simons (2005), è necessario stabilire che cosa richiama l'attenzione ad alcuni elementi e non ad altri in una scena complessa; le caratteristiche di uno stimolo visivo possono richiamare l'attenzione in funzione della loro salienza (Kelley, Chun & Chua, 2003; Wright, 2003), delle aspettative dell'osservatore (Rensink, 2002), delle sue caratteristiche culturali o di personalità (Masuda & Nisbett, 2006) o in base alle conoscenze possedute dall'osservatore (Werner & Thies, 2000; Yaxley & Zwaan, 2003).

Certamente non è semplice stabilire quali caratteristiche definiscano saliente un oggetto in scene complesse come quelle usate nella ricerche sul CB. Alcuni studi mostrano che il cambiamento inconsistente con il contesto sembra esser rilevato prima rispetto a quello consistente (Hollingworth & Henderson, 2000), indicando come le proprietà semantiche dell'oggetto influenzino ciò che viene mantenuto tra i due stimoli, guidando la ricerca del cambiamento. Gli autori ipotizzano un'ipotesi sul disancoraggio attenzionale, basandosi sulle evidenze che mostrano come la *covert attention* si distribuisca prima verso le regioni caratterizzate da particolari fattori percettivi come la discontinuità nel colore, nel contrasto o nella profondità (Henderson & Hollingworth, 1998; Henderson, Weeks, & Hollingworth, 1999) e poi sia guidata dal contenuto semantico dell'immagine (De Graef, Christiaens, Carlson-Radvansky & Irwin, 1990).

Ugualmente risulta difficoltoso valutare l'interazione tra la salienza degli stimoli e le aspettative, le conoscenze, la personalità dell'osservatore. Alcuni studi hanno dimostrato che gli appassionati di football meglio rilevano cambiamenti significativi in scene di gioco di football rispetto ai non appassionati (Werner & Thies, 2000); così come i fumatori meglio rilevano i cambiamenti che avvengono su oggetti inerenti al fumo (Yaxley & Zwaan, 2003) o all'uso di alcohol e cannabis (Jones, Jones, Smith, & Copley, 2003). I soggetti esperti molto probabilmente indirizzano la loro attenzione verso i particolari per loro di maggior interesse, aumentando la CD per i cambiamenti per loro semanticamente significativi. Tali differenze nella CD tra soggetti esperti e inesperti molto probabilmente sono da attribuirsi alle aspettative e al tipo di conoscenze pregresse possedute dai soggetti, piuttosto che alle caratteristiche delle immagini. Uno studio recente (Masuda & Nisbett, 2006) mostra come la percezione possa esser influenzata dall'appartenenza culturale: i soggetti asiatici messi a confronti con gli americani risultano più sensibili ai cambiamenti contestuali rispetto ai cambiamenti focali (su un oggetto). Gli autori ipotizzano che gli orientali e gli occidentali allochino diversamente l'attenzione e ipotizzano che ciò possa essere ricondotto a fattori ecologici, a diversi pattern di socializzazione e di stili di ragionamento (gli orientali avrebbero uno stile di ragionamento maggiormente olistico, mentre gli occidentali lo avrebbero analitico).

Il paradigma Flicker

Basandosi sulle teorie che imputavano un ruolo chiave all'interruzione del segnale, Rensink et al. (1997) hanno progettato il primo paradigma per lo studio del CB: il paradigma *flicker*, che implica l'introduzione di un artefatto, capace di riprodurre un'interruzione del segnale. Tale paradigma comporta la breve presentazione di due immagini, quella originale A e quella modificata A' in successione (durata massima 300 ms), intervallate da una schermata grigia di 80-100 ms, presentate finché non viene rilevato il cambiamento (Figura 7).

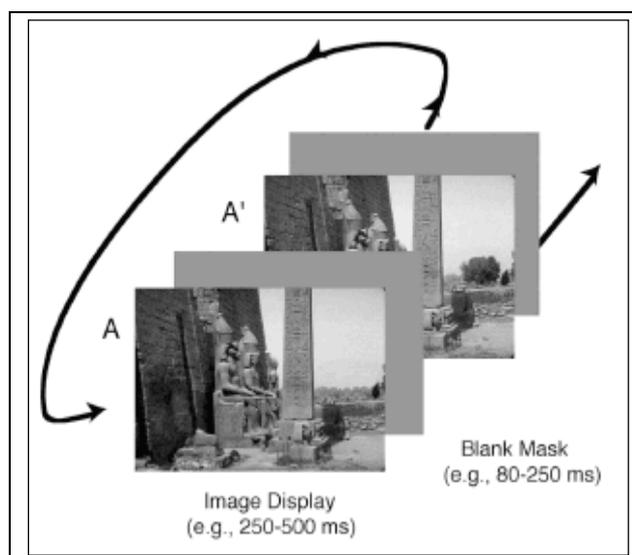


Figura 7. Sequenza temporale del paradigma flicker (Thornton e Fernandez-Duque, 2002).

Il ruolo cruciale dell'attenzione focalizzata nel fenomeno della *change blindness* emerge chiaramente proprio dagli studi effettuati con il paradigma flicker (Teoria della Coerenza; Rensink, 2000). In sostanza, il metodo consiste nel presentare al soggetto una serie di immagini consecutive della stessa scena. Ogni singola immagine viene mostrata per poche centinaia di millisecondi (circa 300), ed è separata dalla successiva da un periodo temporale molto breve (circa 100 ms) durante il quale lo schermo rimane vuoto. In genere la sequenza è del tipo A-À'-A-À'-- etc., dove, rispetto all'immagine A, À' contiene un particolare che viene modificato, un oggetto o parte di esso che ad esempio compare o scompare, cambia colore, si sposta, o altro. La sequenza delle scene continua per un periodo relativamente lungo, diciamo di alcuni secondi, o sino a quando il soggetto, a volte, identifica il cambiamento.

Il *blank screen* produce un cambiamento di luminanza in tutta l'immagine che maschera il segnale del *change*. I soggetti percepiscono che qualcosa cambia durante le due presentazioni (Rensink, 2004), ma non riescono a identificarlo fino a quando la saccade non termina proprio sulla zona del

cambiamento. Il paradigma del *flicker* ha evidenziato che i soggetti molto difficilmente rilevano il cambiamento durante il primo ciclo di alternanza, anzi spesso impiegano anche più di 1 minuto; inoltre, i cambiamenti che si trovano al “centro d’interesse” della scena vengono rilevati più facilmente dei cambiamenti periferici o d’interesse marginale (Rensink et al., 1997).

I risultati degli esperimenti con il *flicker* consentono di scartare l’ipotesi che il *change blindness* possa essere dovuta alla soppressione oculare saccadica. Infatti, se fosse dovuta ai movimenti oculari, con questo tipo di paradigma il soggetto potrebbe rilevare immediatamente la variazione semplicemente tenendo gli occhi fissi. Analogamente, può essere ragionevolmente eliminata un’ulteriore spiegazione che chiama in causa il breve tempo di esposizione delle singole immagini. Infatti, la ripetizione consecutiva della stessa scena assicura al soggetto la possibilità di osservare la scena più volte, praticamente senza limiti di tempo. Tuttavia, anche in queste condizioni favorevoli i soggetti esibiscono una prestazione molto scarsa, e molte modifiche non vengono notate (Rensink et al., 1997).

Un aspetto rilevante emerso in questo studio (Rensink et al., 1997) è stato il miglioramento significativo della prestazione dei soggetti (aumento della percentuale di cambiamenti rilevati, e diminuzione del numero di ripetizioni necessarie per vedere il cambiamento), in seguito all’uso di un indizio verbale che suggeriva la parte della scena in cui il cambiamento avrebbe probabilmente avuto luogo. L’utilizzo di cue spaziali e il relativo miglioramento della prestazione nelle prove con cue validi ha confermato il ruolo determinante dell’attenzione nella detezione del cambiamento nel paradigma flicker (Aginsky & Tarr, 2000; Turatto, Bettella, Umiltà & Bridgeman, 2003).

Inoltre, cosa molto importante, la prestazione risulta globalmente migliore nelle zone definite di ‘interesse centrale’, rispetto a quelle definite come zone di ‘interesse marginale’ (tipicamente negli studi sulla CB le zone ad alto o basso interesse vengono classificate in base a descrizioni ottenute da osservatori indipendenti in un esperimento pilota). Sulla base di questi due ultimi risultati pare ragionevole poter scartare l’ipotesi che legherebbe il fenomeno della CB a un effetto di mascheramento creato dall’interposizione dell’immagine vuota tra le immagini della scena. Infatti, se l’effetto fosse dovuto a un semplice mascheramento non si sarebbe dovuto osservare nessun effetto né dell’indizio, né una differenza tra zone ad alto e basso interesse, elementi che invece suggeriscono l’intervento dell’attenzione come fattore chiave (vedi teoria della Coerenza di Rensink, 2000). Nella stessa ottica si possono leggere i risultati di Mazza, Turatto, & Umiltà (2005) che mostrano come gli stimoli in primo piano (*foreground*) subiscono meno CB rispetto allo sfondo (*background*).

In un interessante studio del 2000, Rensink, O’Regan & Clark manipolano alcune variabili per meglio comprendere il CB; cioè, se il CB sia da imputare alla volatilità delle rappresentazioni visive o alla distruzione nel processo di consolidamento o delle rappresentazioni già consolidate da parte

dei meccanismi generanti CB. L'ipotesi della volatilità postula che le rappresentazioni visive di basso-livello siano intrinsecamente volatili; esse esistono fintantochè la luce entra nell'occhio, mentre le vecchie rappresentazioni vengono sostituite dalle nuove istante per istante. In contrasto a questa ipotesi di volatilità, si potrebbe argomentare che le rappresentazioni a basso livello generalmente abbiano un buon livello di coerenza spazio-temporale (o almeno temporale) in assenza di attenzione focalizzata, ma che la condizione che genera CB in qualche modo distrugga la consolidazione della rappresentazione visiva o distrugga i processi che usano le rappresentazioni per rilevare il cambiamento (ipotesi della distruzione; Rensink et al., 2000). In accordo con tale ipotesi, il CB potrebbe essere dovuto a un fallimento occorso nella manipolazione sperimentale, piuttosto che in qualcosa inerente alle rappresentazioni visive, infatti, sebbene il CB sia un fenomeno sorprendente, poco ci fa capire su come la visione opera in condizioni normali.

Rensink et al. (2000) si domandano come la durata e il colore (e quindi la diversa luminanza) del *blank screen* possano influenzare la performance. I risultati sull'effetto delle diverse durate del *blank screen* sulle prestazioni sono molto interessanti: essi mostrano (Figura 7) che la detezione è abbastanza limitata con tutte le durate, ma che la detezione è significativamente più veloce per il *blank screen* di 40 ms (durata che rientra in quell'intervallo temporale dei 100 ms di possibile accumulazione dell'informazione visiva; DiLollo, 1980) e che con un *blank* di 320 ms, la detezione è significativamente più lenta rispetto a quella che si osserva con *blank* di durata inferiore solo per i cambiamenti marginali. Queste evidenze sperimentali inducono gli autori a rifiutare l'ipotesi della *distruption*, incompatibile con livelli di prestazioni diverse per *blank screens* di durata diverse (Figura 8), infatti viene a mancare l'ipotesi sull'intervento di un meccanismo comune di distruzione dell'informazione visiva. Secondo gli autori, i risultati ottenuti sarebbero a favore dell'ipotesi della volatilità; infatti, sembrerebbe esserci una sorta di degradazione in qualche aspetto della memoria (il più probabile candidato è la memoria iconica; Sperling, 1960)

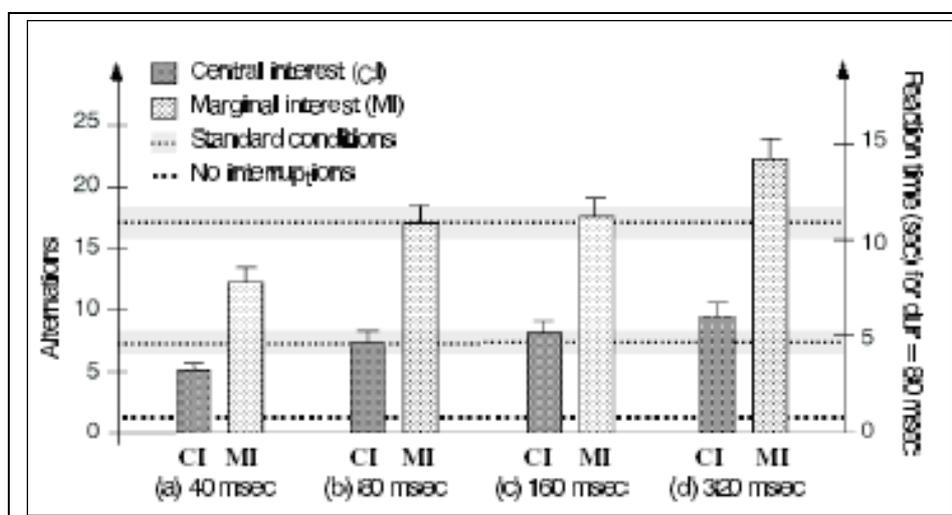


Figura 8. Risultati della diversa durata del blank screen sulla prestazione di CD. (Rensink,

O'Regan & Clark , 2000)

Gli autori non hanno rilevato differenze significative nemmeno presentando *blank screen* di differenti colori (Figura 9). Queste evidenze sono state interpretate in due possibili modi: a) il *blank screen* grigio potrebbe già ottenere la maggior distruzione possibile del cambiamento, raggiungendo così un tetto massimo nell'effetto ppure b) il *blank screen* non crea nessuna *disruption*, essendo le rappresentazioni volatili; esso cioè impedisce solo l'automatica allocazione dell'attenzione, con nessuna influenza sulla prestazione della luminanza della schermata.

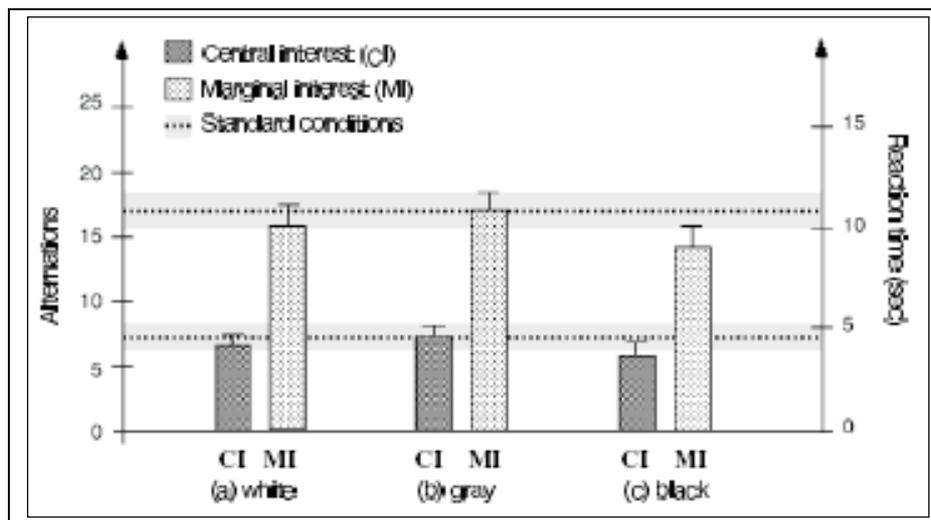


Figura 9. Evidenze del diverso colore del blank screen sulla prestazione di CD. (Rensink, O'Regan & Clark, 2000)

In aggiunta, i risultati non mostrano nessun effetto della presentazione prolungata (di 8 sec) della prima immagine. Poichè il riconoscimento e il ricordo migliorano aumentando il tempo di esposizione degli stimoli (Tversky & Sherman, 1975), gli autori postulavano che una *preview* di lunga durata della prima immagine potesse formare una rappresentazione abbastanza stabile per supportare facilmente la percezione del cambiamento o, in alternativa, che il blank screen interferisse comunque con questo processo di consolidamento (Rensink et al. , 2000). Se il consolidamento mnemonico è distrutto dalla schermata, o se sono richiesti alcuni minuti per costruire una rappresentazione, allora la prestazione dovrebbe migliorare con la *preview*; se la CB è dovuta alla volatilità delle rappresentazioni, la *preview* non dovrebbe influenzare tale volatilità. I risultati mostrano che la *preview* non migliora la CD e tale risultato sembra supportare l'ipotesi della volatilità. Inoltre, secondo gli autori, i risultati ottenuti dimostrerebbero l'assenza dell'accumulazione dell'informazione visiva (cioè l'informazione visiva ricevuta in diversi stimoli di breve durata in successione non verrebbe sommata insieme in un'unica rappresentazione visiva),

mostrando quindi che il fenomeno CB non è causato da un insufficiente tempo per costruire le rappresentazioni visive o da qualche interferenza nel consolidamento della traccia mnemonica.

Inoltre, se la CB fosse determinata da un processo di distruzione del segnale, manipolando le durate del *blank screen*, si dovrebbe evidenziare una "scala di tempo" dove l'effetto CB dovrebbe essere particolarmente pronunciato con *blank screen* di maggiore durata, mentre tale effetto si dovrebbe ridurre al diminuire della durata del *blank screen*. L'ipotesi della volatilità prevede che la prestazione si mantenga stabile quando le durate sono abbastanza "lunghe" da creare un *global transient*, che annullerebbe il transiente locale associato al cambiamento. Considerando durate di 40, 80, 160, 320 ms la prestazione si mantiene pressoché inalterata, anche se la condizione di 40 ms mostra una prestazione migliore. Questo dovrebbe essere legato ad una condizione con una ridotta distruzione del segnale, cadendo tale durata in quella finestra temporale (meno di 100 ms) in cui ci dovrebbe essere un maggior coinvolgimento della detezione di *motion* a basso livello (Bischof, Seiffert & DiLollo, 1996; Braddick, 1973; Phillips, 1974), ci si avvicinerebbe cioè a quella situazione in cui in assenza di *blank screen* la rilevazione del cambiamento avviene automaticamente. Come la durata del *blank screen* diminuisce, sembrerebbe verificarsi una sorta di integrazione temporale del segnale tra le due immagini e il segnale transiente risulterebbe indebolito nelle regioni di non cambiamento e più forte nella regione dove avviene cambiamento. Gli autori sostengono che, verosimilmente, 40 ms rappresenta il punto dove la forza del transiente associato al cambiamento inizia a innalzarsi sopra il segnale globale prodotto dal *blank screen*. Da notare che comunque in questa condizione si registra ancora CB, sebbene in maniera ridotta rispetto a condizioni in cui il *blank screen* è di durata maggiore. La prestazione con un *blank screen* di 320 ms risulta peggiore rispetto a quella osservata con un *blank screen* di 80 ms. Proponendo ai soggetti *blank screen* di diversi colori, gli autori hanno mostrato come la CB non è influenzata dalla luminanza.

Scholl (2000) conferma il ruolo principale dell'attenzione focalizzata nella detezione del cambiamento mostrando un effetto CB attenuato se il cambiamento è un item atteso tramite un meccanismo di selezione attenzionale di tipo esogeno/involontario. L'autore, infatti, solleva dubbi sul metodo utilizzato negli studi di Rensink per individuare gli items di interesse centrale e marginale, cioè sul fatto che una descrizione soggettiva dello stimolo possa correlare perfettamente con il "grado di interesse" e quindi con la selezione attenzionale. Infatti altri aspetti possono influenzare tale descrizione, come la difficoltà di mettere in parole quanto osservato o la intrinseca descrivibilità dell'item. Lo studio di Scholl è appunto un tentativo di determinare se il CB sia attenuato per gli oggetti attesi, utilizzando una selezione attentiva esogena controllata più rigorosamente rispetto quanto ottenuto con il metodo usato da Rensink et al. (1997). Sappiamo che eventi come il *sudden onset* dello stimolo e il *featural singleton* attirano l'attenzione in modo

esogeno/involontario (Yantis & Jonides, 1988). Proponendo un *flicker task*, che include queste due condizioni sperimentali e una di controllo, l'autore dimostra che cambiamenti avvenuti su *late-onset items* o *colour singletons* erano rilevati più rapidamente, in quanto attesi. È possibile che nel *flicker task* la cattura esogena dell'attenzione sia di breve durata e che sia poi seguita dall'ispezione attenzionale di tipo endogeno/volontario. La cattura esogena della scena servirebbe come *trigger* per l'attenzione endogena, determinando essenzialmente l'inizio dello *scan path* di tipo endogeno (Todd & Kramer, 1994). È plausibile che i soggetti non facciano subito una ricerca di tipo seriale del display, ma che prima tentino di “sense” il cambiamento nel display come un intero. Tale circostanza sarebbe ideale per la cattura attenzionale esogena. I risultati supporterebbero dunque la teoria attenzionale del fenomeno CB e lo dimostra usando una forma di selezione attenzionale maggiormente controllato.

Inoltre, il processo di ricerca del cambiamento implicato nel *flicker paradigm* sembra esser governato dagli stessi processi attenzionali coinvolti nella ricerca di pattern complessi statici (Treisman & Gormican, 1988) e può esser analizzato utilizzando la stessa cornice teorica (Rensink, 2000). Il processo di ricerca del cambiamento è lineare, cioè i tempi di rilevamento del cambiamento aumentano linearmente all'aumentare del *set size* ed è auto-terminante, cioè termina quando il cambiamento viene rilevato dal soggetto. Inoltre, la pendenza della retta che descrive la ricerca del cambiamento sembra esser costante al variare della durata degli stimoli (almeno considerando durate fino a 640 ms nella ricerca di cambiamento nell'orientamento e fino a 800 ms nella ricerca di cambiamento della polarità). In queste condizioni, la velocità di ricerca è “limitata da processi intrinseci del compito e non tanto dalla “qualità ” dello stimolo o da limiti di memorizzazione” (pag. 357). La capacità di questo compito (intesa come il massimo numero di *items* che il soggetto può ritenere ad ogni alternanza del *flicker*) sembra attestarsi intorno a 5 items per la ricerca del cambiamento nell'orientamento (equivalente al limite di 5 items per lo span attentivo o *Working memory*; Luck, & Vogel, 1997), confermando la validità della teoria della coerenza. Un *pattern* diverso (lineare) sembra investire la capacità nella ricerca della polarità, che appare aumentare con la durata dello stimolo (9 items con stimoli di 800 ms). Quindi, mentre la ricerca di un cambiamento nell'orientamento sembrerebbe subire limiti dovuti alla capacità di memoria (almeno per le durate qui considerate), la possibilità di rilevare cambiamenti nella polarità sembrerebbe essere maggiore, e chiamerebbe dunque in campo una “super capacità”, forse spiegabile con qualche processo di raggruppamento che formerebbe maggiori e più complessi “*chunk*” di informazione. Il meccanismo qui investigato non tratta le caratteristiche visive allo stesso modo.

La ricerca del cambiamento è di circa 100-120 ms/item, questo valore è tendenzialmente maggiore rispetto a quelli individuati per le ricerche attentive in display statici; esso si può spiegare

considerando che questo processo richiede processi non necessari nella ricerca in display statici (come il mantenimento dell'informazione in *Short Term Memory*). Comunque la ricerca del cambiamento sarebbe mediata dall'attenzione focalizzata, infatti solo una quantità limitata di informazione può essere mantenuta per un dato intervallo temporale.

Il ruolo dell'attenzione nel fenomeno CB consentirebbe di esplorare la natura dei processi attenzionali (Rensink, 2001). In particolare, la robusta natura metodologica del paradigma *flicker* permetterebbe di investigare vari aspetti del *processing* attenzionale, quali:

- **Speed.** Determinata dalla velocità di ricerca visiva del cambiamento; per esempio, il tempo impiegato per ciascun item.
- **Capacity.** Determinata dalla manipolazione della quantità di items attesi in ciascun ciclo. Il numero degli items aumenta fino a ottenere il livello di saturazione, che rappresenta la capacità attentiva (Rensink, 2000).
- **Selectivity.** Determinata dal confronto della velocità impiegata nell'esaminare tutti gli items rispetto alla velocità impiegata nella ricerca del cambiamento occorso in un subset selezionato di items; per esempio, la velocità per la detezione di un cambiamento di orientamento può essere misurata all'interno di un set di items bianchi e neri, quando il cambiamento avviene solo all'interno degli items neri. Tale misura di velocità è indice della selettività attenzionale per gli items neri (Rensink, 1998).
- **Basic codes.** I codici di base per gli oggetti coerenti possono essere determinati confrontando differenti tipi di cambiamenti e diversi tipi di items (Rensink, 2000b). I cambiamenti nei codici di base sono indicati in tre modi: la velocità è relativamente alta, poiché è richiesta minor attività di codifica e di confronto; la capacità è relativamente alta, dato che è necessario immagazzinare una minima descrizione; la selettività è efficiente, dato che è necessario eccitare o inibire un minimo numero di codici. Rimane da determinare se il set dei codici sia equivalente al set dei *features* (caratteristiche) ottenuti dagli studi sulla velocità di ricerca in display statici (Treisman & Gormican, 1988).
- **Task dependence.** Possono essere fatti diversi compiti usando *flickering displays*. Essi includono non solo la detezione, ma anche l'identificazione e la localizzazione del cambiamento. Sebbene si possa pensare che questi compiti possano condurre alla stima delle stesse abilità attenzionali, non è affatto vero; infatti, la stima della capacità per l'identificazione è sempre inferiore a quella della detezione (Wilken, Mattingley, Korb, Webster, & Conway, 1999).

Rappresentazioni visive

Il fenomeno del CB ha sollevato molte ipotesi su quanto effettivamente siano dettagliate o meno le

rappresentazioni visive degli stimoli che osserviamo. Alcuni autori, sulla base delle evidenze dei fallimenti osservati nella letteratura sul CB, hanno ipotizzato che le nostre rappresentazioni visive interne siano addirittura inesistenti (O'Regan e Noe, 2001); altri (Rensink et al. 1997; Simons e Levin, 1997) ipotizzano che esse siano deboli o incomplete; altri ancora (Beck e Levin, 2003) sostengono che le rappresentazioni siano abbastanza dettagliate da consentire di rilevare un cambiamento tra le due scene, ma non così forti da permettere un riconoscimento molto accurato (essi parlano di rappresentazioni volatili, che supportano la CD, ma non un riconoscimento accurato). Queste ipotesi potrebbero contraddire i modelli tradizionali sulla percezione che postulano l'esistenza di rappresentazioni complete di una scena visiva, costruite su diversi punti di vista. Invece, le conclusioni a cui sono giunti alcuni studiosi del CB (Brooks, 1991; Dennett, 1991; Gibson, 1986; O'Regan, 1992) comportano che non sia necessario agli osservatori la formazione di rappresentazioni interne dell'ambiente visivo circostante, servendosi del mondo esterno come magazzino di memoria a cui è possibile sempre attingere.

Simons (2000) identifica cinque possibili cause all'origine del CB (Figura 10):

1. *Overwriting*: l'ipotesi della sovra-scrittura postula che la prima immagine venga sovrascritta dal blank screen o dalla seconda immagine.
2. *First impression*: l'ipotesi della prima impressione postula che il soggetto codifichi solo le caratteristiche della prima immagine, senza codificare le caratteristiche della scena modificata. Sebbene sembri controintuitiva, questa ipotesi può esser plausibile, soprattutto nelle situazioni di CD incidentale. Infatti, l'obiettivo principale della percezione è capire il significato della scena visiva e, un volta raggiunto tale obiettivo, sarebbe irrilevante raccogliere tutti i dettagli della scena. Avendo percepito la prima immagine, non avremmo necessità di ri-esaminare la seconda scena, considerando che esse veicolano lo stesso significato (Friedman, 1979). In altre parole, non avremmo necessità di controllare le singole caratteristiche di una scena il cui significato è uguale a quello di una scena già vista (DiGirolamo e Hintzman, 1997).
3. *Nothing is stored*: la forma più forte di questa teoria postula che niente è conservato nelle rappresentazioni visive, utilizzando il mondo esterno come magazzino a cui sempre attingere (Brooks, 1991; Dennett, 1991; Gibson, 1986; O'Regan, 1992). Solo le informazioni che sono state codificate (estraendole dal percolato) possono essere conservate una volta che la scena non sussiste. Dato che nessuna informazione della prima immagine verrebbe immagazzinata, il processo di CD sarebbe impossibile.
4. *Everything is stored but nothing is compared*: questa ipotesi postula che le persone siano capaci di formarsi delle rappresentazioni di due immagini separatamente senza esser consapevoli delle differenze tra loro; qinfatti spesso le persone non notano spontaneamente le

incoerenze finché l'attenzione non ne viene attirata (Brewer & Samarapungavan, 1991) e anche le ricerche sul ragionamento e sul pensiero mostrano che le persone possono avere delle credenze molto radicate, senza realizzare che esse sono fondamentalmente in contraddizione tra loro. In questo modo si può spiegare perché molte evidenze mostrano che i soggetti ricordano tutti i particolari delle due immagini, ma non rilevano il cambiamento tra loro.

5. *Feature combination*: questa ipotesi si rifa all'ipotesi del buffer visivo integrativo, nel quale due immagini vengono sovrapposte e integrate (un modello molto discusso negli anni '80; Bridgeman & Mayer, 1983; Feldman, 1985; Irwin, Brown, & Sun, 1988).⁰ Una versione più debole dell'originaria è proposta nell'ambito di alcuni studi sull'attenzione, in cui si ipotizza, non che le due rappresentazioni si integrino, ma che alcune caratteristiche vengano immagazzinate da una prima immagine ed alcune immagazzinate da una seconda, formando così una rappresentazione diversa dalle due iniziali. Essenzialmente, i soggetti non riuscirebbero a mantenere le due immagini separate e fonderebbero le due rappresentazioni in un'unica coerente rappresentazione. Questa è l'idea sottostante all'evidenze in cui i testimoni oculari ricordano di un evento anche particolari avvenuti prima o dopo dello stesso (Loftus, 1979). È importante notare che questa combinazione non avverrà se le due immagini sono contrastanti (una donna sostituita da un uomo barbuto, non può diventare una donna barbuto) perché la combinazione delle due immagini deve avere una sua coerenza intrinseca. Sebbene non esistono evidenze a supporto di questa teoria nella letteratura CB, le evidenze nella letteratura della migrazione delle caratteristiche nella scena visiva (Intraub, 1985; 1989) e sulle congiunzioni illusorie (Treisman, 1993) suggeriscono che questa ipotesi potrebbe esser possibile.

5 Causes of Change Blindness

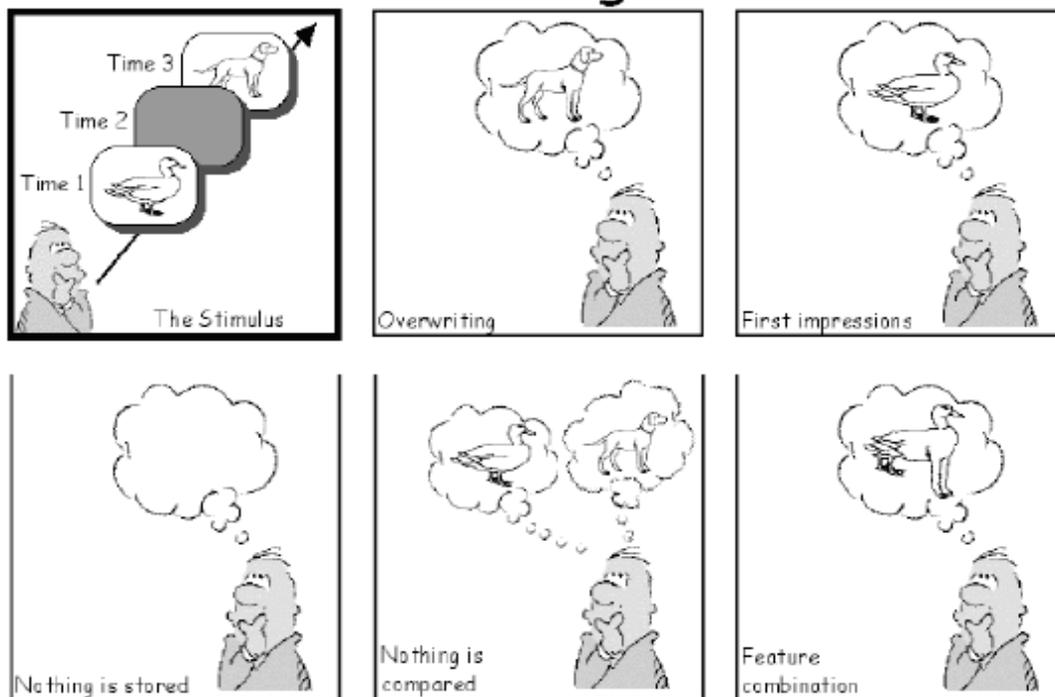


Figura 10 Possibili cause all'origine del CB (Simons, 2000).

Simons e Levin (2005) analizzano le possibili situazioni che danno origine al fenomeno del CB (Figura 11). Nella situazione A, la rappresentazione della scena è inizialmente completa, ma poi decade o viene distrutta prima che possa esser confrontata con la scena post-cambiamento (il fenomeno del CB niente ci dice sulle rappresentazioni *short-lived* e quindi possiamo anche ipotizzare che si stia parlando di tali tipo di rappresentazioni); quand'anche si arrivi al confronto, la mancanza della rappresentazione fa incorrere in CB. Nella situazione B, la rappresentazione è completa, ma non riesce a “entrare” nel meccanismo che porta al confronto; nella situazione C, la rappresentazione è dettagliata ma in un formato che impedisce il confronto; nella condizione D, la rappresentazione è completa e dettagliata, ma il processo di confronto fallisce e il cambiamento non viene rilevato. I due autori postulano che la rappresentazione della scena pre-cambiamento sia sempre completa e dettagliata (per lo meno inizialmente), nel caso in cui ciò non avvenga, e che quindi la rappresentazione sia incompleta o addirittura inesistente, il fenomeno del CB avviene comunque.

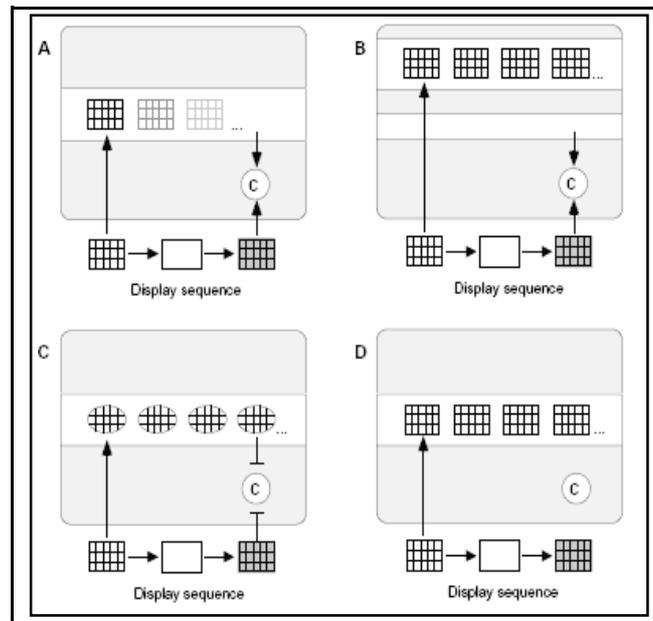


Figura 11. Possibili situazioni che danno adito al CB (Simons, Levin, 2005).

Alcuni studi, invece, hanno mostrato che il fenomeno CB non implica necessariamente l'inesistenza o la superficialità delle nostre rappresentazioni visive interne; i soggetti possono non rilevare il cambiamento avvenuto nella scena, mostrando in verità di possedere delle rappresentazioni dettagliate di tale scena: i soggetti riconoscono in un compito di memoria l'oggetto a cui avevano prestato attenzione, anche quando gli stessi avevano fallito nel rilevare il cambiamento che subiva quello stesso oggetto (Hollington & Hendersen, 2002); i soggetti riportano dettagli dell'oggetto che ha subito cambiamento durante un'interazione reale (Simons, Chabris & Schnur, 2002) e riconoscono l'oggetto sia nella condizione pre che post-cambiamento a un livello superiore al caso anche quando hanno fallito la CD (Mitroff, Simons & Levin, 2004).

Perché non avvenga CB, il soggetto deve possedere una rappresentazione della scena prima del cambiamento e confrontare la rappresentazione con la scena postcambiamento; il fenomeno del CB avverrebbe quindi per il fallimento del processo di confronto (Hollingworth, 2003) (in aggiunta o al posto del fallimento nella formazione di una rappresentazione accurata della scena pre-cambiamento). Mentre un ignaro soggetto viene fermato da una persona per un'informazione, alcune persone passano tra di loro e cambiano il pallone che l'interlocutore aveva in mano. Su successiva interrogazione, il soggetto non identifica il cambiamento, mostrando però di ricordare le caratteristiche sia del primo pallone sia di quello poi sostituito (Simons, Chabris & Schnur, 2002; Figura 12).

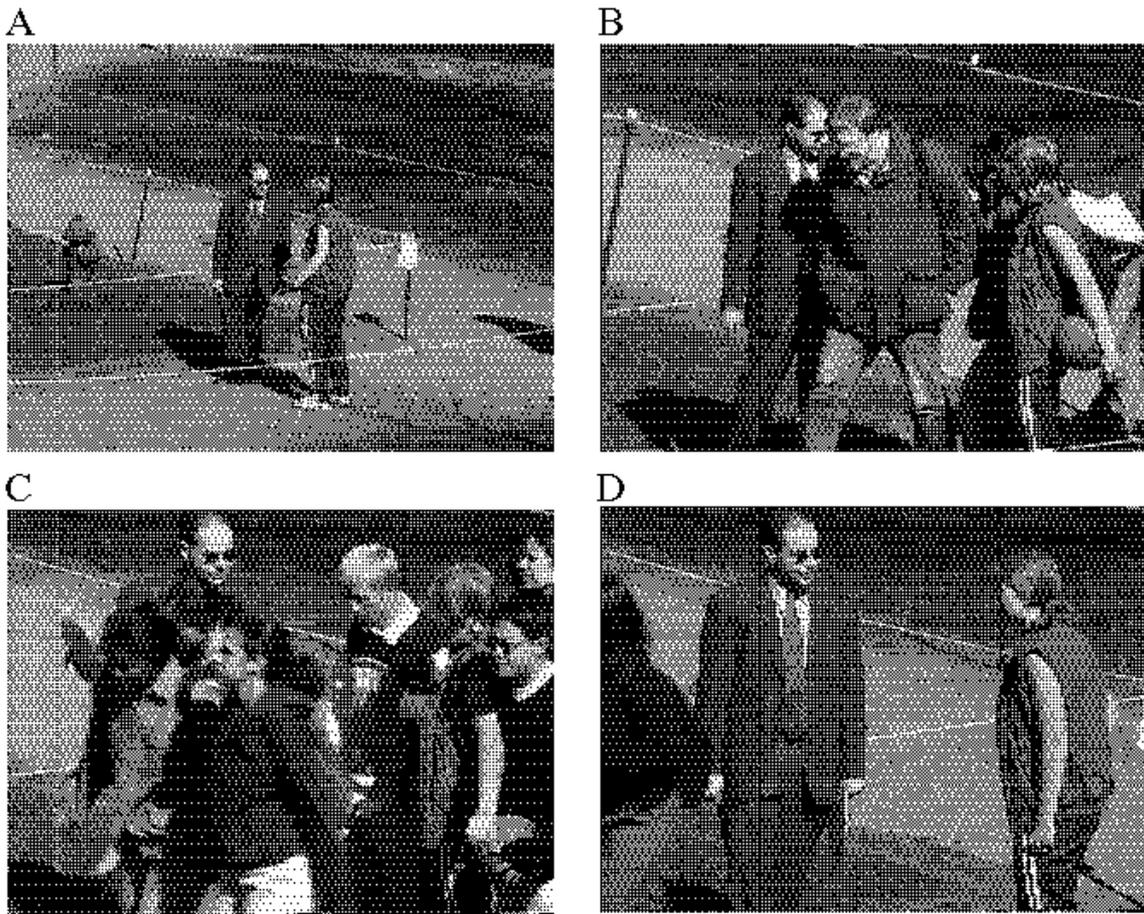


Figura 12. Evidenze a favore della teoria del confronto: un passante non identifica che al suo interlocutore è stato tolto o cambiato il pallone che aveva in mano, pur ricordando le caratteristiche del pallone (Simons et al., 2002).

Nella Figura 13 è mostrato l'esperimento di Varakin, Levin, & Collins (2007) in cui durante un'interazione reale, viene modificato il colore del contenitore e il font della parola scritta all'interno. Questo studio supporta l'idea che il CB abbia molteplici cause. Infatti, i soggetti che mostrano un livello di sicurezza diverso nel rilevare il cambiamento, mostrano prestazioni mnestiche diverse. In particolare, coloro che non rilevano i cambiamenti con basso livello di sicurezza (*low-confidence missers*) mostrano di non ricordare il colore del contenitore pre e post change, ma riconoscono il *font* usato; mentre coloro che non rilevano i cambiamenti con alto livello di sicurezza (*high-confidence missers*) hanno un buon ricordo del cambiamento pre e post del colore e del font. Mentre la prima evidenza è in accordo con l'ipotesi di un fallimento a livello delle rappresentazioni visive, la seconda è a favore con la teoria del fallimento del confronto. Questo studio è un esempio di quanto le teorie esistenti sull'origine del CB sembrano non spiegare *in toto* il fenomeno, essendo numerosi studi che riportano esistenze contrastanti sulla causa del CB.



Figure 13. Fotogrammi dell'interazione reale in cui al soggetto viene mostrato un contenitore con all'interno una parola scritta; il cambiamento investirà sia il colore del contenitore che il font della parola. I soggetti mostrano prestazioni mnestiche diverse in relazione al loro grado di sicurezza nell'identificare il cambiamento (Varakin, Levin, & Collins, 2007).

In un recente esperimento, Mitroff, Simons, & Franconeri (2004) propongono un paradigma flicker *one-shot* dove vengono presentate due griglie di oggetti, identiche in tutto se non in un oggetto che viene sostituito nella seconda griglia (Figura 14). Successivamente il soggetto viene sottoposto a tre test di riconoscimento, dove deve indicare quale tra gli oggetti presentati si trovava nelle griglie. Ciascun test di riconoscimento, presentato in ordine randomizzato, contiene l'oggetto pre-cambiamento, post-cambiamento o oggetti che non cambiano.

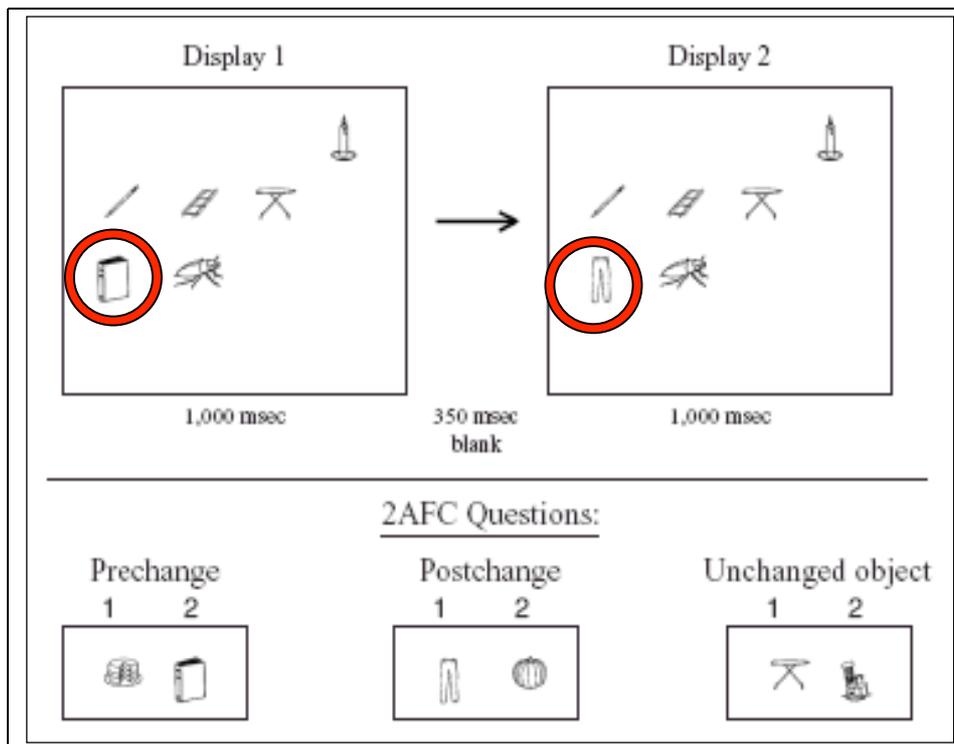


Figura 14. Esempio delle griglie presentate nell'esperimento di Mitroff et al. (2004).

I risultati mostrano che i soggetti hanno delle rappresentazioni degli oggetti pre e post cambiamento, raggiungendo delle percentuali di accuratezza che si allontanano dal caso. Tali percentuali inoltre, sono maggiori quando essi stimano le proprie risposte con livelli maggiori di confidenza (Figura 15).

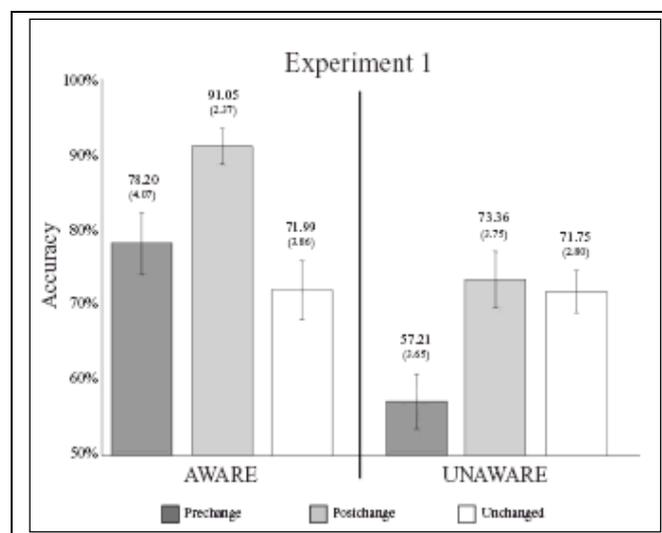


Figura 15. Percentuali di risposte corrette in funzione del tipo di oggetto da riconoscere e del grado di confidenza.

Secondo Simons (2005), dall'analisi della letteratura sul CB non si può desumere che non esistano rappresentazioni visive, ma si può ritenere che gli osservatori si creino comunque delle rappresentazioni visive delle scene che vengono loro presentate, che però non garantiscono una CD

consapevole; secondo l'autore esisterebbero rappresentazioni potenzialmente sufficienti a rilevare il cambiamento anche quando si rileva il fenomeno del CB, quest'ultimo si presenterebbe quando il soggetto non rivolge la sua attenzione alla locazione dove avviene il cambiamento o qualora fallisca il confronto consapevole tra le rappresentazioni delle scene pre-cambiamento e post-cambiamento.

Un'ipotesi alternativa a quella della natura poco dettagliata delle rappresentazioni visive, riguarda la possibilità che le informazioni conservate possano non essere in un formato accessibile alla percezione consapevole del cambiamento. Alcuni studi (Mitroff et al., 2002, Koivisto et al., 2003) hanno valutato tale ipotesi, ovvero se ci possa essere CD in assenza della consapevolezza del cambiamento. Possono i soggetti riportare la locazione del cambiamento senza averlo consapevolmente rilevato? Possono riportare evidenze comportamentali di CD (per esempio, risposte più lente in presenza di un cambiamento) quando gli stessi non ne riportano consapevolezza? Se esistono evidenze di presenza di CD senza consapevolezza di essa, allora i soggetti devono avere una rappresentazione della scena visiva e riuscire a confrontarla con la percezione della scena post-cambiamento, ma tale rappresentazione usata per una CD implicita deve essere diversa dalle rappresentazioni possedute nel caso di CD esplicita. Rensink (2004) ha messo in evidenza il fenomeno del "*mindsight*" per cui l'osservatore "sente" che c'è stato un cambiamento senza vederlo, quasi una sorta di sesto senso (Simons, Nevarez & Boot, 2006). I soggetti spesso riportano che prima di vedere il cambiamento hanno la sensazione che qualcosa cambi; questo potrebbe indicare che esistono due meccanismi implicati nella CD, uno dei quali non è soggetto alle stesse limitazioni che danno adito al CB. Se così fosse, il *mindsight* implicherebbe che i soggetti hanno le rappresentazioni delle scene e riescono a confrontarle, ma senza che il focus attentivo vada nella regione in cui avviene il cambiamento. Rensink solleva l'ipotesi dell'esistenza di un meccanismo attentivo, finora sconosciuto, quasi un sesto senso che la ricerca non ha ancora studiato. Questa visione è però controversa, essendoci alcuni autori che ne negano l'esistenza, sostenendo che quello che Rensink chiama *mindsight* potrebbe essere dovuto alla richiesta avanzata dal compito o alla tendenza dei soggetti di verificare (o meno) la correttezza del cambiamento rilevato (Fernandez-Duque, Thornton, 2000; Mitroff, Simons, Franconeri, 2002; Simons, Nevarez, Boot, 2005).

Molteplici sono le evidenze di detezione implicita: i soggetti nonostante dichiarino di non essere consapevoli dell'avvenuto cambiamento, sono comunque capaci di indovinare la posizione del cambiamento con un livello sopra il caso (Fernandez-Duque & Thornton, 2000; 2003; Laloyaux, Devue, Doyen, David, & Cleeremans, 2008).

Attenzione e Change Blindness

Riassumendo possiamo dire che la difficoltà dei soggetti nel notare un cambiamento in due scene successive è spiegata ipotizzando che una modifica in un dato oggetto possa essere notata solamente se l'attenzione viene rivolta a tale oggetto. Solo in tal modo le sue caratteristiche verranno codificate e processate in modo relativamente stabile (O'Regan et al., 1996; Rensink et al., 1997), permettendo all'osservatore di fare una comparazione dell'elemento in questione tra la scena A e A', e di rilevare l'eventuale variazione. Viceversa, a dispetto della nostra impressione soggettiva di vedere continuamente tutto quello che stiamo osservando, i cambiamenti non verranno notati negli oggetti o parti della scena in cui non viene focalizzata l'attenzione (Levin & Simons, 1997; Simons & Levin, 1997; O'Regan, 1998).

Dagli studi citati in precedenza emergono robuste evidenze sperimentali a favore dell'ipotesi che sia proprio l'attenzione il fattore cruciale che consente di "vedere" un cambiamento, o, in generale, di vedere coscientemente qualcosa (Mack & Rock, 1998; O'Regan, Rensink, & Clark, 1999). A conferma di ciò è il fatto che, rispetto a zone classificate di "interesse marginale", i cambiamenti sono in genere notati più facilmente negli oggetti o parti della scena definiti come zone di 'interesse centrale'. Attraverso l'attenzione, infatti, a tali zone verrebbe dato un accesso privilegiato in un sistema di ricerca visiva a capacità limitata (Levin & Simons, 1997).

Affrontiamo dunque più in dettaglio quale sarebbe il meccanismo sottostante il fenomeno della *change blindness*, e come l'attenzione agisca sulla rappresentazione visiva relativa alla parte del mondo che osserviamo. Vediamo quindi cosa accade quando un cambiamento ha luogo in assenza di segnali visivi di disturbo, quindi in condizioni di 'normale' osservazione. In generale, quando una persona guarda un'immagine, le zone che osserverà in modo preferenziale saranno determinate da due diverse classi di fattori: le sue aspettative o interessi, e le caratteristiche degli elementi che costituiscono la scena. Questa distinzione, tra fattori strategici o "*goal-directed*" e fattori legati alla salienza degli oggetti o "*stimulus-driven*", è ampiamente consolidata nell'ambito degli studi che si occupano di capire come e secondo quali meccanismi l'attenzione sia diretta nel campo visivo (Folk, Remington, & Jonhston, 1992; Wolfe, 1994). Il risultato dell'interazione di questi due fattori sarà una sorta di lista di elementi prioritari che guideranno il comportamento esplorativo visivo del soggetto (Wolfe, 1994; O'Regan, 2000). Supponiamo ora, per semplicità, che di tale lista A e B siano gli elementi prioritari e siano dunque quelli che verranno probabilmente processati (in base alle loro caratteristiche o al fatto che assomigliano al nostro obiettivo di ricerca). In posizione intermedia nella lista troviamo gli elementi C, D, mentre gli elementi E ed F, quelli meno rilevanti che occupano le posizioni finali nella ipotetica lista. Tale classificazione è riconducibile anche alla definizione di zone ad alto interesse (diciamo gli elementi A, B) e basso interesse (E, F), spesso usata negli studi sulla CB.

Quando il soggetto osserverà la scena egli sposterà la sua attenzione sui vari aspetti che la costituiscono, inserendoli nella propria rappresentazione visiva di ciò che sta guardando. Più un elemento sarà visitato dall'attenzione e maggiori saranno le probabilità che esso venga consolidato in modo relativamente durevole e stabile all'interno della rappresentazione. Se improvvisamente avviene un cambiamento in un elemento della scena, il segnale transiente ad esso associato assicurerà che l'attenzione sia automaticamente catturata nella corrispondente posizione (Breitmayer e Ganz, 1976; Yantis e Jonides, 1990). Ora, qualora il cambiamento riguardi una zona di interesse centrale, per esempio l'elemento A che cambia in A', il segnale transiente catturerà l'attenzione su A', e, attraverso una comparazione con A (codificato precedentemente nella rappresentazione visiva), il soggetto potrà notare e riportare correttamente il cambiamento.

Viceversa, se la modifica riguarderà una zona di interesse marginale, diciamo che l'elemento E cambia in E', il transiente catturerà comunque l'attenzione su E', assicurando di fatto che il soggetto possa riportare che un cambiamento è avvenuto. Tuttavia l'osservatore non sarà in grado di dire in che cosa sia consistita la variazione, dato che, in quanto elemento marginale, non era stato processato attentivamente e quindi codificato in modo preciso e stabile (O'Regan et al., 1997). Quindi, per concludere, in condizioni di osservazione normali, se il cambiamento avviene nelle zone di alto interesse è molto probabile che il soggetto rilevi il cambiamento e che sia anche capace di dire cosa è cambiato in che cosa. Diversamente, per le zone di interesse marginale sarà ancora possibile rilevare il cambiamento, ma sarà molto più difficile definirlo.

Consideriamo invece adesso cosa succede negli studi sulla *change blindness* quando, contemporaneamente al cambiamento di un elemento della scena, viene aggiunto un "blank screen", o dei "mud-splashes". Questi eventi visivi creano nell'immagine o un segnale transiente globale molto forte (nel caso del *flicker task*) o una serie di segnali transienti locali (nel caso dei *mud-splashes*), che competeranno con il segnale transiente locale dovuto al cambiamento per catturare l'attenzione. In tal modo, anziché essere correttamente diretta sul luogo od oggetto dove avviene il cambiamento, l'attenzione potrà essere erroneamente catturata altrove su di una posizione irrilevante. Ne segue che, per rilevare la modifica nella scena, l'osservatore dovrà iniziare una ricerca seriale tra i vari elementi dell'immagine osservata, e verificare se essi corrispondono a quelli immagazzinati nella propria rappresentazione. Come discusso precedentemente, la comparazione sarà possibile solo per quegli elementi le cui caratteristiche sono state codificate attraverso un processo attentivo volontario, elementi che in genere corrispondono a zone ad alto interesse. Rilevare il cambiamento sarà invece molto più difficile per le zone di interesse marginale. Infatti, gli elementi di tali zone hanno meno probabilità di essere esplorati dall'attenzione, e la loro codifica risulterà molto povera se non assente (O'Regan et al., 1999).

In sostanza, la possibilità che un cambiamento in un'immagine venga notato dipende dal fatto che

l'attenzione sia diretta o meno sull'elemento dell'immagine che viene modificato. Chiaramente le zone di maggior interesse sono più spesso visitate dal fuoco dell'attenzione durante l'esplorazione della scena, e i loro elementi hanno perciò una maggior probabilità di essere codificati in modo preciso.

Quindi, per riassumere, la spiegazione del fenomeno della *change blindness* si baserebbe fondamentalmente su due componenti: una componente di "distrazione", e una componente di "codifica". Per la componente di distrazione abbiamo visto che se ulteriori transienti vengono ad aggiungersi nell'immagine al momento della modifica, il segnale transiente 'buono' risulterà meno saliente e dovrà competere con i transienti addizionali per catturare l'attenzione. In tal modo sarà possibile che l'attenzione venga diretta altrove e che il cambiamento non sia rilevato.

Per quanto riguarda invece la componente di codifica le cose sono meno semplici. Infatti, ci si potrebbe chiedere perché, una volta che l'effetto dei segnali transienti di disturbo sia passato, il cambiamento non possa essere rilevato semplicemente comparando la scena attuale con quella precedentemente osservata appena 100 ms prima. Si noti infatti (Sperling, 1960) che, in linea teorica, un osservatore potrebbe rilevare la differenza semplicemente attraverso la sovrapposizione delle due immagini iconiche (O'Regan, 1998). Tuttavia, come dimostrano chiaramente i risultati sulla CB questo non avviene. Ciò dipenderebbe dal fatto che gli elementi della rappresentazione visiva non analizzati dall'attenzione sarebbero semplicemente sovrascritti dai nuovi stimoli che appaiono nelle stesse posizioni (O'Regan, 1998).

La teoria della coerenza

La principale teoria a cui molta della letteratura sul CB fa riferimento è la *Coherence theory* di Rensink (2000); essa postula che la componente principale responsabile del CB sia l'attenzione selettiva. Il termine "coerenza" si riferisce all'esistenza di interconnessioni e consistenza nella struttura delle rappresentazioni visive che ci creiamo. La coerenza spaziale di due strutture adiacenti implica che esse facciano parte dello stesso oggetto, esteso nello spazio; la coerenza temporale di due strutture successive implica che esse partecipino allo stesso oggetto, esteso nel tempo.

La teoria della coerenza postula che le strutture di basso livello di elaborazione cognitiva (*early-level structures*) non abbiano coerenza in assenza dell'attenzione focalizzata. Un certo tipo di integrazione spaziale è possibile a bassi livelli, rendendo possibili alcuni processi come il raggruppamento rapido (*rapid grouping*) e il completamento rapido degli oggetti occlusi (*rapid completion of occluded objects*) (Rensink & Enns, 1995, 1998). Per esempio, gli stimoli alla stessa locazione retinica possono esser integrati nel tempo, se sono presentati entro intervalli minori di 100 ms (DiLollo, 1980). Al di là di questi casi, le rappresentazioni di basso livello d'elaborazione

cognitiva sarebbero fundamentalmente volatili: esisterebbero fintanto che la luce entra nel nostro occhio, e ogni rappresentazione formatasi verrebbe subito sostituita da quella formatasi successivamente alla stessa locazione retinica. Per questi motivi, l'attenzione focalizzata sarebbe necessaria per dare quella coerenza che permette che le rappresentazioni a basso livello entrino a far parte di un oggetto di più larga scala e che questi oggetti siano stabili nel tempo (Kahneman, Treisman, & Gibbs, 1992).

Ma se noi siamo incapaci di accumulare i dettagli della scena visiva, come possiamo rilevare il cambiamento? Quali condizioni inducono CB e quali la ostacolano? La risposta suggerita dalla teoria della coerenza sembra indicare che l'attenzione focalizzata sia necessaria per rilevare il cambiamento (Rensink, 1997; Rensink, O'Regan, & Clark, 1997). Infatti, in condizioni normali, ogni cambiamento è accompagnato da un segnale di movimento (motion signal), che attrae automaticamente l'attenzione (Klein, Kingstone, & Pontefract, 1992). Soltanto quando quel segnale viene ostacolato (attraverso una saccade, un *flicker task*, un *blink...*), l'orientamento automatico dell'attenzione si perderebbe, determinando CB. Questa spiegazione però crea un apparente paradosso: generalmente si pensa che l'attenzione unisca le caratteristiche visive in una rappresentazione stabile degli oggetti (Kahneman, Treisman, & Gibbs, 1992; Kanwisher & Driver, 1992) e che operi velocemente, ad una velocità di 20-40 items al secondo (e.g. Julesz, 1984; Wolfe, 1994). Ma, se così fosse, perché l'ostacolo del segnale di movimento dovrebbe indurre CB? Perché l'attenzione semplicemente non "raccolge" tutti gli items visibili durante i primi secondi e quindi rende possibile la detezione del cambiamento? Rensink propone che l'attenzione sia strettamente connessa con il concetto di coerenza, che non solo denota la consistenza in un set di strutture rappresentazionali, ma anche l'interconnessione logica che fa sì che le strutture facciano parte della stessa entità spazio-temporale. Quindi, piuttosto che dire che l'attenzione crea strutture che durano indefinitivamente, potrebbe esser meglio dire che sono relativamente brevi e che l'attenzione rende una struttura coerente relativamente al tempo che è diretta verso di essa.

I punti focali della teoria della coerenza (Rensink et al., 2000) postulano che:

1. prima dell'attenzione focalizzata, i proto-oggetti (a basso livello di elaborazione) si formino continuamente e rapidamente, in parallelo. Quest'ultimi potrebbero essere abbastanza complessi, ma presenterebbero una coerenza limitata nel tempo e nello spazio; di conseguenza sarebbero volatili e facilmente sovrascrivibili da uno stimolo che appare nella stessa locazione retinica.
2. l'attenzione focalizzata agirebbe come una mano che prende soltanto un gruppo di proto-oggetti; una volta presi, essi acquisiscono stabilità e coerenza spaziale e temporale. Data questa continuità temporale, ogni stimolo nuovo a quella locazione sarà trattato come un cambiamento di una struttura esistente, piuttosto che come l'apparizione di una nuova

struttura.

3. dopo che l'attenzione focalizzata viene ritirata, gli oggetti perderebbero la loro coerenza e ritornerebbero allo stato di proto-oggetti. Non c'è nessun "after-effect" dopo che uno stimolo è stato atteso.

Quindi, secondo la teoria della coerenza, un cambiamento può esser rilevato solo se l'oggetto è atteso nel momento in cui avviene il cambiamento. Poiché solo un piccolo numero di items per volta può esser atteso (Pashler, 1988; Pylyshyn & Storm, 1988), molti degli oggetti presenti nella scena non hanno una rappresentazione stabile; se l'attenzione non viene automaticamente diretta al *motion signal*, il cambiamento non sarà atteso e avverrà CB.

Generalmente si crede che i livelli più bassi della percezione visiva forniscano una rappresentazione visiva dettagliata e che queste rappresentazioni visive siano retinotopiche e che si creino rapidamente (nell'ordine delle centinaia di ms), in parallelo, senza bisogno di attenzione focalizzata (Marr, 1982; Rensink, 1992; Rensink & Enns, 1998). La teoria della coerenza, invece, postula che senza attenzione queste strutture visive abbiano coerenza limitata nello spazio e nel tempo; i processi di basso livello, infatti, recupererebbero le proprietà della scena visiva e creerebbero dei proto-oggetti (degli insiemi relativamente complessi di frammenti che corrispondono a strutture localizzate) direttamente accessibili all'attenzione (Rensink & Enns, 1995, 1998). Essi diventerebbero così il livello più alto della visione "low-level" e il livello più basso sul quale l'attenzione può operare; evidenze della limitata coerenza temporale dei proto-oggetti viene da studi di integrazione visiva, che mostrano che gli stimoli possono esser integrati nel tempo solo se si trovano nella stessa locazione retinica entro un intervallo di 100 ms (DiLollo, 1980). Oltre questo limite temporale, sembra che i dettagli di presentazioni successive non possano essere sommate, confrontate o combinate (Irwin, 1996).

Da queste evidenze sembra plausibile sostenere che le strutture visive di basso livello siano volatili, possano essere facilmente sovra-scritte e che decadano nell'arco di alcune centinaia di ms (Rensink, O'Regan, & Clark, 1997). È importante notare che questa volatilità è a livello di proto-oggetti e non di pixels; se il nuovo oggetto è uno spazio vuoto, quel contenuto a quella locazione farà parte del nuovo proto-oggetto e potrà essere a sua volta sovra-scritto (Enns & DiLollo, 1997; Rensink et al., 2000).

Così, mentre i proto-oggetti hanno limitata coerenza spaziale e temporale, ne segue che l'attenzione focalizzata fornisce quella coerenza che li inserisce in un oggetto di più larga scala e li mantiene nel tempo. Questo implica che il cambiamento, quando percepito, sarà trattato come una trasformazione di una struttura esistente e non come la formazione di una nuova. In quest'ottica, l'attenzione focalizzata è profondamente coinvolta nella percezione di oggetti, i cui requisiti essenziali saranno di essere discreti, di differenziarsi dallo sfondo, di avere un'unità coerente nel tempo e nello spazio.

Per catturare queste proprietà, l'attenzione focalizzata si sofferma su un oggetto per volta (Deubel & Schneider, 1996; Garavan, 1998; Rensink, 1998).

L'interazione con le strutture di basso livello si realizzerebbe tramite il *nexus*; una struttura che contempla una descrizione sommaria dell'oggetto atteso, per esempio, la forma, il colore, la dimensione; all'interno del *nexus* esistono connessioni che renderebbero possibile la formazione di questa descrizione di proprietà. Quando un proto-oggetto è atteso, si stabilirebbe un collegamento (*link*) tra quest'ultimo e il *nexus*, rendendo possibile una trasmissione di informazioni bidirezionale. Le informazioni risalirebbero il *link* per permettere di avere informazioni sul proto-oggetto atteso; discenderebbero il *link* per dare stabilità al volatile proto-oggetto, affinché possa essere mantenuto o rapidamente rigenerato se occorre un'occlusione o una saccade. I *links* permetterebbero di creare una mappa tra le coordinate retinotopiche (che cambiano continuamente) dei proto-oggetti e le coordinate più stabili centrate sull'oggetto o sull'osservatore. Quando un *link* stabilisce un flusso ricorrente di informazioni tra un *nexus* e un proto-oggetto, il circuito risultante viene definito come un campo di coerenza (*coherence field*; Rensink, 1997). È risaputo che si possono attendere 4-6 oggetti per volta (Luck & Vogel, 1997); in questa situazione il campo di coerenza conterrebbe un singolo *nexus* che include molti proto-oggetti e le cui proprietà sono determinate dai collegamenti con gli stessi proto-oggetti. Il flusso ricorrente di informazioni formerebbe non solo coerenza nello spazio, ma creerebbe anche una forma di memoria, che fornirebbe coerenza nel tempo (Figura 16).

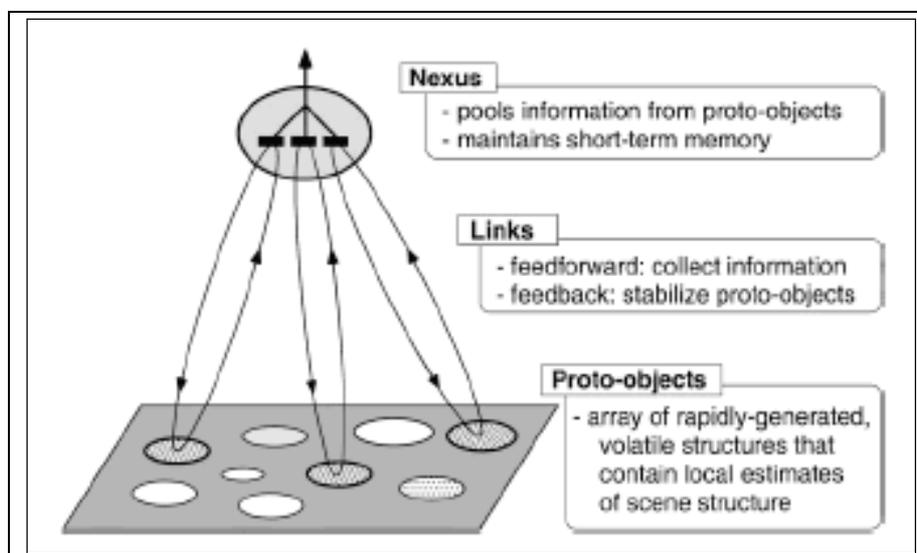


Figura 16. La teoria della coerenza di Rensink postula l'esistenza di diversi livelli di elaborazione dell'informazione visiva; soltanto l'attenzione focalizzata riuscirebbe a far salire la rappresentazione di un percelto da proto-oggetto (early-level) a un più alto livello di rappresentazione, coerente nel tempo e nello spazio (Rensink, 2002).

I concetti di *nexus* e proto-oggetti creano una gerarchia locale con due livelli di descrizione; un

proto-oggetto può essere suddiviso attentionalmente e avere diversi *links* che si collegano ad alcune sue parti; i *links* possono essere assegnati a molti proto-oggetti, formando un gruppo che corrisponde a un singolo oggetto (codificato) a livello più alto. In questo modo, anche se l'attenzione focalizzata ha capacità limitate, la possibilità di passare velocemente all'interno di una struttura gerarchica parte-tutto, le dà un rapido accesso a ogni aspetto della struttura dell'oggetto.

La capacità limitata dell'informazione che può essere attesa ogni volta ci spiega perché i soggetti falliscono nel rilevare i cambiamenti avvenuti negli oggetti attesi (Levin & Simons, 1997). Infatti, quando l'attenzione è diretta verso un oggetto, non è possibile rappresentare tutti i dettagli in un campo di coerenza, ma soltanto alcuni particolari potranno essere rappresentati nel nexus (Figura 17). Se uno degli aspetti rappresentati subisce un cambiamento, esso sarà rilevato; diversamente, avverrà CB.

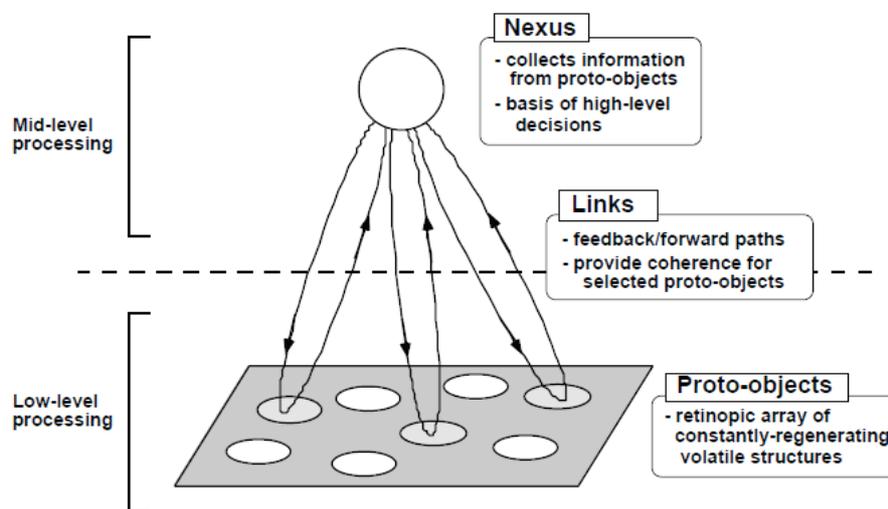


Figura 17. Rappresentazione della teoria della coerenza (Rensink, 2000).

L'importanza dell'attenzione focalizzata nel rilevare il cambiamento evidenzia la possibilità dell'esistenza di un buffer visivo, una memoria spaziotopica che raccoglie il contenuto delle fissazioni successive (Feldman, 1985), fornendo una rappresentazione dettagliata della scena, indipendente dai movimenti oculari e che sarebbe alla base della nostra sensazione di avere una ricca rappresentazione di tutto ciò che ci circonda. Le evidenze di CB mostrano che in realtà questo buffer non esiste, risultato in accordo con gli studi sull'integrazione visiva dell'informazione (Irwin 1996, Henderson 1997). Infatti, sembra che il contenuto dettagliato di presentazioni successive non possa essere sommato, confrontato o combinato in nessun modo, ma che comunque esista una rappresentazione retinotopica dettagliata della luce in entrata, che si ricrea ogni momento (Rensink, 2000; 2002), ma estremamente volatile. La traccia mnemonica del proto-oggetto potrebbe corrispondere alla persistenza informazionale (o memoria iconica; Sperling, 1960); anche se essa

persiste per circa 300 ms, non potrebbe comunque render possibile la detezione del cambiamento senza attenzione (Rensink, 2002). In accordo con la teoria della coerenza, il cambiamento inatteso non potrà esser consapevolmente rilevato, ma presenterà altri aspetti. Per esempio, se il cambiamento è saliente (nel senso di “interesse centrale”), attirerà l’attenzione più presto, rispetto a un cambiamento marginale (Rensink et al. 2000; Smilek et al. 2000). Tale persistenza informazionale potrebbe avere un ruolo importante nel rilevare la trasformazione dinamica che avviene di fronte a cambiamenti subitanei.

Da quanto detto finora, sembra plausibile sostenere che non esistono rappresentazioni visive estese, dettagliate e coerenti allo stesso tempo; ma esistono rappresentazioni coerenti dell’oggetto necessario per portare a termine un compito. Infatti, non esiste una vera necessità di avere rappresentazioni dettagliate di tutti gli oggetti presenti, ma solo di quelli coinvolti nel compito che dobbiamo svolgere (Rensink, 2002). In quest’ottica, la concezione di una rappresentazione statica, pronta per tutti i compiti, viene sostituita da una rappresentazione dinamica, sensibile alle richieste del compito e alle aspettative dell’osservatore. Questo sistema sarebbe messo in opera nel sistema percettivo visivo da un’architettura triadica, come illustrato in Figura 18 (Rensink, 2000).

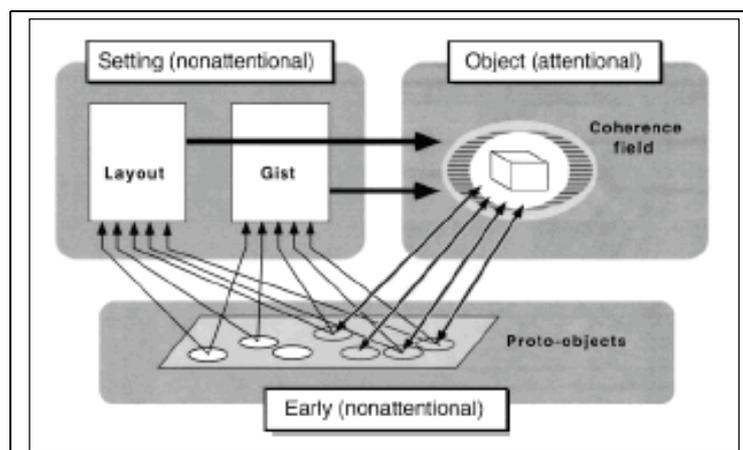


Figura 18. Architettura triadica del funzionamento del sistema percettivo visivo umano (Rensink, 2002).

Tale architettura sarebbe composta da tre sistemi indipendenti tra loro:

1. *Early processing*; un sistema di basso livello, che genererebbe continuamente strutture volatili e dettagliate (per esempio, i proto-oggetti della teoria della coerenza).
2. *Object system*; un sistema a limitata capacità attenzionale, che stabilizzerebbe i proto-oggetti e li unirebbe in una rappresentazione coerente dell’oggetto (per esempio, il campo di coerenza).
3. *Setting system*; un sistema non-attenzionale a limitata capacità che regolerebbe l’orientamento dell’attenzione. Potrebbe esser basato sul significato (*gist*) della scena o sul

layout degli items, attributi basati sulle proprietà ottenute dalle informazioni di basso livello, senza il coinvolgimento dell'attenzione.

Il costante rigenerarsi dei proto-oggetti fornirebbe una rapida stima delle proprietà della scena visiva, che formerebbero le basi per la determinazione del significato della scena e permetterebbero la verifica costante dell'impressione iniziale sulla scena e l'aggiunta di dettagli e ulteriori rappresentazioni coerenti. È importante notare che questi processi di costruzione e verifica della scena visiva sottostanno alla percezione consapevole della scena (Henderson, 1992, Henderson & Hollingworth 1999).

Change Perception

Un aspetto rilevante per capire il CB è chiarificare i processi cognitivi sottostanti la percezione del cambiamento, senza cioè il transiente globale (Turatto & Bridgeman, 2005), indicando che questo processo coinvolge almeno due distinti meccanismi: la detezione e l'identificazione del cambiamento. Quando si esplora l'ambiente, la ricerca visiva è influenzata dal modo in cui l'attenzione è allocata nel campo visivo. L'allocatione attentiva è diretta da sistemi endogeni ed esogeni; la combinazione di questi due fattori genera una mappa di attivazione, che rappresenta una sorta di lista di priorità che regola gli oggetti nel campo visivo, secondo salienza e rilevanza personale. Gli *items* in cima alla lista sono quelli a cui l'attenzione si rivolge per prima e a cui torna più spesso nella ricerca visiva (quelli che Rensink definisce di "interesse centrale"). Poiché l'attenzione serve a consolidare le tracce mnestiche che, da un magazzino volatile e sensoriale sotto forma di rappresentazioni iconiche, passano alla memoria a breve termine, un'importante conseguenza è che gli items più visitati saranno quelli che più probabilmente avranno stabilmente le proprie caratteristiche in memoria, mentre gli altri decadranno o verranno dimenticati più facilmente. Solo quelli in memoria diverranno coscienti e disponibili da usare in caso si debbano confrontare con altri *items* in memoria, permettendo la detezione e l'identificazione del cambiamento.

Se non è presente il *blank screen* (come accade normalmente nel paradigma flicker), il segnale transiente che accompagna il *change* è registrato da meccanismi a basso livello, rispondendo con l'allineamento dell'attenzione verso la locazione del segnale transiente (il cambiamento, appunto). Se un cambiamento è ad alta priorità, l'attenzione focalizzata consentirà a quell'oggetto di essere visitato tante volte durante la ricerca visiva, permettendo alle caratteristiche dell'oggetto stesso di esser mantenute nella memoria di lavoro, in una rappresentazione abbastanza stabile. Confrontando A con A', il soggetto saprà identificare in cosa differiscono. Il soggetto non sarà solo capace di detezione, ma anche di identificazione. Per gli oggetti a bassa priorità, il processo sarebbe lo stesso,

ma le rappresentazioni dell'oggetto sarebbero meno durature e consolidate, e la detezione diverrebbe possibile, mentre risulterebbe difficile l'identificazione. Quindi, per oggetti d'interesse marginale, la detezione del cambiamento sarà possibile, ma la sua identificazione estremamente difficile.

Si ipotizza dunque l'esistenza di una stretta interazione tra *Working Memory* (WM) e attenzione nell'ambito della ricerca visiva e della *change perception*; la WM servirebbe per mantenere una "sagoma" del target e confrontarla con gli items che abbiamo davanti. Il contenuto della WM può infatti influenzare lo spiegamento dell'attenzione visiva, con bias della rappresentazione mantenuta in memoria, come mostrato da uno studio di Downing (2000), che evidenzia come l'attenzione si allochi verso l'item mantenuto in WM.

Turatto & Bridgeman (2005) sostengono che piuttosto che valutare i meccanismi sottostanti al change blindness, sia preferibile parlare di *change perception* senza *disruption*, cioè senza la presenza del blank screen. In questo modo l'unico *transient* (segnale transiente) visivo è costituito dal *change* stesso. Mentre ci sono ragioni empiriche e teoriche per pensare che la detezione e l'identificazione siano due processi diversi, spesso negli studi CB si usa il termine CD sia nel caso di detezione, identificazione e localizzazione del *change*. Alcuni studi sul CB non riportano nessuna differenza nelle prestazioni quando richiedono la detezione o l'identificazione; sappiamo però che esistono evidenze sperimentali che mostrano come il compito di semplice detezione determini TR minori rispetto al compito di identificazione (Rensink, 2002). Tale risultato appare ovvia poiché detezione del cambiamento si riferisce alla mera registrazione consapevole di qualcosa che cambia, mentre l'identificazione implica la rilevazione di cosa è cambiato.

Si definisce "*visual transient*" qualsiasi cambiamento improvviso nel pattern di luminanza a livello retinico che sia sufficientemente grande da generare un *burst* transiente di attivazione neurale nelle aree corticali e sottocorticali responsabili dell'orientamento attentivo e oculomotorio. Questo orientamento overt-covert è potente, senza la presenza di un ostacolo il visual transient attira l'attenzione e gli occhi verso la locazione spaziale (Jonides & Yantis, 1988).

Turatto & Bridgeman (2005) hanno valutato i meccanismi della *change perception* quando il solo transiente visibile era quello causato dal change stesso, senza cioè interporre il *blank screen* tra le due schermate, e mantenendo in memoria il target o un item che poi sarebbe servito loro per il confronto tra schermate pre e post-change. Gli autori richiedono ai soggetti di cercare il cambiamento tra le due schermate, in tre esperimenti:

- nel primo il tipo di cambiamento proposto era la delezione,
- nel secondo la sostituzione
- nel terzo veniva ridotto il carico di lavoro del soggetto (dicendogli che alla fine dell'esperimento non gli sarebbe stata richiesta l'identificazione del cambiamento).

Nello studio di Turatto & Bridgeman (2005) i partecipanti dovevano identificare un cambiamento in uno dei 12 oggetti presentati nello schermo. Sono stati usati tre colori diversi per assegnare tre diverse probabilità di cambiamento ai 12 oggetti (creando così oggetti di interesse centrale e marginale) e ai partecipanti era così richiesto di tenere in memoria più di un elemento (è risaputo che si può attendere a 4-5 items per volta; Luck e Vogel 1997; Irwin et al., 2002); in tale condizione sperimentale, i partecipanti erano indotti a volgere l'attenzione verso gli oggetti con il colore associato alla maggiore probabilità di cambiamento. Gli sperimentatori si sono chiesti se, in un compito di percezione di cambiamento, l'allocazione dell'attenzione visiva potesse essere influenzata dagli items mantenuti nella WM. Per questo motivo, nello studio di Turatto la “sagoma” di ricerca è stata definita sulla base di colore; questo rende possibile il fatto che i partecipanti dirigano l'attenzione verso diversi oggetti dello stesso colore in un display multi-elemento.

Il soggetto doveva premere un tasto quando rileva il cambiamento e successivamente deve identificarlo (ad eccezione del terzo esperimento, dove ai soggetti veniva richiesto il solo compito di detezione). Gli stimoli proposti (Figura 19) erano delle griglie con 12 forme geometriche, su sfondo nero, di colore rosso, verde e blu. La durata della prima immagine era di 2500 ms e la seconda di 1500 ms. L'esperimento prevede 60 prove, ripetute per 3 blocchi. La probabilità di cambiamento associata a ciascun colore era del 60, 30, 10%.

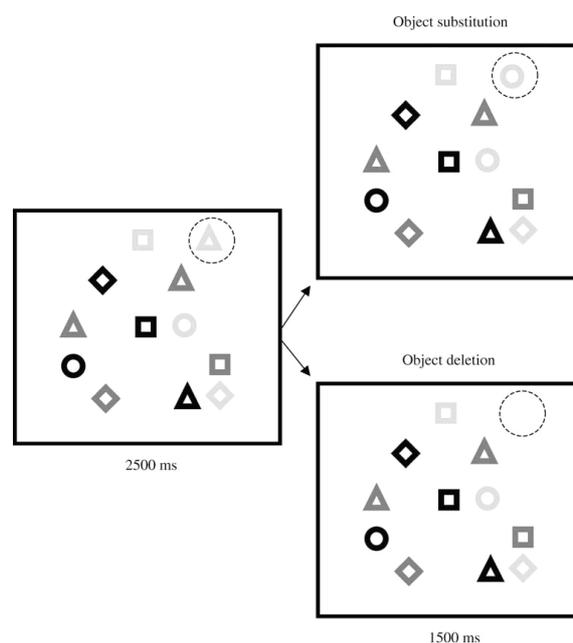


Figura 19. Esempio delle schermate utilizzate da Turatto & Bridgeman (2005).

Il rationale di questo esperimento è che i soggetti mantengano in memoria (WM) le informazioni sulle probabilità di cambiamento associate al colore, così da riprodurre una situazione in cui il soggetto compie una ricerca visiva, mantenendo in memoria dei colori (a cui sono associate delle diverse probabilità di cambiamento), creando quindi una sorta di lista di priorità di allocazione

attentiva. Questa situazione vuol riprodurre quella creata da Rensink et al. (1997) che utilizzava resoconti spontanei dei soggetti che identificavano oggetti di interesse centrale VS marginale (creando quella lista di priorità attentiva di cui abbiamo parlato sopra). In questo caso, i soggetti dirigono preferibilmente l'attenzione verso quegli oggetti che sono di un colore che sanno aver la maggior probabilità di cambiamento. Tale lista di priorità viene quindi creata non sulla base di indizi percettivi (esogeni), ma sulla base di conoscenze personali (endogeni).

A seguito di quanto detto, la detezione del cambiamento dovrebbe essere facilmente eseguita, indipendentemente dal fatto che l'attenzione sia allocata presso di questo o meno, in facoltà del fatto che il blank screen è assente; mentre l'identificazione del cambiamento dovrebbe essere facilitata per quegli oggetti verso i quali è diretta l'attenzione (oggetti ad alta priorità; O'Regan et al. 2000; O'Regan 2001).

I risultati del primo esperimento (il tipo di cambiamento è la sostituzione dell'item), mostrano che quando il segnale transiente è assente, la detezione del cambiamento è solo marginalmente influenzata dalla probabilità del cambiamento. Il fatto che la detezione degli oggetti ad alto livello di cambiamento (interesse centrale) sia di poco inferiore al 100% potrebbe essere da imputare al fatto in alcuni casi il change è occorso durante *blink* o movimenti oculari (Grimes 1996; Deubel, Bridgeman, & Schneider, 2004). In contrasto, il processo di identificazione del cambiamento dipende fortemente dalla priorità di cambiamento degli items. Per quanto riguarda i TR, il fattore livello di priorità è risultato significativo; i TR per gli oggetti ad alto livello di priorità infatti sono significativamente minori di quelli a medio e basso livello di priorità. Nell'esperimento 2 (il tipo di cambiamento è la delezione dell'item), il processo di identificazione è facilitata rispetto ai risultati dell'esperimento 1.

Questi risultati suggeriscono che una sorta di persistenza visiva sussiste dopo la scomparsa dell'item nel caso in cui il cambiamento sia la delezione (particolarmente evidente per priorità media e bassa) che riesce a aggirare i limiti imposti dall'attenzione nel trasferire informazioni in un magazzino più durevole come la WM. Si potrebbe supporre che la percentuale più bassa di identificazione nel caso di sostituzione dell'item (in confronto alla delezione) potrebbe suggerire che il processo di recupero di informazioni dalla WM dell'oggetto cambiato potrebbe soffrire di interferenze dall'identità del nuovo oggetto nella stessa locazione, cosa che non accade quando l'item non viene sostituito da uno nuovo (delezione). Il fenomeno della persistenza visiva è auspicabile in quanto, prima di scomparire, lo stimolo target rimane visibile per 2,50 ms. La persistenza visiva raggiunge un massimo di 300-500 ms dopo la comparsa dello stimolo (Coltheart 1980; Di Lollo & Dixon 1988). Per studiare la memoria iconica, Becker et al. (2000) hanno indagato il ruolo di questo buffer visivo di breve durata chiedendo ai soggetti di cercare un cambiamento tra la presentazione di due immagini separate da un *blank screen* con ISI (*inter-*

stimulus interval) variabili. Gli autori dimostrano che durante il *blank screen*, l'informazione della prima schermata viene conservata nella memoria iconica. Sebbene venga immagazzinata tramite l'attenzione, questa informazione viene sottoposta ad un rapido decadimento oppure viene soprascritta dalla nuova informazione della seconda schermata. Questo meccanismo è quello ipotizzato intervenire quando gli items non attesi non sono visti cambiare nel paradigma flicker, introducendo il fenomeno CB (Rensink et al., 1997). Questi risultati sono in linea con quanto mostrato nel primo esperimento; infatti, sebbene nel caso di delezione del cambiamento l'identificazione è accurata anche per gli oggetti di interesse marginale, essa rimane comunque più difficoltosa in confronto alla semplice detezione del cambiamento.

I risultati sui TR confermano che l'attenzione possa esser allocata selettivamente verso oggetti di un particolare colore, in disaccordo con quanti riportano l'impossibilità dell'attenzione di diffondersi su items di uno stesso colore presentati in maniera sparsa all'interno di un display. (Brawn & Snowden 1999; Treisman 1982; Tsal & Lavie 1988). Mentre l'effetto di selettività del colore non appare in compiti di detezione di cambiamento di luminanza, esso appare in compiti di discriminazione, facendo ipotizzare che gli effetti attentivi diventano evidenti solo nel caso di compiti di discriminazione (Brawn & Snowden 1999; Bravo & Nakayama 1992). Gli autori ipotizzano che l'effetto di selettività del colore mostrato nel loro compito di detezione del cambiamento possa esser spiegato ipotizzando che l'informazione codificata e immagazzinata in WM possa modulare, in qualche modo, l'allocatione attentiva nei compiti di detezione del cambiamento. Come mostrato nella Figura 20, l'accuratezza del compito di detezione è maggiore rispetto al compito di identificazione; questo conferma il fatto che i due compiti sottendono processi diversi e che in particolare la detezione di cambiamento di luminanza poggia su meccanismi di basso livello che processa le informazioni in parallelo, in modo virtualmente indipendente dall'allocatione dell'attenzione (Bonnell, Stein, & Bertucci, 1992; Snowden & Hess, 1992). L'identificazione inoltre appare esser più facile quando un oggetto scompare rispetto a quando viene sostituito; infatti quando un oggetto scompare l'osservatore ha ancora la possibilità di recuperarne le informazioni visive dalla memoria iconica.

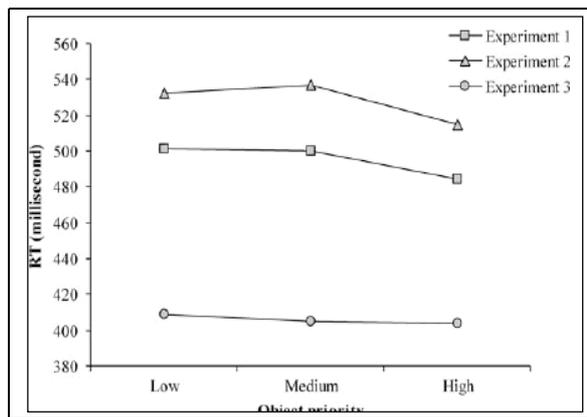


Figura 20. Tempi di reazione nel compito di detezione, ottenuti nelle tre condizioni sperimentali (Turatto & Bridgeman, 2005).

Mentre i risultati dell'esperimento 1 e 2 indicano che l'attenzione viene selettivamente allocata in base alla priorità dell'oggetto, il terzo esperimento (che non richiede al soggetto il compito di identificazione) mostra l'effetto del carico di lavoro sulle prestazioni del soggetto; infatti, quando il soggetto non deve compiere l'identificazione esplicita del cambiamento, i TR diminuiscono sensibilmente. Questi risultati mostrano che la WM potrebbe avere la capacità di modulare l'allocatione attentiva in un compito di CD; infatti i TR non sembrano esser modulati dal livello di priorità degli oggetti presentati. Quindi, gli esperimenti 1 e 3 sembrano indicare che la modulazione attentiva condotta sulla base del colore possa esistere qualora gli oggetti attesi siano mantenuti in WM. In quest'ottica possono esser spiegati i risultati contrastanti ottenuti da altri autori (Treisman, 1982; Tsal e Lavie 1988) che non avevano evidenziato alcuna modulazione attentiva da parte del colore, poiché avevano utilizzato un compito di detezione, non seguito da uno di memoria. Considerati globalmente, questi risultati mostrano che la detezione e l'identificazione del cambiamento sono due processi separati. Il fatto che l'identificazione fosse accurata solo nei cambiamenti centrali, fa assumere agli autori che solo gli items attesi siano trasferiti nella WM, mentre gli items marginali (non attesi) siano conservati solo temporaneamente in un magazzino visivo (come la memoria iconica), le cui tracce sono facilmente mascherate dalle informazioni successive; il processo di detezione sembra quindi indipendente dall'allocatione dell'attenzione. L'accuratezza per la detezione era maggiore rispetto a quella mostrata nell'identificazione, evidenziando come la detezione del cambiamento del colore, e quindi della luminanza, sia guidata da meccanismi a basso livello che *rilevano* i transienti in parallelo nella retina.

Inattentional Blindness

Una conclusione generale che può essere tratta dagli studi sulla change blindness è che spesso il

solo fatto di guardare non garantisce automaticamente di vedere. Un processo di attenzione selettiva sembrerebbe necessario per poter notare un cambiamento nella scena che si sta osservando. L'idea che l'attenzione possa fungere da filtro attraverso il quale la percezione dei vari elementi nel campo visivo diventa cosciente è uno dei temi centrali anche di una serie di studi sul fenomeno della *Inattentional Blindness* (IB, cecità inattentiva). Mentre gli studi sulla *change blindness* indicano che l'attenzione focalizzata è necessaria per la percezione del cambiamento, l'ipotesi guida dei lavori sulla IB è che non c'è percezione cosciente senza attenzione (Mack & Rock, 1998).

Utilizzando un nuovo metodo da loro ideato, Arien Mack ed Irvin Rock hanno condotto una serie di interessanti esperimenti per investigare la relazione tra percezione e attenzione (Mack, Tang, Tuma e Kahn, 1992; Rock, Linnet e Grant, 1992). Gli autori sono partiti dalla considerazione che tutti gli studi che si sono interessati del problema percezione-attenzione, cercando di capire quali caratteristiche degli stimoli siano percepite preattentivamente o senza attenzione (Treisman e Gelade, 1980), sono in realtà legati a metodi che non solo non studiano la percezione in assenza di attenzione, ma si basano proprio sull'attenzione (Mack e Rock, 1998). Ad esempio, il metodo del *display-size*, tipicamente usato negli studi di ricerca visiva, assume che una prestazione nella quale la velocità nell'identificare il target è indipendente dal numero dei distrattori (effetto pop-out) sia indicativa che la caratteristica che definisce il target è percepita preattentivamente (Treisman, & Gelade, 1980). Tuttavia, come argomentato da Mack e Rock, dovrebbe essere chiaro che l'uso di questo tipo di metodi nello studio della percezione preattentiva non elimina la possibilità che l'attenzione sia attivamente coinvolta nei processi indagati (per un'implicazione dell'attenzione nell'effetto pop-out si veda Joseph, Chun, & Nakayama, 1997). È evidente infatti che in tali compiti il soggetto sta attivamente cercando un target definito da qualche particolare caratteristica, e questo per definizione implica l'uso di attenzione (Mack & Rock, 1998).

Diversamente, il metodo da loro ideato consiste nel presentare uno stimolo critico inaspettato, mentre il soggetto è impegnato in un compito molto difficile (ad esempio decidere se le due braccia di una croce nera su sfondo bianco sono di lunghezza uguale o diversa). Lo stimolo critico, un piccolo pallino nero, viene presentato, dopo 3 o 4 prove, all'interno di uno dei quadranti descritti dagli assi della croce (Figura 21). Subito dopo viene chiesto al soggetto se ha notato qualcosa di diverso nell'immagine osservata, ed eventualmente di riportare che cosa.

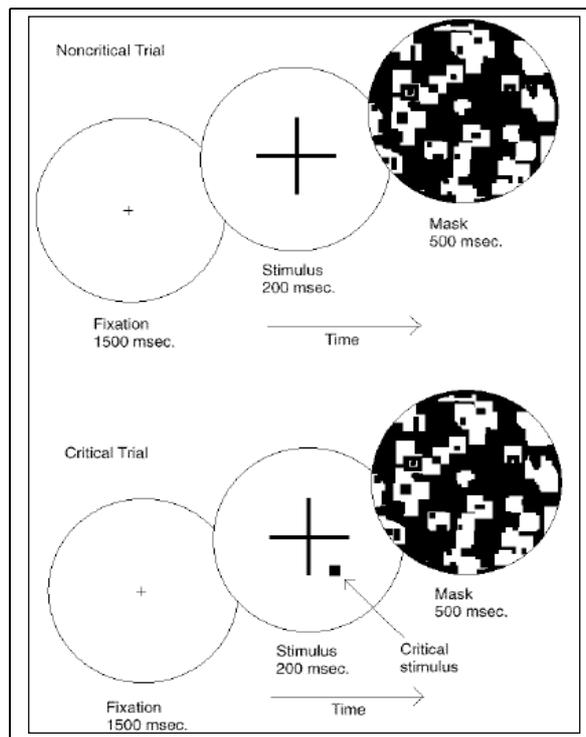


Figura 21. Esempio dello stimolo critico e della prova non critica utilizzato negli esperimenti di IB (Mack e Rock, 1999).

Inaspettatamente, molti soggetti non notano la comparsa del pallino nero, anche quando questo è presentato fovealmente, quindi esattamente dove gli occhi stavano fissando.

Uguualmente, Simons e Chabris (1999) mostrano che i loro soggetti non notavano un gorilla che passeggiava in mezzo a loro, perchè impegnati nel contare quante volte toccasse terra la palla che si stavano passando (Figura 22).



Figura 22. Esempio dell'esperimento di Simons & Chabris, 1999.

Purtroppo un grosso inconveniente di questo metodo è che consente una prova critica per ogni

soggetto, in quanto dal momento in cui viene chiesto all'osservatore se ha notato o meno la presenza di un pallino nero, non si può più parlare di condizioni di inattenzione per tale stimolo. Da notare infatti che gli autori hanno dovuto somministrare i loro test a più di 5000 soggetti per avere un numero sufficiente di osservazioni per il loro esperimenti.

Ad ogni modo, i risultati degli esperimenti di Mack e Rock hanno posto seri dubbi sul fatto, spesso dato per assodato, che la strutturazione degli elementi nel campo visivo avvenga (secondo leggi gestaltiche di raggruppamento percettivo) in stati precoci del processamento visivo, senza l'intervento dell'attenzione (Julesz, 1981; Treisman, 1982; Treisman e Gelade, 1980). Secondo gli autori senza l'intervento dell'attenzione, la percezione delle relazioni tra gli elementi nel campo visivo non avverrebbe e, quindi, sebbene i soggetti possano riportare di aver notato la presenza di alcuni oggetti, le loro proprietà di insieme, come appunto tessitura, raggruppamento, non possono essere percepite.

La spiegazione del fenomeno della IB e della CB hanno una matrice comune: l'attenzione è indispensabile per la percezione consapevole. In pratica, così come senza attenzione gli stimoli irrilevanti non vengono percepiti consapevolmente nel caso degli studi sulla IB, allo stesso modo senza attenzione non potrà essere rilevato un cambiamento, anche se attivamente cercato.

Correlati neurali del CB

Recentemente, un interesse crescente è stato rivolto allo studio dei correlati neurali del fenomeno CB con paradigma flicker. Gli studi di *neuroimaging* potrebbero meglio illustrare il ruolo dell'attenzione e della consapevolezza nella CD, permettendo di confrontare situazioni in cui, di fronte a una stessa stimolazione percettiva, il soggetto è consapevole o meno dell'avvenuto cambiamento; o situazioni in cui, di fronte a stimolazioni percettive diverse (situazioni con assenza di cambiamento vs situazioni in cui il soggetto non ne è consapevole), la conseguenza comportamentale è la stessa, la non consapevolezza di un cambiamento. È noto in letteratura (Nieddeggen, Wichmann, & Stoerig, 2001) che la detezione del cambiamento è associata a un aumento di positività a latenza 300-700 ms nei siti centrali e parietali, che sembra rientrare nella classe dei potenziali P300, tipicamente associata al riconoscimento, al giudizio di identificazione e a decisioni binarie (Donchin & Coles, 1988). Inoltre si evidenzia che i correlati dei trials *no-change* e *undetected-changed* sono simili, facendo ipotizzare l'insensibilità degli ERP nel rilevare la CD implicita (Turatto, Angrilli, Mazza, Umiltà, & Driver, 2002). Ma lo studio ERP di Koivisto e Revonsuo (2003) sembra mostrare che la CD consapevole è associata a un aumento di negatività dei potenziali a circa 200 ms nei lobi occipitali e temporali, un correlato neurale che sembra rappresentare la consapevolezza visiva, come evidenziato in altri studi (Kaernbach,

Schroger, Jacobsen, & Robber, 1999; Wilenius-Emet, Revonsuo, & Ojanen, 2004). Questa negatività precoce è seguita da un'onda P300 nei lobi parietali, che sembra richiamare quella registrata in altri studi sulla CB (Turatto, Angrilli, Mazza, Umiltà, & Driver, 2002) ; Nieddeggen, Wichman, & Stoerig, (2001). Secondo Koivisto e Revonsuo (2003), tali componenti corrisponderebbero alla consapevolezza fenomenica e di accesso, postulata da Block (2001). Questo studio sembra confermare quanto evidenziato dal fenomeno noto nella letteratura CB con la denominazione di *mindsight* (Rensink et al., 2004), che illustra come i soggetti, già prima di aver la piena consapevolezza del cambiamento (quella che Block definisce “consapevolezza d’accesso”), abbiano una “sensazione” di dove stia avvenendo il cambiamento (la “consapevolezza fenomenica” di Block).

Nello stesso anno, Fernandez-Duque, Grossi, Thornton, & Neville (2003) hanno confrontato i potenziali evocati in condizioni comportamentali diverse, evidenziando come alcune componenti erano correlate all'attenzione focalizzata in assenza di cambiamento, all'attenzione focalizzata in presenza di cambiamento e alle rappresentazioni implicite del cambiamento. Il potenziale evocato in condizione di attenzione focalizzata (in assenza del cambiamento) era caratterizzato da un aumento di negatività nel sito frontale a 100-300 ms e da un aumento di positività nei siti posteriori a 150-300 ms; in condizione di attenzione focalizzata (in presenza di cambiamento del quale il soggetto era consapevole e, quindi, in riferimento al processo di CD) si osservava un'attivazione simile a quella descritta sopra e un aumento di positività nei siti centrali a 350-600 ms; la non consapevolezza del cambiamento (quindi il processo di rappresentazione implicita del cambiamento) evidenziava un aumento di positività nei siti frontali e centrali a 240-300 ms. L'evidenza che l'attenzione, la consapevolezza del cambiamento e la rappresentazione implicita del cambiamento erano mediati da sistemi separati conferma le evidenze comportamentali note nella letteratura CB, che mostrano come un compito CD comporti una ricerca visiva all'interno della scena visiva, implicando un ruolo dell'attenzione focalizzata sulla locazione del segnale di cambiamento e della consapevolezza visiva per produrre un resoconto verbale esplicito dell'avvenuto cambiamento. Lo studio di Fernandez-Duque et al. (2003) sembrerebbe confermare i molteplici processi cognitivi implicati nella CD e sembrerebbe suggerire un'attività precoce frontale legata a funzioni attentive e un'attività tardiva centro-parietale legata alla consapevolezza del cambiamento avvenuto.

Lo studio fMRI di Beck, Rees, Frith, & Lavie, (2001) evidenzia che la CD consapevole è associata a un aumento dell'attività neurale nei lobi parietali e nella corteccia dorso-laterale prefrontale destra; mentre il fenomeno CB attiva alcune zone extra-striate e l'attivazione dorsale sembra essere assente. Questi risultati evidenziano l'importanza di un'attivazione parietale a dorsolaterale frontale per la detezione di cambiamenti, le proprietà dei quali potrebbero esser già codificate nella via

visiva ventrale.

A conferma di tali risultati, l'utilizzo della rTMS (*repetitive Transcranical Magnetic Stimulation*) sembra mostrare l'influenza nella consapevolezza dell'avvenuto cambiamento della corteccia parietale destra (Beck, Muggleton, Walsh, & Lavie, 2006) e della corteccia dorsolaterale e prefrontale destra (Turatto, Sandrini, & Miniassi, 2004); infatti, la rTMS applicata sulla corteccia parietale destra mostra dei tempi di risposta allungati nel compito di CD e maggiori evidenze di CB; così come l'applicazione della TMS sulla DLPF destra danneggia la prestazione di CD. Come illustrato dallo studio fMRI (Beck et al., 2001) e dagli studi TMS (Turatto et al., 2004; Beck et al., 2006), nel processo di detezione consapevole del cambiamento sembra quindi esser di notevole importanza l'attivazione di un network fronto-parietale.

Limiti e vantaggi del *flicker task*

Passando in rassegna la letteratura sul CB esaminata finora, risulta evidente l'importanza del fenomeno *change blindness* poiché pone importanti quesiti sulle modalità con le quali ci approcciamo al mondo, immagazziniamo le informazioni che ci colpiscono, ci indirizziamo nell'esplorazione della realtà che ci circonda. La sensazione di profonda sorpresa che accompagna la detezione del segnale mostra come, nonostante le nostre credenze, il processo percettivo visivo non sia libero da errori. Il paradigma maggiormente usato in questi studi, il *flicker task* (Rensink et al., 1997), veicola con forza le caratteristiche del fenomeno CB, ma questo sembra essere sia il suo punto di forza che di debolezza. Infatti, sebbene il *flicker task* abbia stimolato negli anni lo studio del CB, esso ne ha anche limitato le direzioni di ricerca; infatti, l'unica formulazione teorica presente nella letteratura CB, la teoria della coerenza di Rensink, si adatta particolarmente a tale compito. Questo modello postula che la componente attentiva sia la principale responsabile del fenomeno CB e che il cambiamento venga rilevato solo nel momento in cui la nostra attenzione cade proprio su di esso (facendo passare il percepito da uno stato di proto-oggetto a *nexus*). Il ruolo dell'attenzione nel determinare CB durante il compito di ricerca visiva implicato dal paradigma *flicker* è stato ampiamente dimostrato. Durante la ricerca visiva del cambiamento, il soggetto osserva attentamente le due immagini visive (data la brevità degli stimoli, egli le percepisce come un'immagine unica, con un effetto simile ad un "refresh" del monitor) e effettivamente rileva il cambiamento solo quando lo sguardo si ferma sul segnale transiente del cambiamento. Il tipo di compito (ricerca visiva) e il tipo di stimoli però non riproducono una normale situazione di vita quotidiana in cui si può incorrere nel CB. Nonostante il *flicker task* abbia il pregio di aver ben evidenziato i fallimenti nei quali possiamo incorrere durante la percezione, non rappresenta la tipica situazione durante la quale possiamo sperimentare CB. Immaginatoci di essere fermati da uno

sconosciuto che ci chiede un'informazione; quando questo si allontana noi non sapremmo dire se egli portasse o meno gli occhiali; in questo caso, il nostro stimolo visivo ha una durata temporale maggiore rispetto al *flicker*, l'eventuale cambiamento (assenza/presenza di occhiali) avverrebbe solo per una volta (e non ripetutamente) e il compito non sarebbe di ricerca visiva, ma ugualmente ci troviamo di fronte a cecità ad un particolare della scena visiva.

Per tali motivi potrebbe essere importante abbandonare il paradigma classico *Flicker* per andare a proporre una situazione sperimentale più vicina alle situazioni reali, per esempio, utilizzando un *flicker one-shot* (con una sola ripetizione) e chiedendo il riconoscimento dell'oggetto che ha subito cambiamento. Normalmente, infatti, il percipiente non sta cercando un cambiamento, ma soltanto quando gli è esplicitamente richiesto si rende conto di non aver immagazzinato un'informazione. L'informazione, inoltre, sarà più o meno disponibile in base alle caratteristiche del percetto stesso, seguendo quella sorta di "lista attenzionale" che definisce i percetti come d'interesse centrale o marginale (Rensink et al., 1997). Tornando al nostro esempio di interazione reale, la presenza o meno degli occhiali sarà facilitata se questi sono rossi e il mio interlocutore è completamente vestito di nero (secondo il noto effetto pop-out). Prendendo in considerazione una situazione maggiormente ecologica, ci potremmo effettivamente render conto di quali variabili entrino in gioco durante la percezione e isolare le variabili determinanti CB. È bene inoltre considerare che mentre gli stimoli nel *flicker* classico sono di brevissima durata (80-250 ms; Thornton e Fernandez-Duque, 2000), questo non è vero nelle situazioni di vita quotidiana. La traccia mnemonica di un'immagine visiva sarà più o meno stabile e duratura in base alla durata dello stimolo; sappiamo infatti che esistono diversi magazzini mnemonici di diversa capacità e durata temporale (Coltheart, 1980; Phillips, 1974) ed è facilmente intuibile che sarà difficoltoso riuscire a ricordare la presenza degli occhiali se la mia interazione è durata pochi secondi rispetto a quando la sua durata è stata maggiore. In particolare, variando la durata temporale dello stimolo e del *blank screen*, si potrebbe più facilmente fare un confronto delle due principali ipotesi sull'origine del CB, l'ipotesi del fallimento del confronto (Hollingworth, 2003; Mitroff, Simons, Levin, 2004) e l'ipotesi della sovrascrittura del secondo stimolo sul primo (Simons, 2000) e comprenderne maggiormente i meccanismi sottostanti. Infatti, qualora la durata del nostro stimolo duri alcuni secondi, la sua traccia mnemonica sarà durevole e stabile e il fenomeno di CB, eventualmente presente, potrebbe essere ricondotto al fallimento del confronto tra i due stimoli; mentre se la durata dello stimolo è breve (nell'ordine del centinaio di secondi) la sua traccia sarà meno stabile e più suscettibile al mascheramento del *blank screen*, e l'eventuale CB potrebbe essere spiegato nei termini dell'ipotesi della sovrascrittura.

Riflettendo su quanto detto finora, si potrebbe sostenere la necessità della ricerca di riprodurre situazioni più ecologiche per poter meglio comprendere il fenomeno CB. Sembra infatti facilmente sostenibile ipotizzare che la CB possa essere determinata da molteplici fattori, quali l'attenzione, la

memoria e le caratteristiche intrinseche degli stimoli visivi. Per tale motivo, sembra opportuno considerare il CB come un fenomeno assai complesso, determinato, a seconda delle circostanze, dalla presenza di un'interruzione, dalla scarsa "salienda" di un percetto o dal mancato immagazzinamento o recupero di una traccia mnesica o dalla compresenza di più di questi fattori.

Se invece guardiamo al *flicker task* non dal punto di vista del CB, ma come strumento di misurazione delle capacità di CD, possiamo scorgere anche molteplici punti di forza. Infatti, il *flicker* è un compito di ricerca visiva che condivide le stesse caratteristiche dei classici compiti di *visual search* (Rensink, 2000) e per tale motivo può esser utilizzato come strumento per misurare le abilità di ricerca del cambiamento, anche se il *flicker task* risulta essere un compito più difficile (Burmester & Wallis, 2011). Infatti, nonostante lo stesso processo attenzionale sottenda entrambi, i due compiti sono diversi; nei classici compiti di *visual search* il soggetto mantiene in memoria il target da cercare e lo cerca tra i distrattori, mentre nel *flicker task* il soggetto sa che avverrà un cambiamento di cui però non conosce la natura. Inoltre, la ricerca visiva poteva esser di tipo *bottom-up*, guidata dalle caratteristiche percettive degli stimoli, o di tipo *top-down*, guidata dalle intenzioni del soggetto. Nella ricerca del cambiamento tale differenziazione è più difficoltosa da fare: la natura delle scene complesse fa in modo che unitamente le caratteristiche percettive e semantiche determinino una 'mappa di salienda', un ordine con cui gli items saranno attesi. In realtà, sappiamo che durante la percezione di scene visive complesse il sistema visivo mostra un sistema di rilevamento automatico delle caratteristiche principali della scena, in termini di spatial layout and identificazione di items principali, che avviene entro i 100 msec e che permette il rilevamento del *gist* della scena. Tale rilevamento guida poi il successivo *path scan* dell'attenzione selettiva. Riflettendo sulle diversità tra i classici compiti di *visual search* e il *flicker task*, possiamo vedere nella ricerca di cambiamenti centrali una componente principalmente automatica e nella ricerca di cambiamenti marginali una componente principalmente volontaria. Le caratteristiche temporali dei due tipi di ricerca e il mantenimento di tale selezione attenzionale lungo lo sviluppo ci fa supporre che possano essere considerati due processi differenziati, anche se non equivalenti ai processi implicati nel *visual search*. Infatti la ricerca del cambiamento centrale avviene in tempi brevi, su quegli items che per caratteristiche percettive o semantiche attirano subito la nostra attenzione. Molto probabilmente ci troviamo di fronte a quel processo di rilevamento del contenuto semantico generale, il "gist" della scena visiva, che poi permettere la ricerca volontaria (Todd & Kramer, 1994). Inoltre, l'utilizzo di scene complesse rende il compito più attraente e tale aspetto rappresenta un notevole vantaggio nella ricerca con bambini, dove l'aspetto attrattivo-motivazionale sembra esser molto rilevante per poter delineare le loro abilità cognitive, in particolar modo l'attenzione (Berger, Jones, Rothbart, & Posner, 2000). Inoltre, l'utilizzo di scene complesse permette di valutare l'influenza di alcune caratteristiche dello stimolo, soggettivamente rilevanti per

il soggetto, ma comunque interferenti con la prestazione. Abbiamo già visto come le caratteristiche del soggetto, le sue conoscenze, le sue fobie, le sue passioni, possano influenzare la prestazione di ricerca del cambiamento. Altre variabili potrebbero influenzare la prestazione, modulando la motivazione o le emozioni del soggetto. In particolare, in questo lavoro di tesi si è valutata l'influenza che la connotazione emotiva e l'attrattività degli stimoli possono avere sulla prestazione di ricerca del cambiamento. A nostra conoscenza, tali aspetti non sono stati mai considerati, sebbene possano rappresentare delle variabili capaci di influenzare la ricerca visiva nelle situazioni di vita quotidiana.

SECONDA PARTE
STUDI SPERIMENTALI

Esperimento 1

Influenza della valenza emotiva degli scena visiva sulla prestazione di *change detection*

Introduzione

Nelle aree corticali visive, la codifica percettiva è modulata dalla valenza emotiva degli stimoli presentati (Schupp, Junghofer & Weike, 2003). Infatti, le emozioni non sembrano soltanto influenzare l'output motorio (favorendo l'approccio o l'evitamento dello stimolo), ma operano anche a stadi precoci della codifica sensoriale. I potenziali evocati associati alla visioni di stimoli positivi, negativi e neutri registrano una aumentata negatività posteriore per gli stimoli emotivi che indica una sorgente primaria di attivazione della corteccia visiva. Gli autori, inoltre, confermano la presenza di un'attivazione positiva tardiva, che riflette la rilevanza dello stimolo a stadi di alto livello del processamento dello stimolo stesso. Schupp e collaboratori argomentano queste evidenze a supporto dell'ipotesi di una codifica sensoriale degli stimoli affettivi, che sarebbe implicitamente facilitata dall'attenzione selettiva (Schupp, Junghofer & Weike, 2003). In generale, sembra che le persone abbiano una risposta veloce, involontaria e automatica agli stimoli emotivi, come le immagini avversive o le espressioni facciali negative (Codispoti, Bradley, & Lang, 2001; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000; Hagemann, Waldstein, & Thayer, 2003) e che l'attenzione volontaria venga catturata dagli stimoli emotivi, piacevoli e spiacevoli (Nummenmaa, Hyona & Calvo, 2006).

Quando i partecipanti devono giudicare se gli oggetti mostrati in una griglia appartengono alla stessa categoria semantica o meno, gli stimoli *fear-relevant* (serpenti o ragni) sono rilevati prima rispetto agli oggetti *fear-irrelevant* (funghi o fiori) (Ohman, Flykt, & Esteves, 2001). Questo risultato sembra confermare alcune evidenze sperimentali che mostrano come la ricerca visiva sia più efficace per gli stimoli emotivi rispetto a quelli neutri, come nel caso delle espressioni emotive facciali (Gerritsen, Frischen, Blake, Smilek & Eastwood, 2008; Lamy, Amunts & Bar-Haim, 2008) e, specificatamente, delle espressioni negative rispetto a quelle positive e neutre (Ohman, Lundqvist, & Esteves, 2001).

Solo la ricerca degli oggetti *fear-relevant* non viene influenzata dalla locazione del target nella griglia e dal numero di distrattori presenti nel display visivo, il che sembra suggerire una ricerca di tipo parallelo per gli stimoli *fear-relevant* e una ricerca di tipo seriale per gli stimoli *fear-irrelevant* (Ohman, Flykt, & Esteves, 2001). Inoltre, i soggetti che hanno paura dei serpenti, ma non dei ragni, mostrano una facilitazione nella ricerca per gli oggetti di cui hanno paura (in accordo alla voluminosa letteratura circa l'"attentional bias" o l'"hyperscan" dell'ambiente visivo esistente nei pazienti fobici e ansiosi; Bar-Haim, Lamy, Pergamin, Bakermans-Kranenburg, van IJzendoorn, 2007; Rosa, Gamito, Oliveira, Morais, & Saraiva, 2011). Secondo gli autori, gli stimoli minacciosi dal punto di vista evolutivo catturerebbero automaticamente l'attenzione e tale effetto verrebbe aumentato se gli stimoli sono emotivamente significativi. Infatti, l'intensa paura per una categoria modulerebbe il *setting* di controllo attenzionale (Folk, Remington, & Johnston, 1992), in modo da

rendere quella categoria più “saliente” nel catturare l’attenzione.

I correlati neurali sembrano confermare i risultati comportamentali. Le immagini negative catturano automaticamente l’attenzione, come evidenziato dalla P100 registrata dopo la presentazione dello stimolo, che non si osserva quando le immagini sono neutre o positive. Un’attivazione più tardiva (P200) è presente sia quando le immagini sono negative, sia quando sono positive, mentre una componente N200 a 240 ms si registra solo per immagini positive e neutre. Inoltre, durante il processamento di stimoli emotivi si osserva un’attivazione decrescente della corteccia visiva associativa e un coinvolgimento crescente della corteccia cingolata anteriore, dall’area dorsale a quella ventrale. Quest’ultima area sembra esser responsabile dei correlati neurali descritti sopra. L’intensità, la latenza e l’allocazione dell’attività neurale associata all’attenzione automatica sembra dunque dipendere chiaramente dalla valenza emotiva dello stimolo e dalla sua importanza a livello evolutivo (Carretié, Hinojosa, Martín-Loeches, Mercado, & Tapia, 2004).

L’analisi dei movimenti oculari di fronte a immagini emotive e neutre, presentate insieme e simultaneamente, mostra che la probabilità che i soggetti facciano la prima fissazione e la proporzione di tempo di osservazione nei primi 500 ms è più alta per gli stimoli emotivi (negativi e positivi) rispetto a quelli neutri. Le fissazioni successive non sono diverse nell’esplorazione di immagini emotive e neutre (Calvo & Lang, 2004). Secondo gli autori, quando degli stimoli emotivi e neutri sono presentati contemporaneamente, il significato emozionale dello stimolo indurrebbe l’iniziale orientamento esplicito dell’attenzione, catturando l’attenzione durante gli stadi precoci del processamento dell’immagine. Similmente, Nummenmaa, Hyönä, & Calvo (2006) confermano una maggiore possibilità di fissazioni oculari negli stadi precoci di osservazione e una maggior frequenza di fissazione sugli stimoli emotivi rispetto ai neutri, anche se i soggetti sono esplicitamente istruiti a non osservarli. Sembra quindi che l’attenzione esplicita sia catturata da stimoli a contenuto emotivo. Gli effetti che ne derivano non sembrerebbero sempre vantaggiosi. Infatti, la presentazione di stimoli emotivi (negativi e positivi) rallenta l’esecuzione in un compito di detezione (Pereira, Volchan, Guerra Leal de Souza, Oliveira, Ramos Campagnoli, Machado Pinheiro, & Pessoa, 2006). Anche se alcuni studi mostrano come i soggetti siano più veloci nella detezione (Ishai, Pessoa, Bickle, & Ungerleider, 2004) e nella ricerca (Ohman, Flykt, & Esteves, 2001) di stimoli avversivi o negativi.

Sebbene gli stimoli emotivi sembrino catturare automaticamente l’attenzione, appaiono anche interferire con la prestazione quando questi sono irrilevanti per il compito (Erthal, De Oliveira, Mocaiber, Garcia Pereira, Machado-Pinheiro, Volchan & Pessoa, 2005). Per esempio, in compiti di discriminazione dell’orientamento (Hartikainen, Ogawa, & Knight, 2000; Erthal et al., 2005) o di lettere target (Tipple & Sharma, 2000) la presenza di stimoli emotivi rallenta la prestazione. Si potrebbe dunque concludere che, quando gli stimoli emotivi sono rilevanti per il compito, lo

facilitano; mentre il processamento di uno stimolo emotivo sembra interferire sulla prestazione quando quest'ultimo appare irrilevante per il compito da svolgere.

Nel caso di presentazione simultanea di stimoli neutri e emotivi, la priorità del processamento emotivo ostacolerebbe le risorse necessarie all'elaborazione degli stimoli neutri, rallentando i tempi di risposta. In modo simile, se gli stimoli emotivi precedono quelli neutri, le risorse verrebbero spese per l'elaborazione degli stimoli emotivi, piuttosto che per l'elaborazione di quelli neutri, rallentandone di conseguenza il processamento. È possibile che il rallentamento dei tempi di risposta rappresenti la difficoltà di disancorarsi dagli stimoli emotivi (Bradley, Cuthbert, & Lang, 1996; Koster, Crombez, Verschuere, & De Houwer, 2004). Secondo una spiegazione alternativa tale rallentamento potrebbe dipendere da una specifica interferenza delle emozioni, che agirebbero sul sistema motivazionale, ovvero sul sistema appetitivo (con relativo comportamento di approccio) o su quello difensivo (comportamento di evitamento; Lang, Davis, & Ohman, 2000). Sulla base di tale ipotesi non si dovrebbe registrare un rallentamento generalizzato dei tempi di risposta, ma un'interferenza differenziata in base alla valenza degli stimoli. Si ipotizza cioè che stimoli avversivi attivino il sistema di evitamento e quindi rallentino i tempi di risposta del compito; mentre gli stimoli positivi attiveranno il sistema di approccio migliorando i tempi di risposta. Inoltre, quando gli stimoli emotivi avversivi vengono presentati in modo sequenziale all'interno di uno stesso blocco sperimentale sembrano interferire costantemente con un compito di detezione; l'interferenza diventa "transiente" (influenza cioè solo i primi trials del compito) se invece gli stimoli emotivi vengono presentati in modo random all'interno dell'esperimento (Pereira, Volchan, Guerra Leal, Alveira, Ramos Campagnoli, Machado Pinheiro, & Pessoa, 2006). Nello studio di Pereira et al. (2006) non si osserva nessun tipo di interferenza quando sono presentati stimoli positivi.

A conferma di questi risultati, uno studio fMRI supporta l'esistenza di un'interferenza degli stimoli emotivi su un compito di *Working Memory* (Dolcos, & McCarthy, 2006). Infatti, in presenza di stimoli distrattori emotigeni negativi, l'attività cerebrale della corteccia prefrontale e parietale laterale, associata al compito di memoria, risulta ridotta, a beneficio dell'attività cerebrale dell'amigdala e della corteccia prefrontale ventrolaterale, associata all'elaborazione degli stimoli emotivi (con relativo peggioramento nella prestazione cognitiva). Inoltre, quando è presente uno stimolo negativo distrattore, le regioni prefrontali frontopolari mostrano una maggior deattivazione durante i trials errati (quando cioè i soggetti sbagliano a rispondere) (Anticevis, Repovs, & Barch 2010). Tale studio mostra una relazione inversa tra l'attività della corteccia prefrontale dorsale e quella dell'amigdala quando uno stimolo negativo compete con l'esecuzione di un compito cognitivo, un risultato che evidenzia l'importanza della corteccia prefrontale nel "resistere" all'interferenza emozionale.

A nostra conoscenza, solo uno studio ha utilizzato immagini emotive per indagare come esse

modulino la prestazione di detezione del cambiamento (CD), riportando risultati contrastanti e, a detta della stessa autrice, poco solidi dato il ridotto numero di trials (Graham, 2008). I risultati di questo studio hanno indicato che la CD è facilitata in presenza di scene visive emotive con tempi di risposta minori con immagini negative, che progressivamente incrementavano con le immagini positive e neutre. Tale risultato si è osservato quando gli stimoli venivano presentati in blocchi separati per valenza emotiva. Quando, invece, gli stimoli erano presentati in ordine random all'interno di un unico blocco, i tempi di risposta di fronte a stimoli emotivi (positivi e negativi) erano significativamente minori rispetto a quelli registrati con immagini a valenza neutra. Questo risultato non sembra confermare l'ipotesi di un'interferenza degli stimoli emotivi sulla prestazione (come si potrebbe prevedere considerando che gli stimoli emotivi sono irrilevanti per il compito da svolgere), ma mostrano al contrario una riduzione dei tempi di risposta, cioè una facilitazione. In questo caso, i risultati sembrerebbero coerenti con l'ipotesi che prevede che gli stimoli emotivi siano in grado di attirare automaticamente l'attenzione (Nummenmaa, Hyona & Calvo, 2006), facilitando quindi un compito di attenzione focalizzata come questo. Si potrebbe dunque concludere che la valenza emotiva delle scene, catturando l'attenzione, induca il soggetto a incrementare la scansione della scena, con un conseguente miglioramento della prestazione di CD. Infatti, sarebbe plausibile ipotizzare che il tipo di influenza esercitata dagli stimoli emotivi dipenda anche dal tipo di compito richiesto. Questa interpretazione potrebbe forse spiegare i risultati contrastanti presenti in letteratura.

Questo esperimento si propone di valutare l'influenza della valenza emotiva delle scene visive sulla prestazione di CD.

Se gli stimoli emotivi catturano automaticamente l'attenzione (Miyazaka & Iwasaki, 2009), è possibile che i tempi di risposta nella ricerca del cambiamento siano minori di fronte a stimoli emotivi; oppure, alternativamente, che essi interferiscano con il compito di CD (Erthal, De Oliveira, Mocaiber, Garcia Pereira, Machado-Pinheiro, Volchan & Pessoa, 2005). In entrambi i casi, nessuna differenza si dovrebbe evidenziare tra stimoli negativi o positivi, ma entrambi dovrebbero essere differenti dagli stimoli neutri.

Se gli stimoli emotivi esercitano una sorta di interferenza *tout-court* sul compito, dovremmo osservare un generale allungamento dei TR, indipendentemente dalla valenza degli stimoli.

Se gli stimoli emotivi influenzano il compito di CD tramite i sistemi attenzionali di approccio o evitamento (Lang, Davis, & Ohman, 2000), dovremmo osservare un rallentamento dei tempi di risposta di fronte a stimoli negativi e una riduzione dei TR di fronte a stimoli positivi.

È noto che gli stessi meccanismi attenzionali operino negli adulti e nei bambini nell'esecuzione di un compito di CD, evidenziando cioè un robusto effetto di CB e la stessa priorità attenzionale centrale/marginale in entrambi, anche se i bambini hanno tempi di risposta rallentati rispetto agli

adulti (Shore, Burack, Miller, Joseph, & Enns, 2006; Fletcher-Watson, Collis, Findlay, & Leekam, 2009). Inoltre, bambini e adolescenti giudicano la valenza degli stimoli emotivi similmente a come fanno gli adulti e sembrano avere simili risposte fisiologiche di fronte a stimoli emotivi (McManis, Bradley, Berg, Cuthbert, & Lang, 2001); solo nell'adolescenza però si osservano gli stessi correlati neurali associati al processing emotivo degli adulti (Batty, & Taylor, 2006)

In questo studio si vuole anche valutare l'influenza della valenza emozionale degli stimoli sulla prestazione di CD negli adulti e nei bambini. Se adulti e bambini impiegano gli stessi meccanismi attenzionali durante l'esecuzione di un compito di CD (Shore, Burack, Miller, Joseph, & Enns, 2006), dovrebbero presentare lo stesso effetto della valenza dello stimolo. Tuttavia, poiché nessuno studio ha valutato se la relazione tra emozione e attenzione si modifica durante lo sviluppo, questo studio si propone di confrontare la CD per stimoli caratterizzati da differenti valenze emotive in due gruppi di bambini di differente età e in un gruppo di adulti..

Metodo

Partecipanti

Hanno partecipato allo studio 24 bambini di 7-10 anni (12 maschi, 12 femmine; età media= 8.5; DS= 0.98), 28 bambini di 11-13 anni (15 maschi, 13 femmine; età media= 11.93; DS= 0.60) e 22 studenti universitari di 19-28 anni (13 femmine, 9 maschi; età media= 20.91; DS= 2.67). I bambini sono stati reclutati in due scuole primarie di Roma. Lo studio è stato approvato dal comitato etico e i genitori di tutti i bambini partecipanti hanno firmato un consenso informato.

Stimoli

Gli stimoli erano immagini complesse, scelte in base alle loro caratteristiche emotive; 8 immagini con valenza negativa, 8 con valenza neutra e 8 con valenza positiva. Le immagini sono state scelte dal database di immagini emotive IAPS (International Affective Picture System) per bambini (Lang, Bradley, & Cuthbert, 2008). Nello IAPS le caratteristiche emotive delle immagini sono state definite sulla base delle valutazioni soggettive date dai soggetti su una scala Likert a 9 punti, che richiedeva di giudicare quanto fosse piacevole/spiacevole (scala della valenza emotiva) un'immagine mostrata per 15 secondi. Il database IAPS comprende 1196 immagini, che sono state valutate da circa 100 soggetti adulti, e un subset di 60 immagini (considerate dagli autori meno cruento e, dunque, più adatte ai bambini), che sono state valutate da tre gruppi di bambini (36 bambini di 7-9 anni, 28 bambini di 10-12 anni, 62 bambini di 13-14 anni). Ogni immagine è stata anche valutata sulla base di una scala dell'Arousal, (da "eccitato" a "calmo") () e della Dominanza (da "dominato" a "avente controllo").

In questo studio, le immagini sono state scelte sulla base della scala della Valenza emotiva. Abbiamo considerato immagini a valenza positiva (quelle con i punteggi maggiori), a valenza

neutra (quelle con i punteggi medi) e a valenza negativa (quelle con i punteggi minori). Nella tabella 1 sono indicate le immagini prescelte, i relativi punteggi di valenza e il tipo di cambiamento (di interesse centrale o marginale) apportato all'immagine.

Tabella 1. Elenco delle immagini utilizzate nello studio tratte dal database IAPS con i corrispondenti punteggi della Valenza ottenuti nei diversi gruppi di età e il tipo di cambiamento da rilevare durante il compito *flicker*.

Immagine	Punteggio della Valenza				Valenza	Tipo di Cambiamento
	7 - 9 anni (n=36)	10 - 12 anni (n=28)	13 - 14 anni (n=62)	College students (n=100)		
1930shark	3.91 (2.51)	5.07 (3.24)	4.15 (2.60)	3.79 (1.92)	Negativa	Centrale
1120snake	3.92 (1.93)	4.86 (2.80)	3.84 (2.45)	3.79 (1.93)	Negativa	Centrale
2810boy	4.33 (2.39)	4.68 (2.39)	4.47 (1.78)	4.31 (1.65)	Negativa	Centrale
7150umbrella	5.89 (1.86)	5.25 (1.51)	5.02 (1.35)	4.72 (1.00)	Neutra	Centrale
5020flowers	6.43 (2.24)	6.39 (1.85)	6.31 (2.03)	6.32 (1.68)	Neutra	Centrale
7100hydro	6.06 (1.90)	5.12 (1.81)	5.37 (1.65)	5.24 (1.20)	Neutra	Centrale
5480fire	8.56 (1.08)	8.25 (1.27)	7.37 (2.03)	7.53 (1.63)	Positiva	Centrale
1750bunnies	8.67 (0.79)	8.43 (1.53)	7.58 (1.80)	8.28 (1.07)	Positiva	Centrale
8490roller	8.53 (1.06)	8.79 (0.83)	8.13 (1.64)	7.20 (2.35)	Positiva	Centrale
9421soldier	4.19 (2.70)	2.61 (1.75)	3.23 (2.29)	2.21 (1.45)	Negativa	Marginale
9050plane	2.06 (1.72)	2.22 (1.89)	2.56 (1.86)	2.43 (1.61)	Negativa	Marginale
9480skull	2.19 (1.60)	3.18 (2.79)	3.26 (2.01)	3.51 (2.08)	Negativa	Marginale
7510sky	6.53 (2.15)	6.18 (2.50)	5.42 (1.98)	6.05 (1.60)	Neutra	Marginale
7130truck	5.65 (1.92)	5.46 (1.69)	5.13 (1.32)	4.77 (1.03)	Neutra	Marginale
2320girl	6.31 (2.04)	6.07 (2.05)	5.61 (2.17)	6.17 (1.51)	Neutra	Marginale
1920dolphin	8.64 (1.22)	8.86 (0.53)	7.81 (1.60)	7.90 (1.48)	Positiva	Marginale
8620horse	7.83 (1.98)	7.37 (2.02)	6.92 (1.91)	6.04 (1.43)	Positiva	Marginale
1710puppies	8.69 (0.86)	9.00 (0.00)	7.94 (1.80)	8.34 (1.12)	Positiva	Marginale

Tutte le immagini coprivano un'area di 640x480 pixels ed erano posizionate al centro dello schermo.

Tramite Adobe Photoshop 6.0, le immagini sono state ritoccate in modo da avere due copie della stessa scena praticamente identiche, se non per un particolare. I cambiamenti prodotti, sono stati apportati cercando di produrre, per ciascuna valenza emotiva, cambiamenti di tipo marginale e cambiamenti di tipo centrale. Metà delle immagini presentavano un cambiamento di interesse centrale e metà un cambiamento di tipo marginale. Nella figure 1-3 sono riportati degli esempi delle immagini a valenza negativa, neutra e positiva.

I cambiamenti di tipo centrale o marginale sono stati prodotti considerando le valutazioni soggettive attenzionali di un gruppo di 17 adulti (età media 22.382; DS= 3.45). Ai partecipanti veniva chiest² di osservare le immagini per 3 secondi e di scrivere e di indicare spazialmente su una griglia quali oggetti osservavano per primi. Gli oggetti menzionati da più del 90% dei soggetti venivano considerati oggetti di interesse centrale e dunque venivano scelti per apportare cambiamenti di tipo centrale, gli oggetti quasi mai menzionati (da 0 a 2 volte) producevano cambiamenti di tipo marginale. Tutti i cambiamenti consistevano nella delezione di un oggetto e ricoprivano mediamente un'area di 90x90 pixels. La tecnica usata è quella indicata da Rensink et al. (1997).

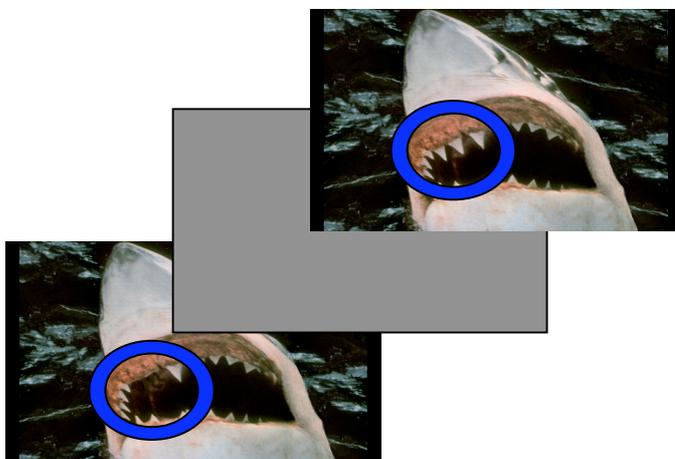


Figure 1. Esempio di stimolo flicker a valenza negativa con cambiamento di interesse centrale.

² Adulti e bambini mostrano lo stesso effetto di priorità degli item centrali/marginali (Fletcher-Watson, Collis, Findlay & Leekam, 2009).



Figure 2. Esempio di stimolo flicker a valenza neutra con cambiamento di interesse centrale.

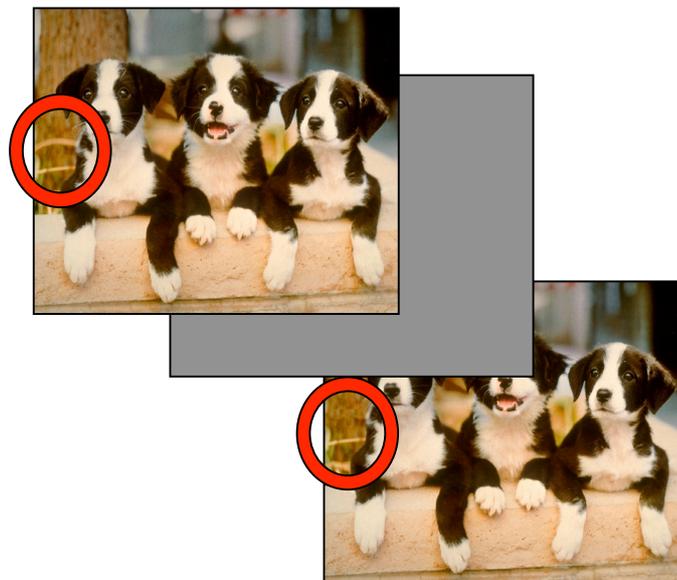


Figure 3. Esempio di stimolo flicker a valenza positiva con cambiamento di interesse marginale.

Apparato

Il compito è stato somministrato mediante un PC, con un monitor ad alta definizione a 19". La somministrazione degli stimoli e la registrazione dei tempi di risposta è stata programmata mediante il software E-Prime (Psychology Software Tools Inc., Schneider, Eschmann, Zuccolotto, 2002a; 2002b).

Procedura

Il partecipante era seduto al buio a una distanza di 60 cm circa dallo schermo, con la testa tenuta

ferma da un poggiamiento. Le due immagini (l'originale e quella modificata) venivano riprodotte in rapida sequenza intervallate da un schermata grigia (blank screen). Le immagini avevano una durata di 240 ms e il blank screen di 80 ms (ripetendo il disegno "classico" del paradigma flicker di Simons e Levin, 1997). La presentazione continuava fino a quando il partecipante rilevava il cambiamento. All'inizio dell'esperimento ai partecipanti venivano proposti due trials di prova per verificare che avessero ben compreso il compito da eseguire.

Ai bambini l'esperimento veniva somministrato in una stanza silenziosa nella loro scuola; gli adulti venivano testati in laboratorio nelle stesse condizioni sperimentali.

Compito

Al partecipante veniva spiegato che sarebbero comparse due immagini in rapida sequenza, uguali in tutto, se non per un particolare, e gli era chiesto di premere la barra spaziatrice appena rilevava il cambiamento. Lo sperimentatore chiedeva quindi di denominare il cambiamento e annotava l'accuratezza.

Analisi dei dati

È stata eseguita un'analisi della varianza *Età* (7-10 anni, 11-13 anni, adulti) x *Cambiamento* (centrale, marginale) x *Valenza* (negativa, neutra, positiva) sulla media dei tempi di risposta e del numero di errori. Per stabilire la significatività dei risultati si è adottato un valore di $\alpha = 0.05$ è stato considerato.

Risultati

Nella tabella 2 sono riportate le medie dei tempi di risposta (in ms), le Deviazioni Standard (SD) e numero di errori in funzione dei cambiamenti centrali (CI) e marginali (MI) e della valenza delle immagini nei bambini di 7-10 anni, di 10-14 anni e negli adulti

Tabella 2. Tempi di risposta (in ms), Deviazioni Standard (SD) e numero di errori in funzione dei cambiamenti centrali (CI) e marginali (MI) e della valenza negativa (NEG), neutra (NEU) e positiva (POS) nei bambini di 7-10 anni, di 10-14 anni e adulti.

		7-10 anni			11-14 anni			adulti		
valenza		RT	SD	Errori	RT	SD	Errori	RT	SD	Errori
CI	NEG	28148	2216	0.63	18278	2051	0.29	10661	2314	0.09
	NEU	9789	1186	0.08	6658	1098	0.00	5738	1239	0.14

	POS	14227	4391	0.38	9403	1653	0.11	12432	1864	0.23
MI	NEG	36888	2902	0.67	30003	2687	0.29	26113	3032	0.59
	NEU	31457	3240	0.71	28537	2999	0.32	23494	3384	0.50
	POS	58606	4391	1.13	46613	4065	0.79	30284	4586	0.92

Analisi sui tempi di risposta

L'ANOVA ha evidenziato un effetto significativo dell'*Età* ($F_{2,71} = 12,79$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.27$; Figura 4) che ha indicato una diminuzione dei tempi di risposta all'aumentare dell'età. Il gruppo di bambini più giovani presentava tempi di risposta significativamente maggiori del gruppo di 11-14 anni ($p = 0.004$) e degli adulti ($p < 0.0001$). Il gruppo di bambini più grandi presentava tempi di risposta significativamente maggiori degli adulti ($p = 0.03$).

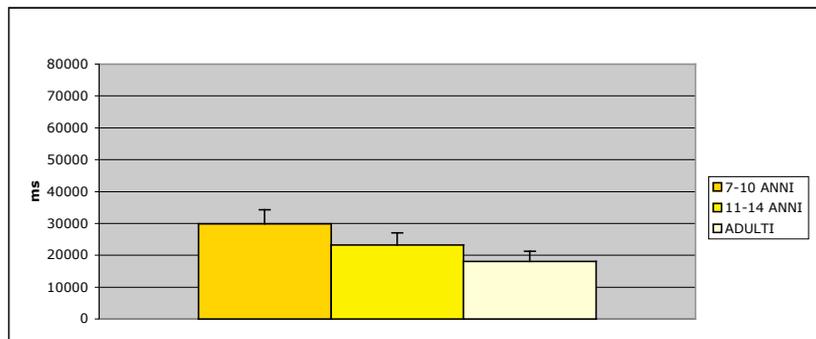


Figura 4. Tempi di nei bambini di 7-10 anni, 11-13 anni e negli adulti.

L'effetto del *Cambiamento* ($F_{1,71} = 222.01$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.76$; Figura 5) ha confermato tempi di risposta minori nella detezione di cambiamenti centrali rispetto a quelli marginali.

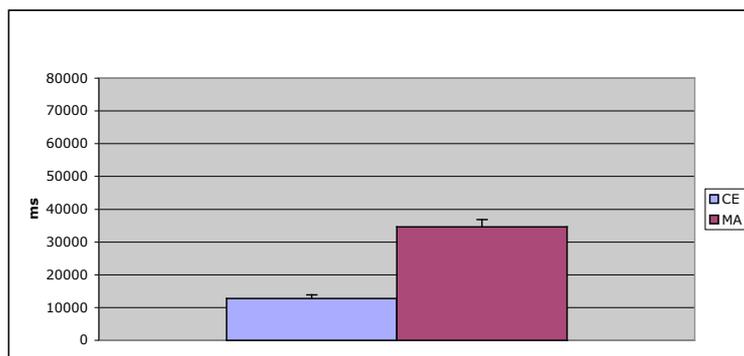


Figura 5. Tempi di nella detezione di cambiamenti di interesse centrale e marginale.

L'effetto della *Valenza* ($F_{2,70} = 32.15$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.31$; Figura 6) ha mostrato tempi di risposta nella detezione del cambiamento significativamente maggiori per gli stimoli a valenza emotiva positiva ($p < 0.0001$) e negativa ($p < 0.0001$), rispetto a quelli a valenza neutra. Inoltre, i

tempi di risposta erano maggiori per le immagini a valenza positiva rispetto a quelle a valenza negativa ($p= 0.02$).

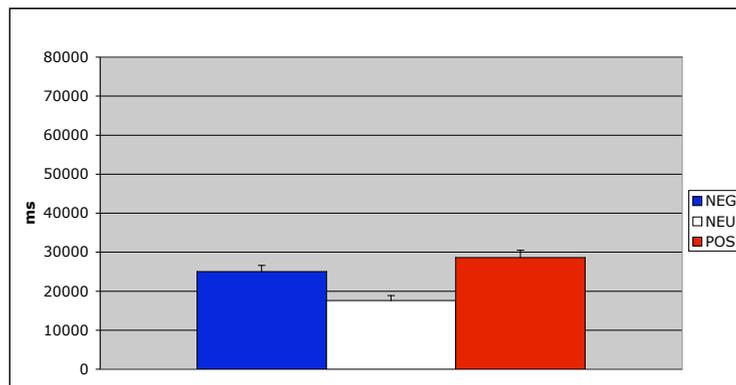


Figura 6. Tempi di nella detezione di cambiamenti in immagini a valenza negativa, neutra e positiva.

L'interazione *Età x Cambiamento* ($F_{2,70}= 2.61$; $p= 0.08$; partial $\eta^2= 0.07$; Figura 7), sebbene non significativa, sembra indicare che l'effetto evolutivo sui tempi di risposta sembra esser legato principalmente al rallentamento nella detezione di cambiamenti di interesse marginale.

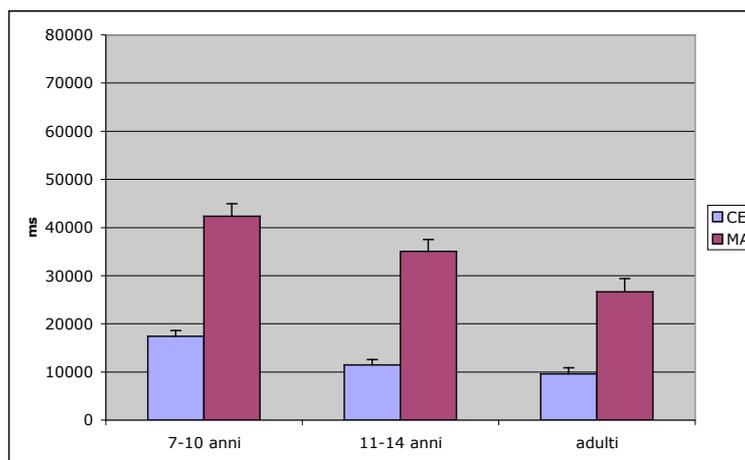


Figura 7. Tempi di nella detezione dei cambiamenti di interesse centrale e marginale nei diversi gruppi di età.

L'interazione *Valenza x Cambiamento* ($F_{2,70}= 33.53$; $p< 0.0001$; partial $\eta^2= 0.32$; Figura 8) ha confermato tempi di risposta maggiori per la detezione di cambiamenti centrali rispetto ai marginali tutti gli stimoli. Tutti i confronti sono risultati significativi ($p< 0.0001$), con l'eccezione del confronto tra i tempi di risposta marginali-negativi e marginali-neutri ($p= 0.087$).

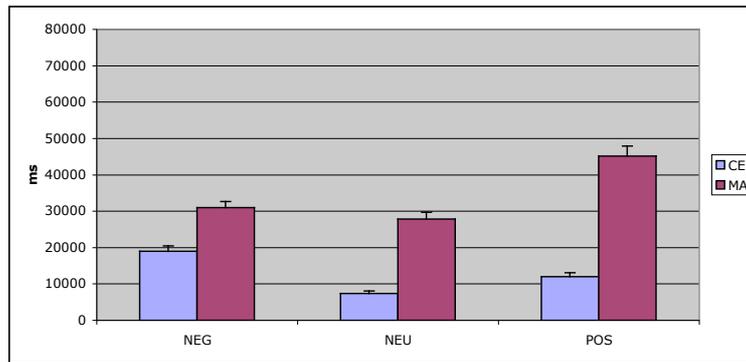


Figura 8. Tempi di nella detezione di cambiamenti di interesse centrale e marginale per le immagini a valenza negativa, neutra e positiva.

È risultata significativa l'interazione *Età x Valenza x Cambiamento* ($F_{4,142} = 6.96$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.16$; Figura 9). Per analizzare questa interazione, abbiamo eseguito un'analisi della varianza *Età x Cambiamento* separatamente per ciascuna valenza.

L'analisi sulle immagini a valenza negativa ha evidenziato un effetto del *Età* ($F_{2,71} = 11.98$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.25$) e del *Cambiamento* ($F_{1,71} = 41.03$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.37$) nelle direzioni già osservate.

L'analisi sulle immagini a valenza neutra ha evidenziato un effetto tendente alla significatività dell'*Età* ($F_{2,71} = 2.5$; $p = 0.09$; partial $\eta^2 = 0.07$) e del *Cambiamento* ($F_{1,71} = 130.19$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.65$) nelle direzioni già osservate.

L'analisi sulle immagini a valenza positiva ha evidenziato un effetto dell'*Età* ($F_{2,71} = 8.85$; $p = 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.20$) e del *Cambiamento* ($F_{1,71} = 66.23$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.70$) nelle direzioni già osservate. L'interazione *Età x Cambiamento* ($F_{2,71} = 8.89$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.20$) ha evidenziato un rallentamento nei tempi di risposta all'aumentare dell'età solo nella detezione di cambiamenti marginali. La probabilità associata al confronto tra il gruppo più giovane e gli adulti nella detezione di cambiamenti marginali è di $p < 0.0001$; nella detezione di cambiamenti centrali non è risultata significativa. Nella figura 9 è riportata l'interazione *Età x Valenza x Cambiamento*.

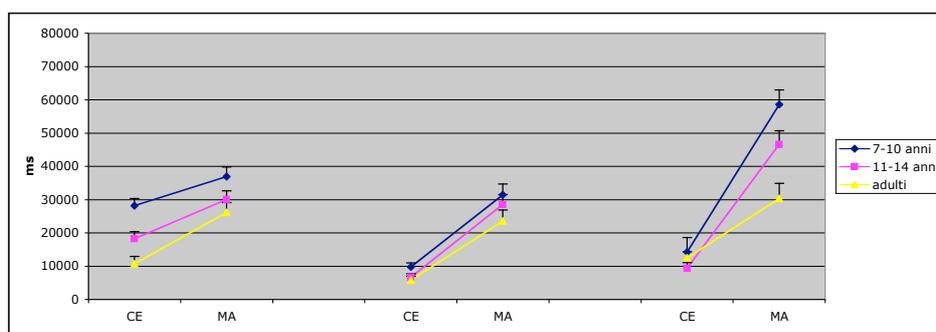


Figura 9 Tempi di rrella detezione di cambiamenti centrali (CE) e marginali (MA) di fronte a

stimoli a valenza negativa, neutra e positiva in tutti i gruppi di età.

Analisi del numero di errori

L'ANOVA sul numero di errori ha evidenziato un effetto principale del *Cambiamento* ($F_{1,71}=48.36$; $p<0.0001$; partial $\eta^2=0.40$), che ha indicato un minor numero di errori nella detezione di cambiamenti centrali (0.22) rispetto ai marginali (0.65). L'effetto dell'*Età* ($F_{2,71}=3.55$; $p<0.05$; partial $\eta^2=0.09$) ha indicato la tendenza del gruppo dei bambini più piccoli a commettere più errori (0.60) rispetto ai bambini più grandi (0.30), mentre quest'ultimi non si differenziavano dagli adulti (0.40).

L'effetto principale della *Valenza* ($F_{2,70}=9.80$; $p<0.0001$; partial $\eta^2=0.12$) ha evidenziato un minor numero di errori nella detezione di cambiamenti nelle immagini neutre (0.29) rispetto a quelle positive (0.58; $p<0.0001$) e negative (0.42; $p<0.05$).

L'interazione *Cambiamento x Valenza* ($F_{2,70}=10.84$; $p<0.0001$; partial $h^2=0.13$) ha indicato un maggior numero di errori nella detezione di cambiamenti marginali rispetto ai centrali di fronte a stimoli emotivi e neutri, nelle stesse direzioni osservate nei tempi di risposta.

Discussione

I risultati confermano un trend evolutivo della prestazione di CD (Shore, Burack, Miller, Joseph, & Enns, 2006; Fletcher-Watson, Collis, Findlay, & Leekam, 2009) evidenziando che i tempi di risposta diminuiscono all'aumentare dell'età. Un effetto robusto del change blindness è osservabile sia nei bambini che negli adulti, confermando la presenza degli stessi meccanismi attentivi in entrambi i gruppi (Fletcher-Watson, Collis, Findlay, & Leekam, 2009).

L'effetto principale della valenza indica che i soggetti di fronte a immagini emotive (sia positive che negative) riportano tempi di risposta maggiori nell'esecuzione del compito di CD rispetto a immagini neutre. L'effetto di interferenza degli stimoli emotivi è presente sia con stimoli aversivi che attrattivi. Entrambi infatti rallentano i tempi di risposta, anche se gli stimoli positivi sembrano avere un maggior effetto interferente (dovuto alla maggior interferenza osservata nella detezione di cambiamenti marginali). L'effetto della valenza dello stimolo conferma che, quando non ci sono informazioni affettive (stimoli neutri) riguardo un nuovo stimolo, l'osservatore esibisce una debole motivazione ad approcciarlo (Vaish, Grossmann, & Woodward, 2008) e quindi riporta una minor interferenza con l'esecuzione del compito principale. La rilevanza per la propria sopravvivenza legata agli stimoli negativi fa in modo che essi siano velocemente e subitaneamente attesi, ostacolando la prestazione cognitiva. In particolare, essi riportano una maggior influenza nella detezione di cambiamenti centrali. La loro importanza evolutiva fa sì che ostacolino maggiormente

l'esecuzione del compito rispetto a stimoli positivi e neutri, ma solo nella detezione di cambiamenti centrali. Gli stimoli positivi mostrano invece una maggior interferenza nella detezione dei cambiamenti marginali. È ipotizzabile che tale dissociazione possa esser spiegata da una parte con la capacità degli stimoli negativi di catturare automaticamente l'attenzione e dall'altra con un effetto motivazionale di tipo volontario indotto dalle immagini a valenza emotiva positiva, ovvero dalla loro piacevolezza. Infatti, se la nostra attenzione viene automaticamente catturata dallo stimolo emotivo negativo, una volta identificato e codificato, la reazione del soggetto potrebbe essere di evitamento attivo dello stimolo e quindi di maggior motivazione nella ricerca del cambiamento. In questo modo, data la maggior piacevolezza delle immagini positive, nella ricerca di tipo volontario del cambiamento, i partecipanti continuano a subire l'interferenza dell'immagine positiva, mentre cercano attivamente di evitare quella negativa, in accordo con la teoria secondo la quale le emozioni influiscono i nostri comportamenti attraverso due sistemi motivazionali, di approccio e di evitamento (Bradley, Codispoti, Cuthbert, & Lang, 2001). Quindi, nella ricerca di cambiamenti centrali (maggiormente automatica) i nostri risultati confermano una maggior importanza evolutiva degli stimoli negativi (e quindi una maggior interferenza, con tempi di risposta maggiori); nella ricerca volontaria di cambiamenti marginali, gli osservatori scelgono attivamente di evitare gli stimoli negativi (e quindi portare a termine il compito, riducendo l'interferenza) e di continuare a attendere lo stimolo positivo, maggiormente attraente, aumentandone i tempi di risposta. Tale dissociazione è osservabile sia dalle analisi sui tempi di risposta che sul numero di errori e viene confermata anche dalla narrazione successivamente riportata dai partecipanti. Molti infatti hanno riportavano un vivo fastidio nell'osservazione degli stimoli negativi che li inducevano a portare a termine il prima possibile il compito. Questa interazione potrebbe esser discussa alla luce dell'ipotesi della mobilitazione-minimizzazione (Taylor, 1991). Tale ipotesi postula che le emozioni negative elicitino una risposta forte e rapida, e, successivamente, una minimizzazione di tale risposta; il comportamento sarebbe invece modulato in maniera opposta dalle emozioni positive, secondo lo schema riportato nella Figura 10.

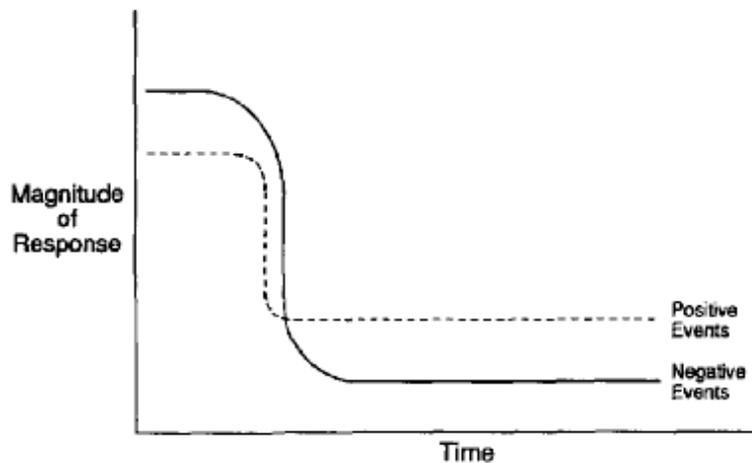


Figura 10. Schema delle risposte comportamentali di fronte a stimoli negativi e positivi secondo l'ipotesi della mobilitazione- minimizzazione (Taylor, 1991). In ordinata l'ampiezza della risposta comportamentale, in ascissa il trascorrere del tempo.

Taylor (1991) postula tale ipotesi sulla base di alcune evidenze fisiologiche, nonché delle modalità di funzionamento dei processi emotivi, mnesici, del giudizio e del funzionamento sociale, che indicano che gli eventi negativi all'inizio mobilitano e usufruiscono delle risorse disponibili, ma, subito dopo, minimizzano tale reazione. L'autore passa in rassegna molteplici cornici teoriche che potrebbe giustificare, almeno in parte, tali evidenze, come la teoria *opponent-process* (Solomon & Corbit, 1974), la teoria *range-frequency* (Kanouse & Hanson, 1972; Parducci, 1968), le teorie evoluzionistiche (Peeters & Czapinski, 1990) e il lavoro di Taylor & Brown (1988) sull'adattamento cognitivo. Sebbene nessuna riesca a spiegare in toto i meccanismi a favore dell'ipotesi di mobilitazione-minimizzazione, evidenze comportamentali associate alle emozioni sembrano confermarne la validità (Taylor, 1991). Anche studi successivi sembrano confermare una maggiore reattività *time-sensitive* degli stimoli emotivi (Ito, Larsen, Smith, & Cacioppo, 1998; Smith, Cacioppo, Larsen, & Chartrand, 2003). I risultati sembrano mostrare tale trend: una risposta forte, e quindi una maggior interferenza, legata allo stimolo negativo nella ricerca di cambiamenti centrali (che avviene nell'arco di pochi secondi) e un minimizzazione di tale risposta con il passare del tempo, quando l'effetto legato allo stimolo positivo si mostra maggiore rispetto al negativo. Dato che l'ipotesi di mobilitazione-minimizzazione non riesce a fornire meccanismi esaustivi nella spiegazione di tale effetto ma si limita solo a descrivere l'effetto delle emozioni sul comportamento, la nostra prima spiegazione circa i meccanismi che hanno suscitato tale interazione tra tipo di cambiamento e valenza degli stimoli rimane la più adatta.

In generale i risultati non supportano i risultati riportati da Graham (2008) che avevano evidenziato una facilitazione degli stimoli emotivi sulla prestazione di CD.

Nel tentativo di analizzare l'interazione *Età x Valenza x Cambiamento*, abbiamo analizzato separatamente i tempi di risposta per ciascuna valenza. Per tutti i tipi di immagine era presente un effetto significativo del tipo di cambiamento. Il trend relativo all'età era invece significativo solo per le immagine emotive. Tale risultato potrebbe indicare come la progressiva maturazione cerebrale e cognitiva possa riuscire a controllare sempre meglio gli effetti determinati dagli stimoli emotivi, processo principalmente associato alla corteccia prefrontale (Anticevis, Repovš, & Barch 2010). Di più difficile interpretazione appare l'interazione *Età x Cambiamento* osservata solo nell'analisi delle immagini a valenza positiva, che indica come il rallentamento dei tempi di risposta dovuto all'età sia presente solo nella detezione di cambiamenti marginali. Si potrebbe ipotizzare che nella ricerca di cambiamenti centrali un'immagine positiva, venga elaborata allo stesso modo di uno stimolo neutro, minimizzando l'effetto dell'età. Per i cambiamenti di interesse marginale, invece, la motivazione a approcciarsi agli stimoli positivi produce il trend evolutivo osservato anche per gli stimoli negativi.

Presi insieme, questi risultati sembrerebbero confermare che nella ricerca del cambiamento centrale gli stimoli negativi catturano automaticamente l'attenzione (Codispoti, Bradley, & Lang, 2001; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000; Hagemann, Waldstein, & Thayer, 2003), allungando i tempi di risposta. Solo durante la ricerca dei cambiamenti di tipo marginale, gli stimoli positivi esercitano un'interferenza sul compito, legato molto probabilmente ad un comportamento attivo di approccio allo stimolo positivo.

I nostri risultati sembrano distinguere il ruolo che attenzione e motivazione rivestono quando si propongono degli stimoli emotivi irrilevanti nell'esecuzione del compito. Essi confermano un'interferenza sul compito degli stimoli emotivi, anche se la diversa valenza comporta effetti diversificati. Infatti la cattura attenzionale automatica degli stimoli emotivi fa in modo che essi esercitino una maggior interferenza nella detezione di cambiamenti centrali, mentre gli stimoli positivi esercitano un'influenza solo nella detezione di cambiamenti marginali tramite il sistema motivazionale di approccio. È importante considerare che in questo studio gli stimoli erano presentati in modo random (e non in blocchi separati per valenza), e ciò può spiegare perché i risultati sono diversi rispetto a quelli evidenziati da altri autori (Pereira, Volchan, Guerra Leal, Alveira, Ramos Campagnoli, Machado Pinheiro, & Pessoa, 2006; Graham, 2008; McGlynn, Wheeler, Wilamowska, & Katz, 2008), che indicano come l'ordine di presentazione degli stimoli sembra essere una variabile rilevante, determinante una sorta di influenza inter-trials. Sono necessari ulteriori studi per valutare specificatamente questo aspetto.

Esperimento 2

Interferenza della valenza emotiva degli stimoli sulla prestazione di ricerca del cambiamento nei bambini con disturbi dello spettro autistico

Introduzione

L'autismo è un disturbo pervasivo dello sviluppo (*Pervasive Developmental Disorders* PDD) caratterizzato da un danneggiamento qualitativo: a) dell'interazione sociale e b) della comunicazione, c) dalla presenza di comportamenti ripetitivi e stereotipici (DSM-IV, 1994). Gli attuali criteri diagnostici del DSM-IV-TR (DSM-IV, 2000) per il PDD mantengono i tre domini principali, ma li definiscono in maniera più dettagliata rispetto alle edizioni precedenti. L'autismo è oggi considerato un disturbo eterogeneo appartenente a un gruppo di condizioni similari, più diffuso di quanto precedentemente creduto (Lecavalier, 2010). Il modello contemporaneo prevede diverse condizioni sotto il PDD: il disturbo autistico (*Autistic Disorder*, AD), il disturbo Asperger (*Asperger's disorder*, AspD) e il disturbo pervasivo dello sviluppo non altrimenti specificato (PDD *not otherwise specified*, PDD-NOS). Questi rappresentano dei disturbi correlati che collocano lungo un ipotetico spettro autistico, che presenta a un estremo l'autismo severo e all'altro la quasi normalità (Lecavalier, 2010). Il DSM-IV-TR tenta di definire tutto l'ampio *range* di espressione del disturbo; compito non facile data la natura variabile del disturbo e l'ampio range di deficits intellettuali e linguistici (Lecavalier, 2010). Nel DSM-IV-TR, ci sono 12 criteri che definiscono il PDD (4 per ciascun dominio).

Nel dominio della socializzazione, i sintomi sono: a) danneggiamento marcato in multipli comportamenti non verbali, b) fallimento nell'instaurare relazioni con i pari, c) mancanza di ricerca spontanea nel condividere gioia, interessi o scopi e d) mancanza di reciprocità sociale o emozionale.

Nel dominio della comunicazione, essi sono definiti come: a) ritardo o mancanza totale di linguaggio parlato, b) danneggiamento nell'abilità di iniziare o sostenere una conversazione, c) linguaggio stereotipato o ripetitivo e d) mancanza di *make-belief* o gioco imitativo.

Nel dominio dei comportamenti e interessi ripetitivi e stereotipati (*Repetitive and Restricted Behaviors and Interests* RRBI), essi si definiscono come: a) preoccupazione invasiva con un pattern stereotipato e ristretto di interesse, b) un'apparente inflessibile aderenza a routines o rituali specifici non funzionali, c) manierismi motori ripetitivi, e d) preoccupazione persistente per parti di oggetti.

La diagnosi di AD prevede almeno sei sintomi totali, dai tre domini, due dei quali devono essere presenti nel dominio della socializzazione e in almeno uno degli altri domini. Danni nell'interazione sociale, linguaggio o gioco simbolico devono esser presenti già all'età di 3 anni. Il disturbo Asperger condivide con l'AD i disturbi nel dominio sociale, insieme alla presenza di RRBI. L'AspD si differenzia dall'AD perché non richiede un a) ritardo nel linguaggio o nello sviluppo cognitivo o b) nel danneggiamento qualitativo della comunicazione.³ Il PDD-NOS viene diagnosticato quando è presente un danneggiamento severo e pervasivo nello sviluppo

³ In accordo con il DSM-IV-TR, se sono raggiunti i criteri diagnostici per l'AD e AspD, la diagnosi di AD prevale.

dell'interazione sociale reciproca, associato a un danneggiamento nella comunicazione verbale o non-verbale o con la presenza di RRBI (e i criteri per un PDD non sono raggiunti). La diagnosi di PDD-NOS è quindi una diagnosi per esclusione che viene usata quando è chiaro che siamo in presenza di qualche PDD. La diagnosi di disturbo pervasivo dello sviluppo non altrimenti specifico (DSS-NAS) viene redatta quando non si incontrano tutti i criteri per diagnosticare gli altri disturbi dello spettro autistico. Il DSM-IV-TR (APA, 2000) non fornisce linee guida chiare per tale diagnosi che per tali motivi si può definire una “diagnosi sottosoglia” usata quando non si incontrano i criteri per una diagnosi di autismo (Snow, & Lecavalier, 2010). Per questo motivo il DSS-NAS è il più frequentemente diagnosticato, anche se è il meno caratterizzato e di conseguenza il meno studiato (Fombonne, 2005). L'Autismo ad alto funzionamento (HFA), invece, è caratterizzato da migliori abilità cognitive, linguaggio e funzionamento sociale, una tendenza alla specializzazione e migliore prognosi in età adulta rispetto all'AD (Vicki, 1996). Si differenzia dall'AspD perché nell'HFA si osserva un'acquisizione ritardata del linguaggio, mentre nell'AspD l'utilizzo di frasi compare prima dei 36 mesi (Gilchrist 2001, Howlin, 2003; Szatmari, Archer, Fisman, Streiner & Wilson, 1995). Alcuni studiosi però sostengono che molte delle differenze esistenti tra AspD e HFA sembrano essere secondarie al processo di definizione iniziale dell'autismo, coinvolgendo la stessa sintomatologia fondamentale e differenziandosi solo nel grado di severità dei sintomi (Ozonoff, South & Miller, 2000; McIntosh, & Dissanayake, 2004). Altri, invece, non supportano l'esistenza delle differenze tra AD e AspD basati sugli attuali criteri diagnostici (Witwer, & Lecalier, 2010).

Dal punto di vista cognitivo, parte integrante dell'autismo è la difficoltà nel processing delle informazioni emotive, che si manifesta nella difficoltà a identificarle o descriverle (Hill, Berthoz, & Frith, 2004). Infatti, sono note specifiche difficoltà nel riconoscimento delle emozioni facciali (Hobson, Ouston & Lee, 2004; Law Smitha, Montagneb, Perrettc, Gill &, Gallaghera, 2010; Harm, Martin & Wallace, 2010) e corporee (Begeer, Rieffe, Terwogt & Stockmann, 2006), nella consapevolezza emotiva (Silani, Bird, Brindley, Singer, Frith, Frith, 2007), nel riconoscere e rispondere a emozioni negative (Bal, Hardn, Lamb, Van Hecke, Denver, & Porges, 2010; Corden, Chilvers, & Skuse, 2008; Wallace, Coleman, & Bailey, 2008; Bacon, Fein, Morris, Waterhouse, & Allen, 1998; Sigman, Kasari, Kwon, & Yirmiya, 1992; Ashwin, Chapman, Colle, Baron-Cohen, 2006; Deruelle, Hubert, Santos, & Wicker, 2008) e a emozioni positive (Kasari, Sigman, Baumgartner, & Stipek, 1993; Willbarger, McIntosh, & Winkielman, 2009). Inoltre è stato osservato un pattern di eye gaze anomalo nell'esplorazione di stimoli emotivi, potenziali evocati rallentati negli stadi precoci (onde P100 e N170) in risposta a stimoli emotivi (Batty, Meaux, Wittemeyer, Roge & Taylor, 2011), e un'attivazione cerebrale anomala nel processing emotivo (Harm, Martin & Wallace, 2010), in particolare di fronte a espressioni facciali negative (Dawson, Webb, Carver, Panagiotides, & McPartland, 2004). Anche le risposte fisiologiche alla vista di

immagini emotive sembrano differire tra adulti con diagnosi di autismo ad alto funzionamento e i controlli normotipici (Bölte, Feineis-Matthews, & Poustka, 2008). I pazienti con autismo sono meno attivati quando vedono immagini tristi, mentre presentano un arousal maggiore quando vedono immagini neutre. Inoltre, riportano maggior controllo di fronte a immagini paurose o tristi rispetto ai controlli. Tali risultati confermano una reattività fisiologica e una narrazione delle esperienze emotive alterate nell'autismo, che potrebbero essere correlati al generale danneggiamento socio-emozionale osservato nell'autismo (Bölte, Feineis-Matthews, & Poustka, 2008). Sebbene il deficit del processing emotivo sembra esser ben documentato in letteratura, alcuni studi non ne confermano l'esistenza. Per esempio, bambini con diagnosi di autismo o di disturbo di Asperger con buone abilità verbali non mostrano alcuna differenza nel riconoscere e identificare le sei espressioni di base di Ekman & Friesen (Castelli, 2005).

Evidenze contrastanti invece sussistono sulle abilità attenzionali: mentre da una parte si osservano difficoltà nel disancoraggio (Landry & Bryson, 2004) e nell'orientamento dell'attenzione (Wainwright & Bryson, 1996; Townsend, Courchesne, & Egaas, 1996), nell'attenzione sostenuta (Schatz, Weimer & Trauner, 2002), nello spostamento dell'attenzione (Leekam, & Moore, 2001), nel processamento globale di figure (Happè, 1996), dall'altra i pazienti con spettro autistico sembrano avere abilità di ricerca visiva superiore ai controlli (Plaisted, O'Riordan & Baron-Cohen, 1998; O'Riordan, 2004), con particolari abilità nel rilevamento di dettagli. Altri studi invece non rilevano nessuna differenza nelle abilità attentive (Iarocci, & Burack, 2004; Leekam, Lopez, & Moore, 2000).

Sembra ormai ampiamente accettato che i pazienti con disturbi dello spettro autistico esplorino l'ambiente in un modo anomalo (Fletcher-Watson, Leekam, Turner, & Moxon, 2006) e che in generale siano bravi nell'elaborazione di specifiche caratteristiche e nel rilevare dettagli in una griglia (Mottron, & Burack, 2001; Mottron, Burack, Iarocci, Belleville, & Enns, 2003), anche se non è ancora chiaro quali specifici meccanismi attentivi siano compromessi.

Soggetti con spettro autistico mostrano specifiche abilità in determinati ambiti: infatti, mostrano abilità di ricerca visiva superiori nel *Embedded Figure Test* (O'Riordan, 2003) o nel Block Design test (Shah & Frith, 1983) e migliori abilità discriminative (Plaisted, O'Riordan & Baron-Cohen, 1998). Lo studio di Farran, Branson & King (2011) mostra che in un compito di ricerca di espressioni facciali, i partecipanti con AD mostrano uno specifico deficit nel riconoscere le espressioni negative (paura, rabbia, tristezza), ma non quelle positive (felicità, sorpresa) o di disgusto.

Per quanto riguarda la ricerca visiva del cambiamento, adulti con diagnosi di autismo ad alto funzionamento (Fletcher-Watson, Leekam, Turner, & Moxon, 2006) mostrano lo stesso livello di priorità centrale/marginale nella detezione del cambiamento rispetto ai controlli, indicando lo stesso

ancoraggio attenzionale a items semanticamente rilevanti o contestualmente inappropriati. Inoltre, è evidente un rallentamento nei tempi di risposta associato solo alla ricerca del cambiamento di interesse marginale. Gli autori sostengono una normale selezione degli items nello spettro autistico, molto probabilmente associato a un deficit nel disancoraggio o nello spostamento dell'attenzione. Uno studio sulla CB condotto su adolescenti con diagnosi di spettro autistico mostra invece risultati diversi. Utilizzando non il *flicker task*, ma filmati che presentavano cambiamenti durante il cambio di inquadratura (un compito più ecologico, frequentemente osservato nella vita reale, ma che mostra elevati livelli di CB negli osservatori) i ragazzi con disturbi dello spettro autistico presentavano una prestazione migliore rispetto ai controlli. Gli autori ipotizzano che la capacità di maggior attenzione ai dettagli, associata frequentemente allo spettro autistico, possa giustificare questo risultato (Smith & Milne, 2009).

È noto che le facce, per le loro caratteristiche sociali, vengono rilevate prima rispetto ad altri oggetti, risultato confermato anche con l'utilizzo del *flicker task* (Ro, Russel, & Lavie, 2001). Recentemente è stato evidenziato che bambini con spettro autistico non mostrano nessuna facilitazione nella detezione di facce e questo potrebbe spiegare il loro orientamento sociale atipico (Kikuchi, Senju, Tojo, Osanai, & Hasegawa, 2009). I bambini con spettro autistico mostrano tempi di detezione rallentati nella ricerca di tutti gli oggetti, maggiormente evidente per le facce (sia utilizzando il *flicker task* con fotografie come stimoli, che con griglie con oggetti). Gli autori spiegano questi risultati attribuendo al disturbo autistico una mancanza di attentional bias verso gli stimoli facciali, solitamente presente nei bambini con sviluppo tipico.

Nell'esperimento 1 abbiamo osservato come e in quale direzione gli stimoli emotivi influenzino la ricerca visiva del cambiamento. In questo esperimento vogliamo riproporre tale esperimento a bambini con diagnosi di spettro autistico per valutare le abilità di ricerca visiva nell'autismo, in particolare con stimoli emotivi il cui processamento è stato osservato essere deficitario negli autistici (Hill, Berthoz, & Frith, 2004).

Se il deficit attenzionale nei bambini con disturbi dello spettro autistico riguarda principalmente il disancoraggio dell'attenzione, mentre la selezione attenzionale è conservata, così come osservato negli adulti (Fletcher-Watson et al., 2006), allora si avranno tempi di risposta maggiori per i bambini con disturbo dello spettro autistico, soprattutto nella detezione di cambiamenti marginali, mentre nella detezione dei cambiamenti centrali non si osserveranno differenze tra i due gruppi.

Inoltre, se il deficit emozionale nei disturbi dello spettro autistico è soprattutto a carico degli stimoli negativi (Bal, Hardn, Lamb, Van Hecke, Denver, & Porges, 2010; Corden, Chilvers, & Skuse, 2008; Wallace, Coleman, & Bailey, 2008; Bacon, Fein, Morris, Waterhouse, & Allen, 1998; Sigman, Kasari, Kwon, & Yirmiya, 1992; Ashwin, Chapman, Colle, Baron-Cohen, 2006; Deruelle, Hubert, Santos, & Wicker, 2008), i bambini con disturbo dello spettro autistico dovrebbero

mostrare tempi di risposta maggiori di fronte a stimoli negativi. Se invece il deficit del processamento emozionale dovesse essere aspecifico per la valenza emotiva, allora i bambini con disturbo dello spettro autistico mostrerebbero tempi di risposta indifferentemente rallentati di fronte a stimoli negativi e positivi rispetto ai bambini di controllo.

Nell'esperimento 1 abbiamo però osservato che in questo tipo di compito l'effetto degli stimoli emotivi interagisce con il tipo di ricerca del cambiamento. Infatti, gli stimoli negativi interferiscono maggiormente durante la ricerca dei cambiamenti centrali, mentre gli stimoli positivi interferiscono maggiormente durante la ricerca dei cambiamenti marginali. In tal caso, se nei disturbi dello spettro autistico si ha un deficit generale del processamento emotivo (Philip, Whalley, Stanfield, Sprengelmeyer, Santos, Young, Atkinson, Calder, Johnstone, Lawrie & Hall, 2010), si dovrebbero osservare tempi di risposta rallentati per tutti gli stimoli emotivamente connotati. Se invece il deficit è limitato ai soli stimoli negativi (Bal, Hardn, Lamb, Van Hecke, Denver, & Porges, 2010; Corden, Chilvers, & Skuse, 2008; Wallace, Coleman, & Bailey, 2008; Bacon, Fein, Morris, Waterhouse, & Allen, 1998; Sigman, Kasari, Kwon, & Yirmiya, 1992; Ashwin, Chapman, Colle, Baron-Cohen, 2006; Deruelle, Hubert, Santos, & Wicker, 2008) i bambini con disturbi dello spettro autistico dovrebbero mostrare tempi di risposta rallentati solo di fronte a quest'ultimi.

Metodo

Partecipanti

Hanno partecipato allo studio 14 bambini di 8-12 anni con disturbi dello spettro autistico (7 con diagnosi Asperger, 6 con diagnosi di Autismo ad alto funzionamento, 1 con diagnosi di disturbo pervasivo dello sviluppo non altrimenti specificato (11 maschi e 3 femmine; età media= 8.93; DS= 1.73), e 14 bambini di controllo, comparabili per età (11 maschi e 3 femmine; età media= 8.99; DS= 1.67) e genere. Tutti i bambini non erano trattati farmacologicamente, perché sono stati testati al loro primo ingresso presso la Clinica Sant'Alessandro di Roma, e non presentavano una precedente storia di trattamento farmacologico.

La valutazione psicopatologica è stata fatta dal team di neuropsichiatri infantili per mezzo del *Autism Diagnostic Observation Schedule* (ADOS; Lord, Rutter, DiLavore, & Risi, 1999) e del *Autism Diagnostic Interview-Revised* (ADI-R; Lord, Rutter, & Le Couteur, 1994). Per confermare la sindrome di Asperger è stata utilizzata la Scala Australiana per la Sindrome d'Asperger, un questionario/intervista per i genitori dei bambini con sospetto di Sindrome di Asperger (Garnett, & Attwood, 1994). Nei casi di basso funzionamento sono state valutate le capacità adattive globali dei pazienti mediante l'intervista Vineland ai genitori. Nel caso di buone capacità verbali (sia per Sindrome di Asperger che per DPP-NOS) la valutazione cognitiva è stata fatta tramite la *Weschler*

Intelligence Scale for Children-III edition (WISC-III); negli altri casi (Autismo e DPP NoS a basso funzionamento) tramite la *Scala di Valutazione Cognitiva Leiter-R (Leiter International Prestazione Scale; Leiter, 1948)*. Nei casi di basso funzionamento le capacità adattive globali dei pazienti sono state valutate mediante l'intervista Vineland (*Vineland Adaptive Behavior Scale; Sparrow, Balla, Cicchetti, & Doll, 1984*) per i genitori.

I bambini del gruppo di controllo erano paragonabili per genere e età al gruppo sperimentale, scelti da un più ampio campione di bambini di alcune scuole di Roma. Non avevano avuto danni cerebrali o altri danni neurologici o psichiatrici, come indicato da un questionario fatto compilare ai genitori. Il punteggio QI e l'età non differivano nei due gruppi. Lo studio è stato approvato dal comitato etico della Clinica e i genitori di tutti i bambini partecipanti hanno firmato un consenso informato.

Stimoli

Gli stimoli proposti sono gli stessi dell'esperimento 1.

Apparato

Il compito è stato somministrato mediante un PC, con un monitor ad alta definizione a 19". La somministrazione degli stimoli e la registrazione dei tempi di risposta è stata programmata mediante il software E-Prime (Psychology Software Tools Inc., Schneider, Eschmann, Zuccolotto, 2002a; 2002b).

Procedura

La procedura è la stessa dell'esperimento 1. I bambini di controllo venivano testati in una stanza silenziosa nella loro scuola; i bambini con diagnosi di spettro autistico venivano testati in una stanza presso la Clinica S. Alessandro con le stesse condizioni sperimentali.

Analisi dei dati

È stata eseguita un'analisi della varianza *Gruppo* (spettro autistico, controlli) x *Cambiamento* (centrale, marginale) x *Valenza* (negativa, neutra, positiva) sulla media dei tempi di risposta e del numero di errori. Per stabilire la significatività dei risultati si è adottato un valore di $\alpha = 0.05$. I tempi di risposta delle risposte non corrette (errori o omissioni) sono stati sostituiti con il tempo di risposta medio + 2 DS della condizione relativa.

Risultati

Nella tabella 2 sono riportate le medie dei tempi di risposta (in ms), le Deviazioni Standard (SD) e il numero di errori in funzione dei cambiamenti centrali (CI) e marginali (MI) e della valenza delle immagini nei bambini con disturbi dello spettro autistico (DSA) e nei bambini di controllo.

Tabella 2. Tempi di risposta (in ms), Deviazioni Standard (SD) e numero di errori in funzione dei cambiamenti centrali (CI) e marginali (MI) nei bambini con disturbi dello spettro autistico (DSA) e nei bambini di controlli.

		DSA			Controlli		
		RT	SD	Errori	RT	SD	Errori
CI	NEG	33565.32	3185.65	0.93	21291.78	3200.65	0.64
	NEU	7761.73	1258.29	0.07	9233.13	1878.20	0.07
	POS	17750.64	2641.55	0.57	14535.70	2541.88	0.57
MI	NEG	34108.82	3242.48	1.21	33653.85	4252.18	0.86
	NEU	38075.92	3665.13	0.71	25021.65	4465.63	0.71
	POS	68794.48	5441.81	1.57	40654.41	5001.22	1.00

Analisi dei tempi di risposta

L'ANOVA ha evidenziato un effetto significativo del *Gruppo* ($F_{1,26} = 12.31$; $p < 0.01$; $\text{partial } \eta^2 = 0.32$; Figura 1), che ha indicato che il gruppo clinico ha tempi di risposta maggiori rispetto al gruppo di controllo.

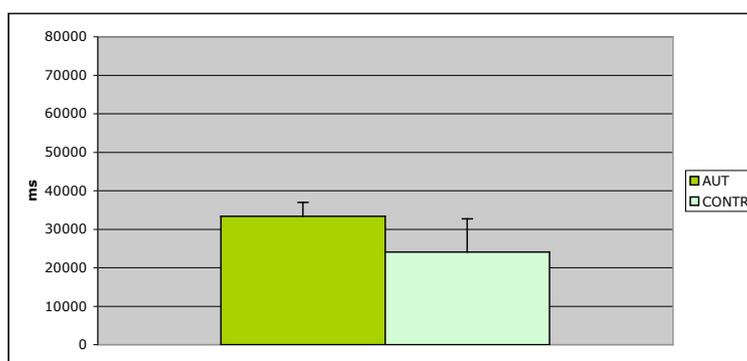


Figura 1. Tempi di risposta nella detezione di cambiamenti di bambini con disturbo dello spettro autistico e controlli.

L'effetto del *Cambiamento* ($F_{1,26} = 122.40$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.83$) e della *Valenza* ($F_{2,25} = 23.35$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.47$; Figura 2) confermano la maggior facilità nel rilevare i cambiamenti di tipo centrale rispetto ai marginali e maggiori tempi di risposta di fronte a stimoli emotivi (sia positivi che negativi) rispetto a stimoli neutri ($p < 0.0001$).

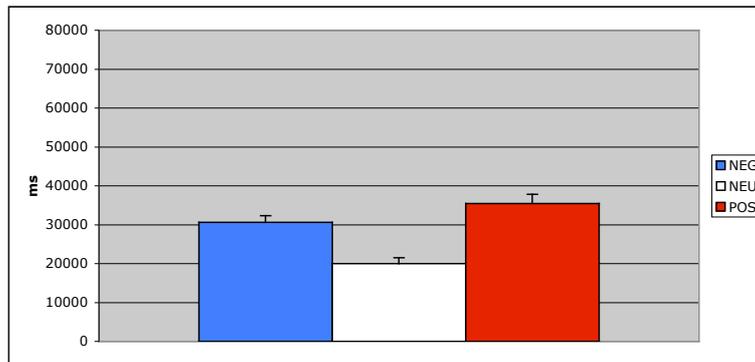


Figura 2. Tempi di risposta nella detezione di cambiamenti di fronte a stimoli a valenza negativa, neutra e positiva.

L'interazione *Gruppo x Cambiamento* ($F_{1,26} = 5.04$; $p < 0.05$; $\text{partial } \eta^2 = 0.16$; Figura 3) indica che i due gruppi si differenziano solo nella detezione di cambiamenti di tipo marginale ($p = 0.002$), mentre le differenze non sono significative nella detezione di cambiamenti centrali.

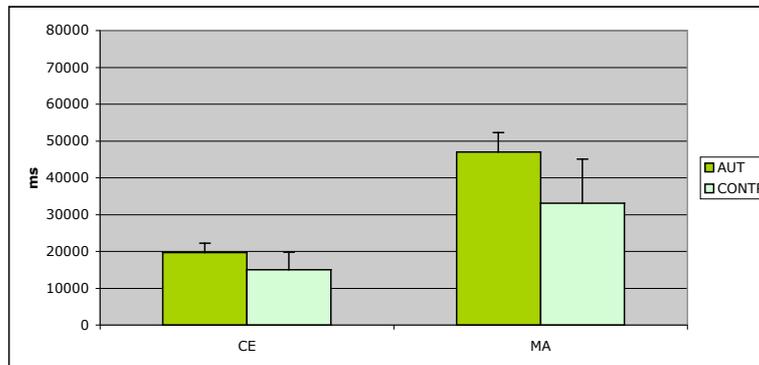


Figura 3. Tempi di risposta nella detezione di cambiamenti di tipo centrale (a sinistra) e marginale (a destra) nei bambini con diagnosi di spettro autistico e nei bambini di controllo.

L'interazione *Valenza x Cambiamento* ($F_{2,25} = 27.22$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.51$; Figura 4) conferma una maggiore interferenza delle immagini negative durante la detezione di cambiamenti centrali e una maggiore interferenza delle immagini positive durante la detezione di cambiamenti marginali.

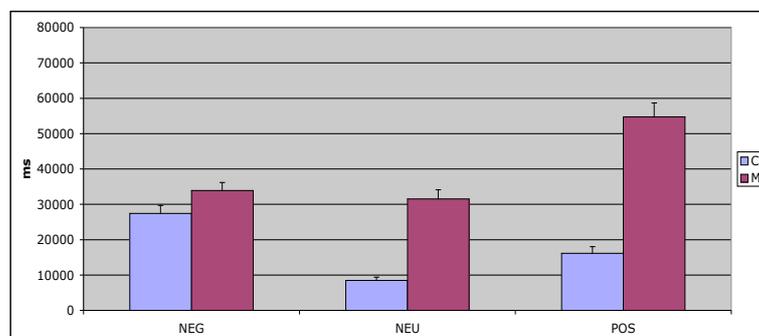


Figura 4. Tempi di risposta nella detezione di cambiamenti centrali e marginali di fronte a immagini a valenza negativa, neutra e positiva.

Per meglio analizzare l'interazione *Gruppo x Valenza x Cambiamento* ($F_{2,25} = 9.4$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.27$; Figura 5) abbiamo eseguito un'analisi della varianza *Gruppo x Valenza* separatamente per ciascun tipo di cambiamento.

L'analisi della varianza condotta sulle immagini che presentavano un cambiamento di interesse centrale ha evidenziato un effetto della *Valenza* ($F_{2,25} = 40.70$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.61$) e un effetto prossimo alla significatività del *Gruppo* ($F_{1,26} = 3.35$; $p < 0.08$; $\text{partial } \eta^2 = 0.11$). L'interazione *Gruppo x Valenza* ($F_{2,25} = 5.48$; $p < 0.01$; $\text{partial } \eta^2 = 0.17$) ha indicato che i bambini con diagnosi di spettro autistico hanno tempi di risposta maggiori solo di fronte a immagini negative ($p = 0.01$).

L'analisi della varianza eseguita sulle immagini che presentavano un cambiamento di interesse marginale ha evidenziato un effetto del *Gruppo* ($F_{1,26} = 12.13$; $p < 0.01$; $\text{partial } \eta^2 = 0.32$) e della *Valenza* ($F_{2,25} = 20.76$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.44$) che hanno indicato maggiori tempi di risposta a) nei bambini con disturbi dello spettro autistico rispetto al gruppo di controllo e b) per le immagini positive rispetto alle neutre ($p < 0.0001$) e alle negative ($p < 0.0001$). Non si evidenzia una differenza significativa nei tempi di risposta delle immagini neutre e negative ($p = 0.43$). L'interazione *Gruppo x Valenza* ($F_{2,25} = 6.12$; $p < 0.01$; $\text{partial } \eta^2 = 0.19$) ha indicato tempi di risposta maggiori nei bambini con disturbi dello spettro autistico rispetto ai bambini di controllo solo di fronte a immagini neutre ($p = 0.02$) e positive ($p = 0.002$) quando il cambiamento era di interesse marginale, mentre i due gruppi non erano diversi quando le immagini erano negative ($p = 0.92$).

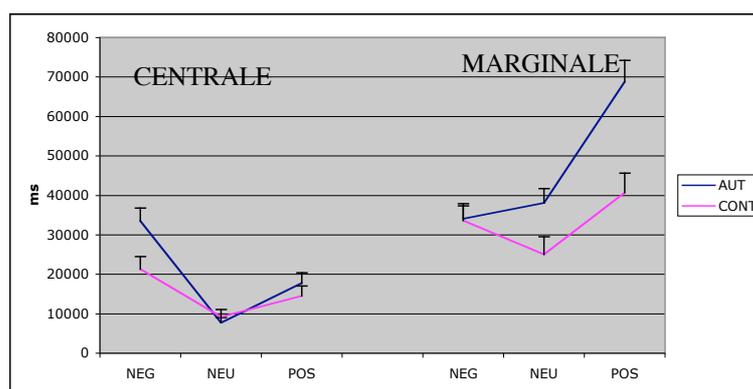


Figura 5. Tempi di risposta nella detezione di cambiamenti centrali e marginali per immagini a valenza negativa, neutra e positiva da parte di bambini con diagnosi di spettro autistico e bambini di controllo.

Analisi del numero di errori

L'ANOVA *Gruppo x Cambiamento x Valenza* sul numero di errori ha evidenziato un effetto principale del *Cambiamento* ($F_{1,26} = 26.76$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.51$) che ha indicato un minor

numero di errori nella detezione di cambiamenti centrali (0.48) rispetto ai marginali (1.02). L'effetto della *Valenza* ($F_{2,25} = 16.75$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.39$) ha mostrato un maggior numero di errori per gli stimoli positivi (0.14), rispetto a quelli neutri (0,09) e negativi (0,09). L'interazione *Cambiamento x Valenza* ($F_{2,25} = 53.12$; $p = 0.05$; partial $\eta^2 = 0.11$) ha indicato un minor numero di errori nella ricerca di cambiamenti centrali rispetto a quelli marginali per le immagini neutre ($p < .0.0001$) e positive ($p = 0.001$), ma tale differenza è meno pronunciata per le immagini negative ($p = 0.50$). L'interazione *Gruppo x Cambiamento x Valenza* ($F = 1.18$) non è risultata significativa.

Discussione

I risultati mostrano un rallentamento generale dei tempi di risposta nei bambini con disturbi dello spettro autistico rispetto ai bambini del gruppo di controllo, dovuto soprattutto a un rallentamento dei tempi di risposta nella detezione dei cambiamenti di interesse marginale, confermando quanto riportato nello studio di Fletcher-Watson et al. (2006) con partecipanti adulti. Tali risultato pertanto supportano l'ipotesi secondo la quale il rallentamento dei tempi di risposta osservato nei disturbi dello spettro autistico non sarebbe determinato da un deficit nella selezione attenzionale (Fletcher-Watson et al., 2006); infatti, quest'ultimo appare conservato nella ricerca di cambiamenti di interesse centrale. La specifica difficoltà che si osserva nella ricerca dei cambiamenti di interesse marginale potrebbe essere spiegata alla luce di una difficoltà nel disancoraggio dagli *items* semanticamente più rilevanti (Hughes & Russell, 1993; Landry & Bryson, 2004) o, in alternativa, da una difficoltà nello spostamento dell'attenzione (Casey, Gordon, Mannheim, & Rumsey, 1993; Courchesne, Townsend, Akshoomoff, Saitoh, Yeung-Courchesne, Lincoln, James, Haas, Schreibman, & Lau, 1994; Leekam & Moore, 2001; Wainwright-Sharp & Bryson, 1993).

Il risultato più rilevante però riguarda l'interferenza che gli stimoli emotivi sembrano avere sulla prestazione di ricerca del cambiamento nei bambini con disturbi dello spettro autistico (Figura 15). È ben nota infatti la difficoltà nelle persone affette da disturbo dello spettro autistico nel processamento di stimoli negativi (Bal, Hardn, Lamb, Van Hecke, Denver, & Porges, 2010; Corden, Chilvers, & Skuse, 2008; Wallace, Coleman, & Bailey, 2008; Ashwin, Chapman, Colle, Baron-Cohen, 2006; Deruelle, Hubert, Santos, & Wicker, 2008), che ha fatto ipotizzare la presenza di un danneggiamento selettivo dell'amigdala nell'autismo (Khetrapal, 2007; Schultz, 2005). In questo studio si conferma l'effetto interferente degli stimoli negativi, ma solo limitatamente alla detezione dei cambiamenti di interesse centrale; infatti, nella detezione dei cambiamenti di interesse marginale la loro prestazione non si differenzia da quella dei controlli. Questo risultato sembra indicare che solo nella ricerca automatica del cambiamento lo stimolo negativo interferisce con la

prestazione nel gruppo clinico; infatti, nella ricerca di tipo volontario la prestazione dei bambini con disturbi dello spettro autistico non è differente da quella esibita dai bambini di controllo, quando le immagini sono negative. Tale risultato potrebbe esser spiegato considerando la consapevolezza implicata nel processing emotivo negativo, come suggerito da Khetrapal (2007). Infatti, le persone con disturbi dello spettro autistico sembrano non avere difficoltà nel riconoscere le espressioni negative, qualora esse siano al 100% della loro intensità. Infatti, manipolando l'intensità dell'espressione, le persone con disturbi dello spettro autistico sono risultati peggiori nel riconoscimento delle espressioni, solo nelle espressioni negative con bassa intensità (Law-Smith et al., 2010). Inoltre, i partecipanti con disturbi dello spettro autistico mostrano un deficit nella mimica automatica di espressioni facciali, ma non in quella volontaria (McIntosh, Reichmann-Decker, Winkielman & Wilbarger, 2006). Si può suggerire che maggiore sarà la consapevolezza associata all'elaborazione dello stimolo emotivo, minori saranno i deficit presenti nei partecipanti con disturbo dello spettro autistico; e che quindi tale risultato possa spiegare la dissociazione osservata nella detezione del cambiamento di fronte a stimoli negativi. È probabile che nella ricerca automatica la difficoltà nel processamento degli stimoli negativi emerga con forza, mentre nella ricerca di tipo volontario le persone con disturbi dello spettro autistico riescano a compensare tale deficit con altre abilità di tipo automatico, impiegando altre risorse (McIntosh, Reichmann-Decker, Winkielman, & Wilbarger, 2006).

I risultati ottenuti con gli stimoli positivi e neutri sembrano confermare l'ipotesi di una difficoltà nel disancoraggio (Hughes & Russell, 1993; Landry & Bryson, 2004) o nello spostamento dell'attenzione (Casey, Gordon, Mannheim, & Rumsey, 1993; Courchesne, Townsend, Akshoomoff, Saitoh, Yeung-Courchesne, Lincoln, James, Haas, Schreibman, & Lau, 1994; Leekam & Moore, 2001; Wainwright-Sharp & Bryson, 1993) dagli items semanticamente più rilevanti. mentre suggerisce che nell'autismo il processo di selezione attenzionale degli items sia conservato, così come osservato nello studio di Fletcher-Watson et al. (2006).

I limiti di questo studio riguardano il numero esiguo di partecipanti, che non permette di valutare eventuali differenze tra i bambini caratterizzati da diversi disturbi dello spettro autistico. Infatti, differenze nel dominio cognitivo e linguistico tra i partecipanti potrebbero fortemente incidere sulla prestazione di ricerca del cambiamento.

Conclusioni

A nostra conoscenza, questo è il primo studio che valuta gli effetti del processamento di stimoli emotivi sulla ricerca del cambiamento (ad eccezione dello studio di Graham, 2008 che mostra, ad ammissione della stessa autrice, alcune debolezze metodologiche).

Nel primo esperimento si è valutata tale relazione e i suoi cambiamenti nel corso dello sviluppo. I risultati hanno evidenziato una dissociazione tra ricerca dei cambiamenti di interesse centrale e marginale, che ipotizziamo possano essere l'espressione di due processi distinti (Figura 8). Infatti, nella ricerca dei cambiamenti di interesse centrale (che possiamo definire come quella di tipo più automatico) gli stimoli negativi, catturando automaticamente l'attenzione, esercitano la maggior interferenza con il compito, rispetto agli stimoli neutri e positivi. Nella ricerca di cambiamenti di interesse marginale, di tipo volontario, sono invece gli stimoli positivi che esercitano la maggior interferenza. Tali interferenze si possono spiegare chiamando in causa, nel primo caso, l'automatica cattura attenzionale da parte degli stimoli negativi (Codispoti, Bradley, & Lang, 2001; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000; Hagemann, Waldstein, & Thayer, 2003), nel secondo caso, la volontaria esplorazione degli stimoli appetitivi, in accordo con la teoria che ipotizza che le emozioni modulino il comportamento tramite il sistema motivazionale (Lang, Davis, & Ohman, 2000). La diminuzione dei tempi di risposta con l'aumentare dell'età appare modulata dalla valenza dello stimolo presentato; tale effetto infatti è più pronunciato di fronte a stimoli emotivi. Ciò si potrebbe spiegare con la progressiva maturazione cerebrale della corteccia prefrontale che permetterebbe di contrastare l'interferenza degli stimoli emotivi sull'esecuzione del compito (Anticevis, Repovs, & Barch 2010).

Nel secondo esperimento si è valutato come gli stimoli emotivi modulavano la ricerca del cambiamento nei bambini con diagnosi di disturbo dello spettro autistico, caratterizzato da notevoli difficoltà nel processamento emotivo (Philip, Whalley, Stanfield, Sprengelmeyer, Santos, Young, Atkinson, Calder, Johnstone, Lawrie & Hall, 2010), soprattutto di stimoli negativi (Bal, Hardn, Lamb, Van Hecke, Denver, & Porges, 2010) e da abilità attenzionali compromesse (Landry & Bryson, 2004; Wainwright & Bryson, 1996; Townsend, Courchesne, & Egaas, 1996; Schatz, Weimer & Trauner, 2002; Leekam, & Moore, 2001). I risultati hanno evidenziato tempi di risposta generalmente rallentati nei partecipanti con disturbi dello spettro autistico, effetto dovuto principalmente al rallentamento della prestazione nella ricerca del cambiamento di interesse marginale. In accordo con lo studio di Fletcher-Watson, Leekam, Turner, & Moxon (2006), tale risultato sembra confermare un deficit nello spostamento attenzionale o nel disancoraggio dell'attenzione, piuttosto che un deficit nella selezione attenzionale. In modo interessante, tale relazione sembra esser modulata dalla difficoltà del processamento degli stimoli negativi nei bambini con disturbo dello spettro autistico, che infatti presentano una maggiore interferenza per gli stimoli negativi. Di difficile interpretazione è l'evidenza che mostra come tale interferenza sia presente solo nella ricerca dei cambiamenti di interesse centrale, mentre nella ricerca dei cambiamenti di interesse marginale il gruppo dei bambini con disturbi dello spettro autistico non si differenzia dai controlli solo di fronte a stimoli negativi. Molto probabilmente tale risultato si può

spiegare con la capacità delle persone con disturbi dello spettro autistico di compensare il deficit nell'elaborazione di stimoli negativi con altre abilità di tipo volontario.

Esperimento 3

Influenza dell'attrattività degli stimoli sulla prestazione di change detection

Introduzione

È noto in letteratura che alcune caratteristiche individuali influenzano la detezione di un cambiamento che ripetutamente si presenta nella scena visiva. Molteplici sono gli studi che mostrano che se l'oggetto che subisce un cambiamento riveste un particolare "interesse" per la persona, il cambiamento sarà rilevato prima. In particolare, i fumatori rilevano prima i cambiamenti che riguardano oggetti inerenti al fumo (Yaxley & Zwaan, 2003); i buoni conoscitori del gioco del football rilevano prima i cambiamenti rilevanti per l'andamento del gioco, rispetto ai non tifosi (Werner & Thies, 2000); coloro che abusano di sostanze psicotrope rilevano prima i cambiamenti fatti su oggetti inerenti la sostanza psicotropa (Jones et al., 2003). Queste evidenze sono state argomentate chiamando in causa il ruolo dell'*expertise* della persona nella ricerca di tali oggetti (Beck, Martin, Smitherman, & Gaschen, 2009). Si postula, infatti, che queste persone compiano spesso una ricerca visiva degli oggetti di loro interesse durante la loro vita quotidiana e quindi questo implichi una prestazione migliore nel compito di CD di oggetti ben noti

Numerosi studi hanno invece mostrato come i soggetti fobici rilevino prima i cambiamenti che riguardano l'oggetto di cui sono fobici (Mayer, Muris, Vogel, Nojoredjo, & Merckelbach, 2006; Reinecke, Becker, & Rinck, 2010). I partecipanti che devono cercare stimoli *fear-relevant* discrepanti (serpenti e ragni) in una griglia che contiene anche stimoli *fear-irrelevant* (fiori e funghi), o viceversa, rilevano più velocemente gli stimoli *fear-relevant*, rispetto a quelli *fear-irrelevant*. La ricerca per gli stimoli *fear-relevant*, ma non quelli *fear-irrelevant*, appare anche influenzata dalla locazione del target e dal numero di distrattori, il che suggerisce un tipo di ricerca parallela per gli stimoli *fear-relevant*, e seriale per gli stimoli *fear-irrelevant*. I partecipanti che sono fobici dei serpenti (ma non dei ragni) o viceversa mostrano una ricerca facilitata per l'oggetto fobico, mentre non si evidenzia nessuna differenza nei controlli per la ricerca di oggetti target non fobici *fear-relevant* e *fear-irrelevant*. Questa facilitazione nel processamento di stimoli minacciosi si dimostra effettiva nel catturare l'attenzione e questo effetto sembra essere ulteriormente facilitato in caso di stimoli emotivamente provocativi (Ohman, Flykt, & Esteves, 2001).

In questo caso è stata ipotizzata l'esistenza di un *attentional bias* verso gli oggetti di cui si è fobici (Bar-Haim, Yair; Lamy, Dominique; Pergamin, Lee; Bakermans-Kranenburg, Marian, van IJzendoorn, Marinus, 2007, Arne Ohman, Anders Flykt, and Francisco Esteves, 2001), che supporta l'ipotesi che gli stimoli fobici catturerebbero automaticamente l'attenzione e indurrebbero un comportamento di continua scansione percettiva ("*hyperscan*") dell'ambiente visivo (Rosa, Gamito, Oliveira, Morais & Saraiva, 2011). Ma gli stimoli *fear-relevant* e biologicamente rilevanti per la sopravvivenza (come i serpenti) sono rilevati prima e più spesso anche da osservatori non fobici; questi risultati sono spiegati alla luce della rilevanza evolutiva-biologica degli stimoli biologicamente associati a una reazione di paura, che di per sé elicitano una rapida cattura

attenzionale (Rosa, Gamito, Oliveira, Morais & Saraiva, 2011). Infatti, dato che la velocità con cui percepiamo uno stimolo pericoloso è funzionale alla nostra possibilità di sopravvivenza (Bradley, Codispoti, Cuthbert, & Lang, 2001), il nostro sistema di risposta a stimoli avversivi si attiverebbe automaticamente, compiendo una veloce e preliminare analisi percettiva dello stimolo, che attiverà una risposta motoria di risposta allo stimolo avversivo (Codispoti, Bradley, & Lang, 2001; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000; Hagemann, Waldstein, & Thayer, 2003). Anche l'analisi dei movimenti oculari conferma che gli stimoli biologicamente rilevanti determinano una più rapida cattura attenzionale; infatti, gli stimoli minacciosi vengono fissati prima rispetto a quelli neutri e tale effetto viene ulteriormente aumentato dalla specifica paura per tale stimolo (Rosa, Gamito, Oliveira, Morais, Saraiva, 2011). Questo “*Fear System*” (il sistema che produce le risposte a stimoli avversivi) è supportato dalle strutture limbiche, in particolare dall'amigdala, che attiva risposte di evitamento o fuga, a seconda delle circostanze (Ohman & Soares, 1994; Ohman, & Mineka, 2001). Questo processo può essere maladattivo in alcune circostanze, poiché può facilitare il mantenimento di una paura eccessiva, come osservato nelle fobie specifiche (Larson, Schaefer, Siegle, Jackson, Anderle, & Davidson, 2006).

Le evidenze sperimentali che evidenziano una facilitazione nella ricerca di oggetti particolarmente rilevanti per i soggetti (Yaxley & Zwaan, 2003; Werner & Thies, 2000; Jones et al., 2003) e quelle sull'esistenza di un *attentional bias* per stimoli evolutivamente importanti (Mayer, Muris, Vogel, Nojoredjo, & Merckelbach, 2006; Reinecke, Becker, & Rinck, 2010) suggeriscono come la “salienza”, ovvero il particolare significato che l'oggetto rappresenta per il soggetto, possa influenzare la velocità e l'accuratezza di ricerca del cambiamento.

Se le caratteristiche semantiche dell'oggetto che subisce cambiamento influenzano la prestazione di CD, la presenza nella scena visiva di quello stesso oggetto influenzerà la CD? A nostra conoscenza, solo uno studio ha indagato tale situazione, proponendo un compito *flicker* a soggetti fobici con scene visive in cui l'oggetto della fobia era presente o meno nella scena. I risultati hanno evidenziato come i soggetti con fobia dei serpenti impiegavano più tempo rispetto ai non fobici a identificare un cambiamento nelle scene senza serpenti. Tale risultato è stato spiegato come un effetto inter-trials; i fobici impiegavano più tempo a disancorare l'attenzione dalle scene in cui il serpente era presente, rallentando la prestazione nella CD delle scene che invece non ne contenevano (McGlynn, Wheeler, Wilamowska, & Katz, 2008). In generale, comunque tutti i soggetti riportavano tempi di risposta minori nelle scene con serpenti; questo effetto non era presente solo nei partecipanti non fobici quando il compito richiedeva la detezione di cambiamenti di interesse marginale. Questi risultati sembrano confermare una facilitazione nella rilevazione di stimoli minacciosi e un'ulteriore facilitazione da parte dei soggetti fobici per l'oggetto fobico.

È plausibile pensare che se le caratteristiche dell'oggetto che subisce cambiamento (qui lo

potremmo definire in termini generico di “interesse” o “saliienza” per il soggetto percepiente) influenza la prestazione facilitandone la rilevazione, ugualmente le caratteristiche della scena visiva, e in particolare, la sua specifica attrattività per l’osservatore, possa influenzare la CD.

E’ importante considerare che il *flicker task* implica una ricerca seriale guidata da componenti *top-down* (semantica della scena e aspettative/intenzioni dell’osservatore) e *bottom-up* (caratteristiche percettive). Le due componenti determinano dove l’osservatore allocherà l’attenzione, determinando oggetti “più salienti” che saranno visitati per primi e oggetti meno salienti, visitati in un secondo tempo (quelli che Rensink definisce come oggetti di interesse centrale e marginale). Le caratteristiche semantiche della scena (e la relativa saliienza che gli oggetti rivestono all’interno di quella scena; Wright, 2003) influenzano quindi dove il soggetto allocherà l’attenzione (Rensink et al., 1997; Zimmermann, Schnier, & Lappe, 2010). Infatti, l’inversione delle immagini annulla tale lista di priorità attentiva (Kelley, Chun & Chua, 2003; Zimmerman et al., 2010) e il contesto della scena visiva facilita la prestazione di CD, mostrando tempi di risposta (TR) maggiori se la scena viene privata del suo significato/contenuto semantico invertendola o “mischiando gli elementi che la costituiscono” (*to jumbl*) (Zimmermann et al., 2010). A supporto di tali risultati, è utile sottolineare come il contesto della scena supporti il riconoscimento di oggetti individuali (Bar, 2004), aiuti nel ricordo degli oggetti presenti (Hollingworth, 2007) e induca delle aspettative circa la configurazione della scena; infatti, i cambiamenti inconsistenti con il contesto sono rilevati prima rispetto a quelli consistenti (Hollingworth & Henderson, 2000).

Molto è stato detto su come le caratteristiche percettive e semantiche della scena visiva influenzino la nostra allocazione dell’attenzione (Sholl, 2000; Turatto, Bettella, & Umiltà, 2003; Spotorno, & Faure, 2011) e di come le aspettative, le conoscenze e l’*expertise* del soggetto possano influenzare la prestazione di CD (Werner & Thies, 2000; Yaxley & Zwaan, 2003; Jones et al., 2003; Beck, Martin, Smitherman, & Gaschen, 2009), ma a nostra conoscenza nessuno studio ha indagato l’influenza dell’attrattività degli stimoli in un compito di CD. Se il soggetto considera attraente o meno lo stimolo, tale aspetto influenzerà la prestazione di CD? Si può ipotizzare che l’attrattività di uno stimolo possa agire sul sistema motivazionale appetitivo, inducendo comportamenti di approccio, similmente a quanto fanno stimoli di natura avversiva, che agiscono manipolando il sistema motivazionale difensivo, elicitando comportamenti di evitamento o fuga (si veda Lang, 1995; Pereira et al., 2006).

Se il soggetto considera attraente lo stimolo, è probabile che egli riesca a compiere più velocemente e meglio il compito di ricerca del cambiamento, dato che tale stimolo aumenta la motivazione del soggetto a esplorare l’immagine. Al contrario, si potrebbe pensare che l’interesse per l’immagine aumenti la motivazione del soggetto a osservare la scena, ma non a esplorarla attivamente alla ricerca del cambiamento (a fare cioè il compito richiesto); in tal caso si dovrebbe osservare un

incremento dei TR nelle scene considerate attrattive, soprattutto quando nell'immagine è introdotto un cambiamento di interesse marginale.

Per rispondere a tali questioni, abbiamo proposto un compito flicker a tre gruppi di bambini e a un gruppo di adulti, presentando immagini caratterizzate da differenti livelli di attrattività.

Sappiamo che nei bambini e negli adulti nella ricerca di un cambiamento agiscono gli stessi meccanismi attenzionali (ad esempio per entrambi la ricerca di un cambiamento di interesse centrale e più rapida della ricerca di un cambiamento di interesse marginale), sebbene i bambini mostrino tempi di risposta rallentati rispetto agli adulti (Shore, Burack, Miller, Joseph, & Enns, 2006; Fletcher-Watson, Collis, Findlay, & Leekam, 2009). In questo studio ci aspettiamo di confermare tale risultato. Tuttavia, se i meccanismi attenzionali implicati nella ricerca del cambiamento sono simili negli adulti e nei bambini, ci aspettiamo anche una stessa modulazione dovuta all'attrattività dello stimolo.

Se l'attrattività facilita la ricerca del cambiamento, di fronte alle immagini ad alta attrattività i tempi di risposta dovrebbero essere minori rispetto alle immagini a bassa attrattività; se al contrario l'attrattività ostacola la ricerca del cambiamento, distogliendo il partecipante dal compito principale, per le immagini ad alta attrattività i tempi di risposta dovrebbero esser rallentati rispetto alle immagini a bassa attrattività.

Metodo

Partecipanti

Hanno partecipato allo studio 21 bambini di 8 anni (15 maschi e 6 femmine, età media= 8.23; DS= 0.63), 28 bambini di 10 anni (12 maschi e 16 femmine, età media= 10.54; DS= 0.87), 26 bambini di 12 anni (12 maschi e 14 femmine, età media= 12.54; DS= .89), 19 studenti universitari di 20-29 anni (6 maschi e 13 femmine, età media= 26.05; DS= 1.68).

I bambini con un'età uguale o maggiore di 11 anni riportavano punteggi sopra il 75 percentile nelle matrici Progressive Colorate di Raven (PCM; Raven, Raven & Court, 1993; Raven, Court & Raven, 1990), mentre i bambini con un'età uguale o minore di 10,5 anni riportavano un punteggio superiore a 80 nelle Matrici Progressive Standard di Raven (PSM; Raven et al., 1990; 1993). Per escludere la presenza di disturbi attenzionali e, in particolare, dell'ADHD si è fatto riferimento alle valutazioni indipendenti da parte di un insegnante e di almeno un genitore tramite fornite dal DSM-IV-TR report card (APA, 2000). Se tali valutazioni indicavano una possibile presenza di ADHD, il bambino non veniva considerato nel campione. Lo studio è stato approvato dal comitato etico e i genitori di tutti i bambini partecipanti hanno firmato un consenso informato.

Stimoli

Gli stimoli proposti sono immagini complesse, scelte in base alle loro caratteristiche semantiche: 16

immagini ad alta attrattività, 16 immagini a bassa attrattività. Le immagini ad alta attrattività erano immagini di luoghi di gioco e attività di gioco; le immagini a bassa attrattività illustravano riunioni di lavoro, telegiornali, il parlamento, etc. Le immagini sono state scaricate da Internet, cercando su “Google Immagini” quelle che secondo tre ricercatori potevano essere considerate attraenti o meno dai bambini di 8-12 anni. Per verificare la relativa attrattività degli stimoli abbiamo chiesto a un gruppo indipendente di 56 bambini (32 femmine, 24 maschi; età media= 9.75 anni, DS= 1.10 anni) e a 63 studenti universitari (55 femmine, 8 maschi; età media= 25.29 anni, DS= 5.58 anni) di valutare soggettivamente la piacevolezza delle immagini su una scala uni-dimensionale visuoanalogica di 100 mm. Ciascuna immagine veniva proiettata per 3 secondi sulla parete. Le somministrazioni sono state fatte in un’aula in penombra a gruppi di circa 15 persone, chiedendo a ogni partecipante di non comunicare con gli altri. In generale, gli adulti hanno giudicato più positivamente le immagini rispetto ai bambini ($F_{1,117}= 7.04$; $p < 0.01$; $\text{partial } \eta^2 = 0.06$) e le immagini ad alta attrattività sono state giudicate più positivamente delle altre ($F_{1,117}= 338.44$; $p < 0.0001$; $\text{partial } \eta^2 = 0.74$). In particolare, la differenza tra i due gruppi si giustifica dalla sola differenza nel giudizio sulle immagini a bassa attrattività ($F_{1,117}= 6.95$; $p = 0.01$; $\text{partial } \eta^2 = 0.06$) che gli adulti (29.81 mm) hanno valutato più positivamente rispetto ai bambini (18.11 mm). Le valutazioni dei due gruppi non erano diverse per le immagini ad alta attrattività (Adulti: 58.89 mm VS Bambini: 60.36 mm) e la differenza nella valutazione delle due categorie di immagini è nella stessa direzione ipotizzata in entrambi i gruppi di età.

Tutte le immagini coprivano nel monitor del computer un’area di 640 x 480 pixels ed erano posizionate al centro dello schermo.

Tramite Adobe Photoshop 6.0, le immagini sono state ritoccate in modo da avere 2 copie della stessa scena praticamente identiche, se non per un particolare. I cambiamenti prodotti, sono stati apportati cercando di produrre, per ciascuna categoria, cambiamenti di interesse marginale e cambiamenti di interesse centrale. Le immagini presentate erano complessivamente 32, metà delle quali con cambiamento centrale e metà con cambiamento marginale. Nelle figure 1-2 sono riportati degli esempi delle immagini ad alta e bassa attrattività. I cambiamenti di tipo centrale e marginale sono stati prodotti considerando le valutazioni soggettive attenzionali di un gruppo di 31 bambini (età media: 10 anni) e 28 studenti universitari (età media: 22 anni), in linea con il metodo indicato nella letteratura sul CB (Rensink et al., 1997). Ai partecipanti veniva chiesto di osservare le immagini per tre secondi e di scrivere quali oggetti osservavano per primi. Gli oggetti menzionati da più del’90% dei partecipanti erano oggetti che subivano cambiamenti di tipo centrale, gli oggetti che non erano quasi mai menzionati (da 0 a 2 volte) producevano cambiamenti di tipo marginale. Tutti i cambiamenti erano di tipo delezione e ricoprivano una superficie di circa 49 x 49 pixels.



Figura 1. Esempio di stimolo flicker ad alta attrattività con cambiamento di interesse centrale.



Figura 2. Esempio di stimolo flicker a bassa attrattività con cambiamento di interesse marginale.

Apparato

Il compito è stato somministrato mediante un PC, con un monitor ad alta definizione a 19". La somministrazione degli stimoli e la registrazione dei tempi di risposta è stata programmata mediante il software E-Prime (Psychology Software Tools Inc., Schneider, Eschmann, Zuccolotto, 2002a; 2002b). Il refresh del monitor era di 100 Hz.

Procedura

Il partecipante era seduto a una distanza di 60 cm dallo schermo, con la testa bloccata su un

poggiamento, all'interno di una stanza silenziosa e debolmente illuminata. Le due immagini (l'originale e quella modificata) venivano riprodotte in rapida sequenza intervallate da un blank grigio. Le immagini avevano una durata di 240 msec e il blank di 80 msec (ripetendo il disegno "classico" del paradigma flicker di Simons e Levin, 1997). Al partecipante veniva spiegato nelle istruzioni che sarebbero comparse due immagini in rapida sequenza, uguali in tutto, se non per un particolare, e gli era richiesto di premere la barra spaziatrice appena rilevavano il cambiamento e di denominarlo. La presentazione continuava fino a quando il partecipante rilevava il cambiamento. Lo sperimentatore annotava l'accuratezza. I bambini venivano testati in una stanza silenziosa nella loro scuola; gli adulti venivano testati in laboratorio con le stesse condizioni sperimentali.

Analisi dei dati

È stata eseguita un'analisi della Varianza *Età* (8 anni, 10 anni, 12 anni, adulti) x *Cambiamento* (centrale, marginale) x *Attrattività* (alta/bassa) sulla media dei tempi di risposta e sul numero di errori. Per stabilire la significatività dei risultati si è adottato un valore di $\alpha = 0.05$.

Risultati

Nella tabella 2 sono riportate le medie dei tempi di risposta (in ms), le Deviazioni Standard (SD) e numero di errori in funzione dei cambiamenti centrali (CI) e marginali (MI) e dell'attrattività delle immagini nei bambini di 8, 10, 12 anni e negli adulti

Tabella 2. Tempi di risposta (in ms), Deviazioni Standard (SD) e numero di errori in funzione dei cambiamenti centrali (C) e marginali (M) e dell'attrattività (A: alta e B: bassa) in bambini di 8, 10, 12 anni e negli adulti.

	8 anni			10 anni			12 anni			adulti			
	RT	SD	Errori	RT	SD	Errori	RT	SD	Errori	RT	SD	Errori	
CI	A	13337	1948	0.00	11029	1687	0.00	9797	2232	0.00	9094	2048	0.11
	B	16520	2234	0.19	14881	1934	0.36	12485	2559	0.00	8346	2348	0.00
MI	A	11911	13283	0.81	99372	11503	0.54	45520	15217	0.19	47650	13964	0.35
	B	47749	4831	0.43	42224	4183	0.43	23491	5534	0.25	20792	5079	0.21

Analisi dei tempi di risposta

L'ANOVA ha evidenziato un effetto significativo dell'*Età* ($F_{3,80} = 10.32$; $p < 0.001$; partial $\eta^2 = 0.28$; Figura 3) che ha indicato una diminuzione dei tempi di risposta all'aumentare dell'età. I tempi di risposta dei bambini di 12 anni non sono significativamente diversi dagli adulti ($p = 0.83$).

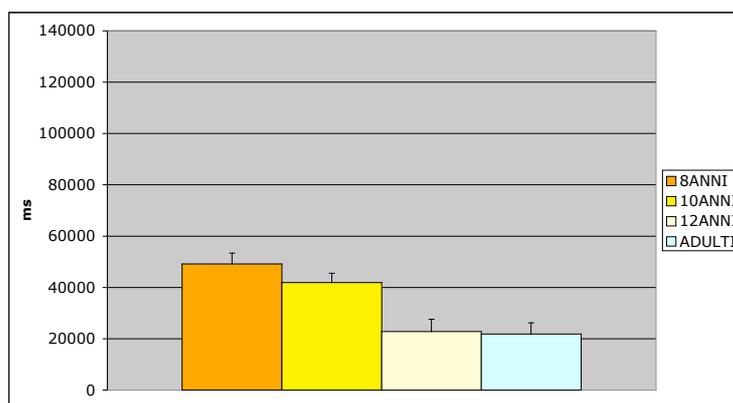


Figura 3. Tempi di risposta dei bambini di 8 , 10, 12 anni e degli adulti.

L'effetto del *Cambiamento* ($F_{1,80}=116.56$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.59$; Figura 4) ha confermato tempi di risposta minori nella detezione dei cambiamenti centrali rispetto a quelli marginali.

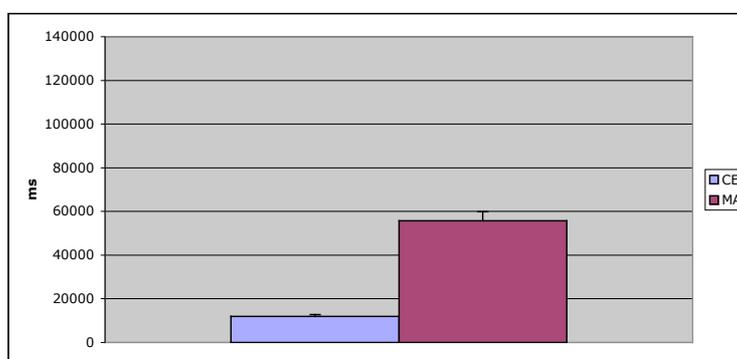


Figure 4. Tempi di risposta nella detezione dei cambiamenti centrali e marginali.

L'effetto della *Attrattività* ($F_{1,80} = 49.10$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.38$; Figura 5) ha mostrato che i tempi di risposta nella detezione del cambiamento sono maggiori di fronte a stimoli ad alta attrattività rispetto a stimoli a bassa attrattività.

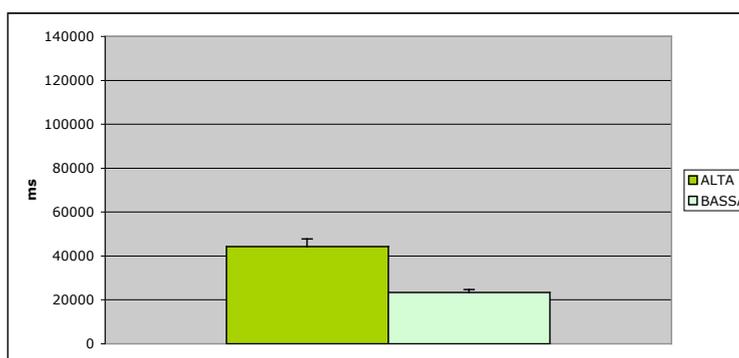


Figura 5. Tempi di risposta nella detezione dei cambiamenti nelle immagini ad alta e bassa attrattività.

L'interazione *Età x Attrattività* ($F_{3,80} = 3.38$; $p < 0.05$; partial $\eta^2 = 0.11$; Figura 6) mostra tempi di risposta maggiori per la detezione dei cambiamenti delle immagini ad alta attrattività rispetto a immagini a bassa attrattività in tutti i gruppi di età ($p < 0.001$), anche se l'effetto appare più pronunciato nei bambini più piccoli (8 e 10 anni).

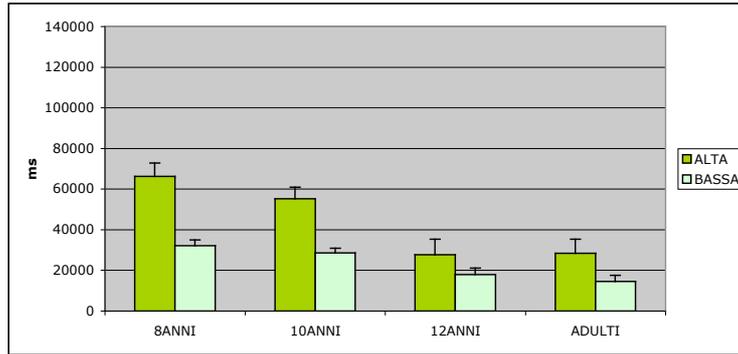


Figure 6. Tempi di risposta nella detezione dei cambiamenti nelle immagini ad alta attrattività (barra blu) e bassa attrattività (barra rossa) nei diversi gruppi di età.

L'interazione *Età x Cambiamento* ($F_{3,80} = 7.71$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.22$; Figura 7) indica che i tempi di risposta aumentano all'aumentare dell'età solo nella detezione del cambiamento marginale. Tuttavia, i tempi di risposta dei bambini di 12 anni non sono diversi da quelli degli adulti ($p = .30$), neanche quando il cambiamento è di interesse marginale.

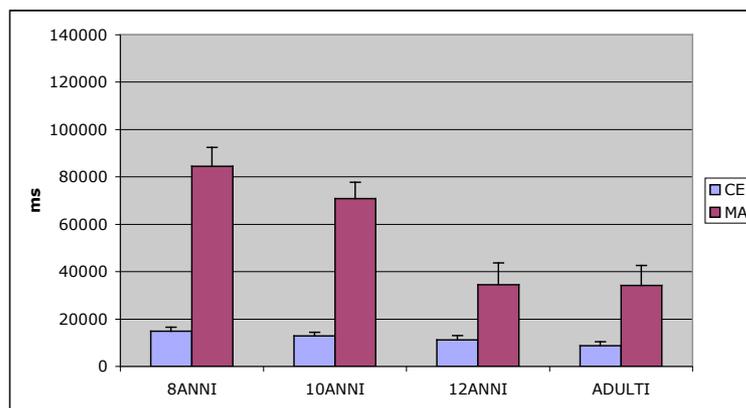


Figure 7. Tempi di risposta nella detezione di cambiamenti di tipo centrale e marginale nei diversi gruppi di età.

L'interazione *Attrattività x Cambiamento* ($F_{1,80} = 51.17$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.39$; Figura 8) indica che l'effetto dell'attrattività non sembra influenzare la prestazione di detezione del cambiamento di interesse centrale, ma solo la detezione del cambiamento di interesse marginale ($p < 0.001$).

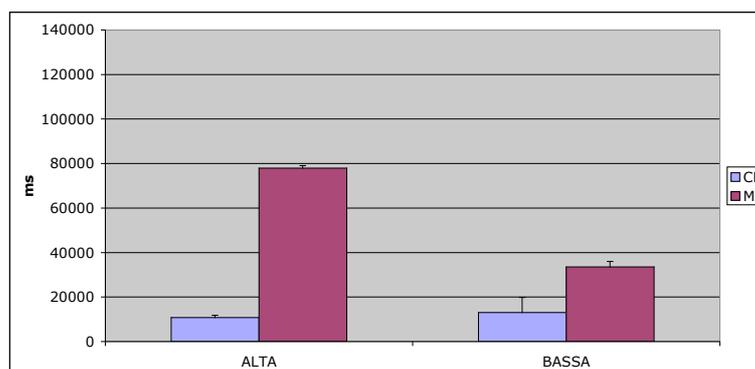


Figura 6 Tempi di risposta nella detezione dei cambiamenti di interesse centrale e marginale nelle immagini ad alta (a sinistra) e bassa attrattività (a destra).

Per meglio analizzare l'interazione *Età x Attrattività x Cambiamento* ($F_{3,80} = 3.62$; $p < 0.05$; partial $\eta^2 = 0.12$; Figura 9) abbiamo eseguito un'analisi della varianza *Età x Attrattività* separatamente per i cambiamenti di interesse centrale e marginale.

L'ANOVA sui cambiamenti di interesse centrale ha mostrato soltanto una tendenza alla significatività dell'*Età* ($F_{3,80} = 2.56$; $p < 0.06$; partial $\eta^2 = 0.09$).

L'ANOVA sui cambiamenti di interesse marginale ha evidenziato un effetto dell'*Età* ($F_{3,80} = 9.35$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.26$) e dell'*Attrattività* ($F_{1,80} = 52.59$; $p < 0.05$; partial $\eta^2 = 0.40$) nelle direzioni già osservate. L'interazione *Età x Attrattività* ($F_{3,80} = 3.65$; $p < 0.05$; partial $\eta^2 = 0.12$) ha indicato un effetto dell'attrattività in tutti i gruppi di età.

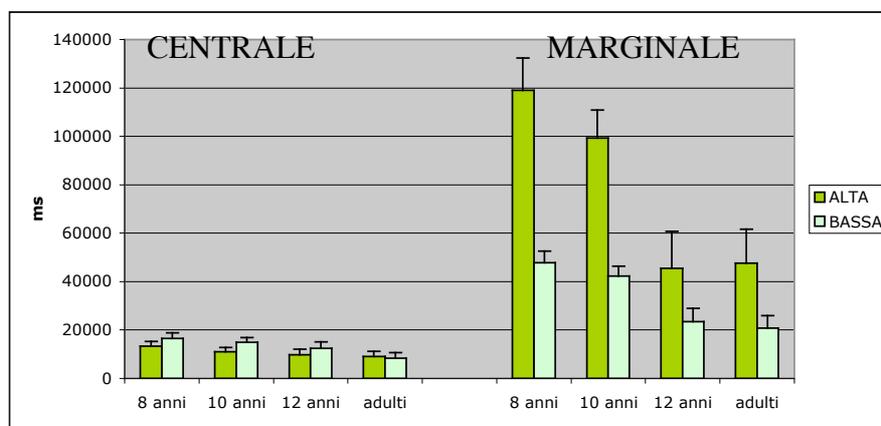


Figure 7. Tempi di risposta nella detezione dei cambiamenti di interesse centrale (a sinistra) e marginale (a destra) nelle immagini ad alta e bassa attrattività in tutti i gruppi d'età.

Analisi del numero di errori

L'ANOVA ha evidenziato un effetto principale del *Cambiamento* ($F_{1,80} = 48.58$; $p < 0.001$; partial $h^2 = 0.37$), che ha indicato un minor numero di errori nella detezione di cambiamenti centrali (0.04) rispetto ai marginali (0.48).

L'effetto principale dell'*Attrattività* ($F_{1,80} = 9.81$; $p < 0.01$; partial $h^2 = 0.11$) ha mostrato un minor numero di errori nella detezione dei cambiamenti nelle immagini a bassa attrattività (0.19) rispetto a quelle ad alta attrattività (0.32). L'interazione *Cambiamento x Attrattività* ($F_{1,80} = 15.11$; $p < 0.0001$; partial $h^2 = 0.16$) ha indicato un maggior numero di errori per le immagini ad alta attrattività (0.62) rispetto a quelle a bassa attrattività (0.33), solo nella detezione di cambiamenti di interesse marginale; nessuna differenza si è osservata nella detezione di cambiamenti di interesse centrale (0.026 VS 0.057).

Discussione

I risultati evidenziano un effetto robusto del *change blindness* sia nei bambini che negli adulti, confermando la presenza degli stessi meccanismi attentivi in entrambi (Shore et al., 2006), ma anche la presenza di un trend evolutivo della prestazione di CD (Shore, Burack, Miller, Joseph, & Enns, 2006; Fletcher-Watson, Collis, Findlay, & Leekam, 2009), infatti i tempi di risposta diminuiscono all'aumentare dell'età. L'interazione Età x Cambiamento mostra che tale effetto è dovuto principalmente al diminuire dei tempi di risposta nella detezione dei cambiamenti di interesse marginale (confermando quanto già osservato nell'esperimento 1). Questo risultato suggerisce che già a 8 anni la componente più automatica della ricerca visiva (cioè la detezione di cambiamenti di interesse centrale) è del tutto simile a quella registrata nei bambini più grandi e negli adulti, mentre la ricerca del cambiamento di interesse marginale richiede ulteriore maturazione per raggiungere la prestazione degli adulti.

La prestazione dei bambini di 12 anni risulta comparabile a quella degli adulti, confermando le evidenze sperimentali che indicano che a circa 11 anni i bambini raggiungono le abilità di ricerca visiva degli adulti (Fletcher-Watson et al., 2009). I tempi di risposta sono maggiori il compito di CD viene eseguito su immagini caratterizzate da alti livelli di attrattività. Tale effetto sembra tuttavia essere modulato dall'età, infatti l'effetto di attrattività diminuisce all'aumentare dell'età. Le analisi dei giudizi soggettivi sulla piacevolezza delle immagini confermano quanto ipotizzato e supportato dai risultati comportamentali, ovvero che i partecipanti giudicano diversamente le immagini proposte in termini di piacevolezza e questo ha un impatto sulla prestazione.

L'"attrattività" delle immagini sembra in qualche modo ostacolare il compito di CD. Questo risultato non conferma quanto avevamo inizialmente ipotizzato, ovvero che l'attrattività dell'immagine potesse facilitare il compito di CD, inducendo i partecipanti a osservare con più interesse le scene per loro attraenti. Il maggior tempo richiesto per la detezione del cambiamento nelle immagini attrattive può essere spiegato alla luce dei risultati che mostrano come la valenza emotiva degli stimoli, sebbene non rilevante per l'esecuzione del compito principale, interferisca sul compito, allungandone i tempi di risposta (Pereira et al., 2006). Sappiamo che gli stimoli emotivi attraggono automaticamente l'attenzione (Ohman, Flykt, & Esteves, 2001; Gerritsen, Frischen, Blake, Smilek & Eastwood, 2008; Lamy, Amunts & Bar-Haim, 2008) e questa loro caratteristica sembra interferire con il compito principale, anche quando ai partecipanti viene chiesto esplicitamente di ignorare la valenza degli stimoli (Nummenmaa, Hyönä, & Calvo, 2006). I nostri risultati possono essere spiegati in modo simile, l'attrattività dell'immagine motiverebbe i partecipanti a osservare liberamente lo stimolo, interferendo con l'esecuzione del compito richiesto. Si deve tuttavia notare che l'attrattività delle immagini interferisce solo con la detezione dei cambiamenti di interesse marginale, ma non con quella dei cambiamenti di interesse centrale.

Sappiamo che i cambiamenti centrali riguardano gli *items* verso i quali, per le caratteristiche percettive e semantiche dello stimolo, per primi viene allocata l'attenzione nell'esplorazione dell'immagine. È probabile che tali items inducano una sorta di effetto pop out, che renderebbe la detezione del cambiamento su quegli items facilitata; tuttavia, quando nelle immagini ad alta attrattività il cambiamento è di interesse marginale, l'allocazione dell'attenzione sulle zone di interesse centrale tenderebbe a contrastare la ricerca visiva nelle altre zone dell'immagine, rallentando la detezione dei cambiamenti di interesse marginale. Tale spiegazione sembrerebbe coerente con l'usuale schema di percezione delle scene visive, che implica infatti una prima rilevazione del *gist* ("essenza") dello stimolo, poi la rilevazione della presenza dei singoli oggetti e la rilevazione del *layout* spaziale e della disposizione degli oggetti (Rensink, 2000; Intraub, 2010). In base a questi risultati, possiamo sostenere che l'attrattività della scena visiva interferisce (rallentando i tempi di risposta) col compito di CD solo durante la ricerca volontaria del cambiamento. Ulteriori studi sono necessari per verificare se tale interferenza è presente anche in altri tipi di compiti e se segue le stesse modalità (cioè se interferisca solo sulle componenti volontarie del compito principale).

Esperimento 4

L'influenza dell'attrattività degli stimoli sulla prestazione di change detection nei bambini con ADHD

Introduzione

L'*Attention Deficit Hyperactivity Disorder* (ADHD) è uno dei disturbi dell'infanzia più comuni e persistenti, è caratterizzato da un livello inappropriato di iperattività, impulsività e inattenzione (APA, 2000) e persiste nell'età adulta (Cubillo, Halari, Smith, Taylor & Rubia, 2010). La prevalenza di questo disturbo è variabile tra l'1% e il 20% circa nei bambini in età scolare (Polanczyk, De Lima, Horta, Biederman, & Rohde, 2007). Per capirne gli effetti basti pensare che, se non trattato, questo disturbo può compromettere numerose aree dello sviluppo psichico e sociale del bambino, predisponendolo alla possibilità di insuccesso scolastico, delinquenza giovanile, criminalità, abuso di sostanze e HIV, come conseguenza della scarsa attenzione verso misure preventive (Wehmeier, Schacht, Barkley, 2010). Sebbene siano molteplici gli studi sull'ADHD, ancora sconosciuta rimane la sua eziologia, anche se molti concordano nel considerarla una sindrome a eziologia multifattoriale (Biederman e Faraone, 2005; Coghil et al., 2005).

Il modello neuropsicologico proposto di Barkley (1997) ha cercato di dare una visione unitaria dell'ADHD. Nel suo modello, tale disturbo viene considerato come conseguenza di una scarsa capacità di controllo del comportamento, che dipenderebbe da un deficit delle funzioni esecutive e della rappresentazione interna del proprio sé e dei propri stati emotivi. In altre parole, una disfunzione del sistema esecutivo sarebbe capace di spiegare sia una scarsa capacità di regolazione emozionale, sia i tre sintomi cognitivo-comportamentali (inattenzione, iperattività e impulsività) tipici dell'ADHD.

Sebbene il disturbo attenzionale sia considerato uno dei principali sintomi, non è ancora chiaro se vi sia una compromissione di alcune o di tutte le componenti attenzionali, e se alcune disfunzioni possano selettivamente manifestarsi nell'ambito delle interazioni tra i diversi sistemi attenzionali. L'alterazione nei processi attenzionali è uno dei sintomi principali nell'ADHD, anche se l'inattenzione nei criteri diagnostici non è definita in termini cognitivi e non è ancora chiaro quale meccanismo o componente del sistema attenzionale sia maggiormente compromesso. In particolare, il mantenimento di un adeguato livello di allerta nel tempo (Johnson, Robertson, Kelly, Silk, Barry, Dàibhis, Watchorn, Keavey, Fitzgerald, Gallagher, & Bellgrove, 2007) e la capacità di ignorare un'informazione distraente sembrano essere le funzioni più colpite (Jonkman, van Melis, Kemner, & Markus, 2007), ma la mancanza di studi che considerano diverse funzioni attentive nell'ADHD non permette di trarre conclusioni.

Secondo un modello ampiamente riconosciuto, l'ADHD risulterebbe da un ipoarousal corticale, particolarmente rilevante nelle aree frontali e posteriori. In particolare, si osservano delle disfunzioni strutturali nelle regioni fronto-striato-parietali durante compiti di attenzione sostenuta e nelle regioni ventromediali orbito-frontali durante la dispensazione di un rinforzo; tali disfunzioni sembrano mantenersi nell'età adulta e suggeriscono che l'attenzione sostenuta e la motivazione

siano le funzioni più compromesse nell'ADHD (Cubillo, Halari, Smith, Taylor & Rubia, 2010).

Un aspetto rilevante nell'ADHD sembra infatti essere quello motivazionale (Volkow, Wang, Newcorn, Kollins, Wigal, Telang, Fowler, Goldstein, Klein, Logan, Wong & Swanson, 2010) responsabile della scarsa prestazione nei diversi compiti cognitivi; ma anche in questo caso sono stati riportati risultati contrastanti (Wodka, Mahone, Blanker, Larson, Gidley, & Sunaina, 2007). In una rassegna della letteratura, Luman, Oosterlaan, & Sergeant (2005) suggeriscono l'importanza della presenza del rinforzo per manipolare la prestazione dei bambini con ADHD. In particolare, un'alta intensità del rinforzo sembra essere molto efficace nei bambini con ADHD e il rinforzo immediato sarebbe più efficace del rinforzo differito/ritardato. Quando il rinforzo è frequente e robusto le prestazioni tra i due gruppi sembrano annullarsi. Dato che il rinforzo è strettamente collegato con la motivazione, l'ipotesi di un deficit motivazionale sembra essere ulteriormente rafforzata da questi risultati, che suggeriscono che un basso livello di sforzo o un alterato livello motivazionale possa spiegare molti dei deficit osservati nell'ADHD (Luman et al., 2005). Ulteriori studi hanno mostrato che i soggetti con ADHD hanno difficoltà nel motivare se stessi nel compiere compiti noiosi che non sono immediatamente gratificanti (Carlson, Booth, Shin, & Canu, 2002); e quando il compito è molto noioso, lo span attenzionale nei bambini con ADHD sembra essere limitato (Van der Meere, Shalev, Borger, & Gross-Tsur, 1995).

Anche gli studi che hanno considerato i compiti di ricerca visiva nei bambini con ADHD hanno riportato risultati contrastanti; in generale, sembra che i processi automatici di ricerca visiva siano conservati, mentre contrastanti sono i risultati sulla compromissione della componente volontaria (Mason, Humphreys, & Kent, 2003; Mullane & Klein, 2008). Anche in questo caso, l'utilizzo di compiti attraenti sembra essere un fattore importante nei bambini con ADHD. Infatti, l'uso di un format simil *videogames* permette di raggiungere la stessa efficacia di ricerca visiva nei bambini con e senza ADHD (Mason et al., 2004). Tali evidenze fanno sostenere a Mullane & Klein (2008) che "l'utilizzo di materiale ad alto interesse o con alti livelli di rinforzo sembra aiutare a migliorare la prestazione ad un livello ottimale nei bambini con ADHD". Recentemente, queste ipotesi sono state confermate dalle evidenze che mostrano un miglioramento nella prestazione di *Working Memory* e nei livelli motivazionali di bambini con ADHD utilizzando un format *videogames* (Prins, Dovis, Ponsioen, ten Brink, van der Oord, 2011).

Poiché i paradigmi tipici della ricerca visiva non sembrano aver condotto a evidenze esaustive sull'ADHD, potrebbe essere rilevante usare un paradigma di ricerca visiva che sia attraente per il bambino e che consenta di ottenere una misura attendibile dell'abilità del bambino di scansionare la scena visiva. Infatti il modo più efficace per investigare le funzioni di ricerca visiva nei bambini è quello di utilizzare un formato attraente, evitando i tipici compiti usati con soggetti adulti (Berger, Jones, Rothbart, & Posner, 2000). Compito adatto a tale scopo sembra essere il *flicker task* che

richiede al soggetto di eseguire un compito di ricerca del cambiamento (Rensink, 2000) e che, utilizzando fotografie di scene reali potrebbe esser più attraente e quindi motivante per i bambini (Berger, Jones, Rothbart, & Posner, 2000). Tale compito si potrebbe posizionare in una posizione intermedia tra i classici compiti di visual search, estremamente noiosi, e i videogames forse eccessivamente motivanti per consentire di mettere in evidenza eventuali differenze tra i bambini con ADHD e quelli con sviluppo tipico (Mason et al., 2004).

Infatti, il compito *flicker* fornisce un buon indice di ricerca visiva, ha una buona validità ecologica, permette di valutare l'influenza dell'attrattività degli stimoli sulla prestazione attenzionale e potrebbe essere pertanto ideale per evidenziare le differenze nell'abilità di ricerca visiva nei bambini con ADHD e nel gruppo di controllo. Il paradigma *flicker*⁴ (Rensink et al., 1997) permette di utilizzare scene realistiche, presentando due fotografie, identiche in tutto meno che in un particolare, intervallate da una scena grigia di 80 ms, che vengono proposte al soggetto ripetutamente finché la differenza non viene rilevata. La presenza della breve schermata grigia tra le due immagini impedisce l'allocazione automatica dell'attenzione sul cambiamento nella scena, richiedendo una ricerca visiva di tipo seriale su ogni dettaglio della scena (Rensink et al. 1997). Inoltre, questa modalità di ricerca visiva è influenzata dal modo in cui l'attenzione si alloca nello spazio, secondo strategie motivazionali e relative alle caratteristiche percettive e semantiche dello stimolo. Si genera così un mappa di attivazione attentiva, una sorta di lista di priorità in cui gli oggetti in cima alla lista sono quelli a cui l'attenzione è rivolta per prima e sui quali la ricerca visiva torna più spesso a causa della loro salienza o rilevanza personale (Wolfe, 1999). Se il cambiamento tra le due immagini proposte dal compito *flicker* avrà un'alta priorità attentiva, sarà identificato facilmente e rapidamente (questi sono gli items che Rensink ha definito “oggetti di interesse centrale”); altrimenti il cambiamento sarà rilevato con difficoltà (“oggetto di interesse marginale”). Proponendo immagini visive complesse e di maggior validità ecologica, il *flicker* consente di confrontare le prestazioni attentive dei bambini con ADHD con quelle dei bambini con sviluppo tipico.

Nell'esperimento 3 si è osservato come l'attrattività delle immagini influenzi la prestazione attenzionale dei bambini. Proponendo delle immagini con diversa attrattività, si può verificare l'influenza motivazionale sulle prestazioni dei bambini con e senza ADHD. Inoltre, se il *flicker* consente di confrontare le prestazioni attentive dei bambini con ADHD con quelle dei bambini con sviluppo tipico, si può concludere che effettivamente il *flicker* potrebbe essere considerato un compito che, in termini di motivazionali, si pone in una posizione intermedia tra i classici compiti di ricerca visiva e quelli troppo attraenti, che si presentano in un format simil videogame; tali

⁴ Per vedere gli esempi classici del paradigma *flicker* (Rensink et al., 1997): <http://www.psych.ubc.ca/~rensink/flicker/download/> .

caratteristiche potrebbero rendere il compito *flicker* capace di registrare in modo ottimale le abilità di ricerca visiva nei bambini. Se, infatti, il *flicker* si dimostrasse essere un compito troppo attraente ed attivante, la prestazione raggiungerebbe livelli troppi elevati (effetto tetto) per evidenziare eventuali modulazioni nella prestazione. A nostra conoscenza, un unico studio (Cohen & Shapiro, 2007) ha utilizzato il flicker con soggetti adulti con ADHD, non evidenziando differenze rispetto ai soggetti di controllo nell'eseguire un compito Flicker; tuttavia alcuni aspetti metodologici (ad es., il mancato controllo dell'assunzione di farmaci e una definizione diagnostica approssimata) non consentono di trarre conclusioni definitive.

Questo studio si propone di valutare se l'attenzione focalizzata sia effettivamente una componente attentiva deficitaria nei bambini ADHD e di indagare l'influenza sulla prestazione della diversa attrattività degli stimoli mediante un compito più attraente per i bambini rispetto ai classici compiti di ricerca visiva, per la tipologia di compito e per gli stimoli usati (fotografie) (Fletcher-Watson, Collis, Findlay, & Leekam, 2009). È infatti possibile che la componente motivazionale, più volte indicata come deficitaria nel disturbo ADHD (Volkow et al., 2010), possa influenzare la prestazione di ricerca visiva. È plausibile che i bambini ADHD mostrino in generale prestazioni attenzionali peggiori rispetto ai controlli, soprattutto nella ricerca volontaria del cambiamento. Se il *flicker task* aumenta in maniera ottimale la motivazione dei bambini con ADHD (portandoli cioè allo stesso livello dei bambini con sviluppo tipico), è plausibile che la piacevolezza delle immagini influenzerà a sua volta la loro prestazione in modo simile a quanto fa con i bambini di controllo. In questo caso, ci aspettiamo un effetto principale dell'attrattività, senza nessuna interazione con la variabile gruppo.

Metodo

Partecipanti

Hanno partecipato allo studio 36 bambini: 18 con diagnosi di ADHD (età media: 10.7 ± 1.5 anni; 17 maschi/1 femmina) e 18 controlli con sviluppo tipico (età media: 10.6 ± 1.5 anni; 17 maschi/1 femmina). Del gruppo dei bambini con ADHD, 10 erano diagnosticati come ADHD-C (con sintomi combinati, sia inattentivi che di impulsività/iperattività) e 8 come ADHD-I (con prevalenza di sintomi di inattenzione; DSM-IV-TR, 2000). Tutti i bambini non erano trattati farmacologicamente, perché sono stati testati al loro primo ingresso presso la Clinica Sant'Alessandro di Roma, e non avevano una precedente storia di trattamento farmacologico.

La valutazione psicopatologica è stata fatta da un team di neuropsichiatri infantili per mezzo del *Kiddie Schedule of Affective Disorders* (K-SADS; Kaufman, Birmaher, Brent, Rao, & Ryan, 1996), delle *Conners' Parent Rating Scale* (CPRS), the *Conners' Teacher Rating Scale* (CTRS; Conners, 1989), il *Children Depression Inventory* (Kovacs, 1985) e il *Multidimensional Anxiety Scale for*

Children (March, 1997).

I criteri di inclusione per il gruppo ADHD era aver ricevuto una diagnosi in base ai criteri del DSM-IV e confermati dal K-SADS e dai punteggi ottenuti nelle CPRS e nelle CTRS; inoltre, non dovevano presentare ritardo mentale o danni neurologici.

I bambini del gruppo di controllo erano paragonabili per genere ed età, ed erano, casualmente scelti da un più ampio campione di bambini di alcune scuole di Roma. Non avevano avuto danni cerebrali o altri danni neurologici o psichiatrici, come indicato da un questionario compilato dai genitori.

I bambini con un età uguale o maggiore di 11 anni presentavano punteggi sopra il 75° percentile nelle matrici Progressive Colorate di Raven (PCM; Raven, Raven & Court, 1993; Raven, Court & Raven, 1990), mentre i bambini con meno di 10.5 anni riportavano un punteggio superiore a 80 nelle Matrici Progressive Standard di Raven (PSM; Raven et al., 1990; 1993). L'assenza di ADHD nei bambini di controllo era fatto tramite le valutazioni indipendenti di almeno un insegnante e almeno un genitore tramite il DSM-IV-TR report card (APA, 2000). Se tali valutazioni indicavano una sospetta presenza di ADHD, il bambino non veniva considerato nel campione. Il punteggio QI e l'età non differivano nei due gruppi. I dati demografici sono riportati nella Tabella 1. Lo studio è stato approvato dal comitato etico della Clinica e i genitori di tutti i partecipanti hanno firmato un consenso informato.

Tabella 1. Caratteristiche descrittive e demografiche dei partecipanti.

	ADHD	Controlli	F	p
Genere	17 M/ 1 F	17 M/ 1 F		
Età	10.1 (± 1.7)	10 (± 1.2)	0.37	0.71
PCM and PSM corrected responses	35.9 (± 7.9)	35.7 (± 4.4)	0.11	0.82
Bambini con ADHD-I	10			
Bambini con ADHD-C	8			
Punteggi Parents Inattention Conners	64.7 (± 8.9)			
Punteggi Parents Hyperactivity Conners	63.5 (± 10.3)			
Indice Parents ADHD	64.5 (± 9.1)			
Punteggi Teachers Inattention Conners	69.2 (± 11.9)			
Punteggi Teachers Hyperactivity Conners	70.9 (± 10.2)			
Indice Teachers ADHD	74.5 (± 12.9)			

ADHD/I: numero di sintomi inattentivi	6.1 (± 1.8)	
ADHD/I: numero di sintomi iperattività	3.6 (± 0.6)	
ADHD/I: numero di sintomi impulsività	1.3 (± 0.8)	
ADHD/C: numero di sintomi inattentivi	4.1 (± 2.7)	
ADHD/C: numero di sintomi iperattività	4.5 (± 1.1)	
ADHD/C: numero di sintomi impulsività	2.7 (± 0.)	
Oppositional Defiant Disorder (ODD)	3	0
Disturbo della Condotta	0	0
Disturbi dell'apprendimento	3	0
Disturbo Depressione/Ansia	0	0

PCM: Progressive Colored Matrices

PSM: Progressive Standard Matrices

ADHD/I: children showing prevalently inattentive symptoms

ADHD/C: children showing inattentiveness and hyperactivity/impulsiveness symptoms

Stimoli, Apparato e Procedura

Gli stimoli, l'apparato e la procedura erano gli stessi descritti nell'esperimento 3.

I bambini di controllo venivano testati in una stanza silenziosa nella loro scuola; i bambini con diagnosi di ADHD venivano testati presso la clinica S. Alessandro nelle stesse condizioni sperimentali. Lo stesso sperimentatore ha somministrato i compiti ai due gruppi.

Analisi dei dati

È stata eseguita un'analisi della varianza *Gruppo* (ADHD. controlli) x *Cambiamento* (centrale. marginale) x *Attrattività* (alta/bassa) sulla media dei tempi di risposta e del numero di errori. Per stabilire la significatività dei risultati si è adottato un valore di $\alpha = 0.05$.

Risultati

Nella tabella 2 sono riportate le medie dei tempi di risposta (in ms), le Deviazioni Standard (SD) e numero di errori in funzione dei cambiamenti centrali (CI) e marginali (MI) e della valenza delle immagini nei bambini con ADHD e nei bambini con sviluppo tipico.

Tabella 2. Tempi di risposta (in ms). Deviazioni Standard (SD) e numero di errori in funzione dei cambiamenti

centrali (CI) e marginali (MI) e dell'attrattività (A alta e B bassa) nei bambini con ADHD e nei controlli.

		ADHD			Controlli		
		RT	SD	Errori	RT	SD	Errori
CI	A	21845	2023	0.33	15799	2416	0.00
	B	18065	2205	0.28	11818	2345	0.00
MI	A	61378	1907	0.89	40567	2267	0.28
	B	51040	2403	1.33	29994	2587	0.17

Analisi dei tempi di risposta

L'ANOVA ha evidenziato un effetto significativo del *Cambiamento* ($F_{1,34} = 74.37$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.68$) e dell'*Attrattività* ($F_{1,34} = 15.71$; $p < 0.001$; partial $\eta^2 = 0.24$), con TR maggiori nei cambiamenti di interesse marginale, rispetto a quelli di interesse centrale e nelle immagini ad alta attrattività, rispetto a quelle a bassa attrattività. L'effetto principale del *Gruppo* ($F_{1,34} = 7.70$; $p < 0.01$; partial $\eta^2 = 0.20$; Figura 8) indica che i bambini con ADHD hanno tempi di risposta maggiori dei bambini di controllo.

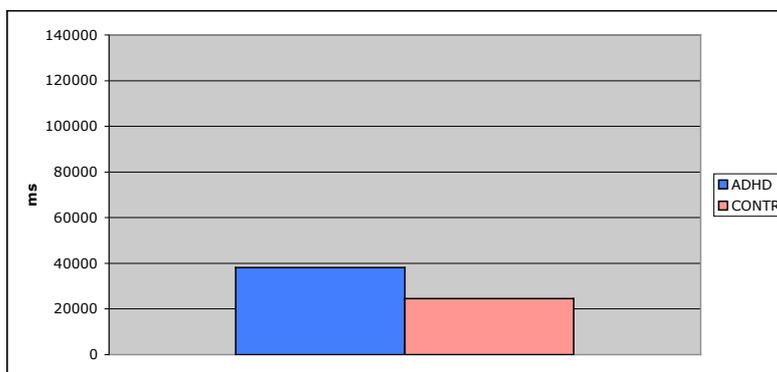


Figura 8. Tempi di risposta nei bambini con ADHD (a sinistra) e nei controlli (a destra).

L'interazione *Gruppo x Cambiamento* ($F_{1,34} = 4.88$; $p < 0.05$; partial $\eta^2 = 0.13$; Figura 9) mostra che i due gruppi si differenziano solo nella detezione di cambiamenti di interesse marginale ($p < 0.0001$). Le altre interazioni non sono risultate significative ($F < 2$).

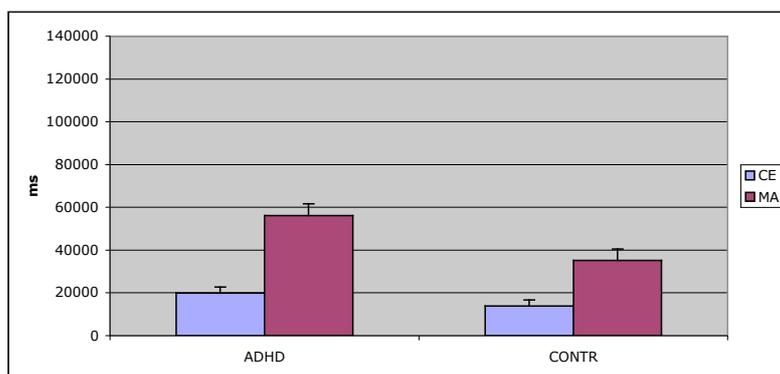


Figura 9. Tempi di risposta nella detezione di cambiamenti di tipo centrale e marginale nei bambini con ADHD e nei controlli.

Analisi sul numero di errori

I bambini con ADHD (0.71) commettono più errori rispetto ai controlli (0.11 ; $F_{1, 34} = 16.03$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.32$). Tutti i partecipanti sono più accurati nella detezione di cambiamenti centrali (0.15) rispetto a quelli marginali (0.67; $F_{1, 34} = 20.61$; $p < 0.0001$; partial $\eta^2 = 0.38$). L'interazione *Gruppo x Cambiamento* ($F_{1,34} = 6.64$; $p < 0.05$; partial $\eta^2 = 0.16$) mostra che i bambini con ADHD (1.11) fanno più errori rispetto ai controlli (0.22) solo nella detezione di cambiamenti marginali. Nella detezione di cambiamenti centrali la prestazione è comparabile (0.31 nei bambini con ADHD rispetto a 0 errori nei controlli). L'effetto dell'*Attrattività* ($F=0.69$) e le interazioni *Attrattività x Gruppo* ($F=2.25$), *Attrattività x Cambiamento* ($F=1.15$) e *Gruppo x Attrattività x Cambiamento* ($F=2.84$) non sono risultati significativi.

Discussione

I bambini con ADHD impiegano più tempo e fanno più errori nella ricerca visiva del cambiamento rispetto ai bambini con sviluppo tipico. L'unico studio che ha impiegato il *flicker task* con pazienti adulti con ADHD non ha evidenziato nessuna differenza (Cohen & Shapiro, 2007), ma a nostro avviso alcune differenze metodologiche potrebbero spiegare questi risultati contrastanti. Infatti, mentre i nostri partecipanti non erano sottoposti a trattamento farmacologico, nel lavoro di Cohen & Shapiro (2005) il trattamento farmacologico non era un aspetto controllato. I criteri di inclusione del gruppo clinico includevano solo la diagnosi di ADHD, "con o senza l'uso presente o passato di farmaci psicostimolanti" (alcuni pazienti erano trattati farmacologicamente e altri no e per quest'ultimi non era specificato il periodo di astensione del farmaco; non erano specificata la presenza di eventuali disturbi in comorbidità). Queste rilevanti differenze potrebbero giustificare l'inconsistenza dei risultati.

I risultati del presente studio non solo evidenziano un generale rallentamento dei tempi di risposta

dei bambini con ADHD, ma indicano anche che tale rallentamento è modulato dal tipo di cambiamento. Infatti, i bambini con ADHD si differenziano dai controlli solo nella ricerca di cambiamenti marginali, cioè nella ricerca più caratterizzata da processi volontari, ovvero quella più difficile, mentre non erano differenti da quelle dei controlli nella ricerca dei cambiamenti di interesse centrale, ovvero quelli che appaiono determinare un simil effetto *pop-out*. Si può dunque concludere che il compito somministrato è risultato sensibile a evidenziare una dissociazione, indicando come i bambini con ADHD non siano dissimili dai loro coetanei con sviluppo tipico quando il compito attenzionale è facile e richiede l'impiego di strategie più automatiche, mentre si osserva una chiara compromissione (maggiori tempi ed errori) quando il compito richiede la ricerca volontaria e seriale verso gli items (cambiamenti di interesse marginale) verso i quali usualmente non si rivolge subito l'attenzione.

Nonostante i risultati evidenzino l'influenza dell'attrattività delle scene visive proposte, confermando quanto osservato nell'esperimento 3, quest'ultima non risulta esercitare effetti differenti nei due gruppi di bambini. Si può suggerire che l'attrattività, almeno nei limiti della manipolazione effettuata in questo studio, sia un fattore più legato all'età e meno capace di esercitare un'influenza diretta sui livelli motivazionali e sulle capacità attenzionali di base dei bambini con ADHD.

Al di là dell'attrattività delle immagini, i risultati sembrerebbero confermare che la moderata attrattività del *flicker task*, che non risulta troppo noioso, come i classici compiti di ricerca visiva, ma neanche così attraente come un videogame, sia in grado di modulare l'interesse dei bambini con ADHD verso il compito, equiparandoli ai controlli per quanto riguarda il livello motivazionale. Tale aspetto, insieme alla manipolazione della difficoltà del compito (ricerca di cambiamenti di interesse centrale vs. ricerca di cambiamenti di interesse marginale), consentirebbe di evidenziare un differente *pattern* comportamentale nei due gruppi di bambini nella ricerca visiva del cambiamento.

I risultati di questo studio consentono anche una chiave di lettura dei risultati contrastanti sulle abilità di ricerca visiva dei bambini con ADHD, riportati da Mullane & Klein (2008). La controversia tra gli studi che hanno indicato un deficit selettivo nella ricerca di tipo volontario e quelli che non hanno osservato alcuna differenza (Mullane & Klein, 2008) va verosimilmente ricercata in alcune caratteristiche del compito utilizzato. Si può suggerire che compiti molto noiosi potrebbero ridurre la motivazione dei bambini con sviluppo tipico a svolgere il compito, quelli troppo interessanti (per il esempio, il format videogame usato da Mason et al., 2004) potrebbero incrementare la motivazione dei bambini con ADHD a svolgere il compito. In entrambi i casi si assisterebbe a un livellamento della prestazione dei due gruppi di bambini. La differente attrattività dei compiti di ricerca visiva utilizzati potrebbe dunque spiegare l'inconsistenza dei risultati

evidenziata da Mullane & Klein (2008) e la moderata attrattività del compito *flicker* potrebbe rendere quest'ultimo sensibile a cogliere le compromissioni dei bambini con ADHD nella ricerca visiva di tipo seriale. Un'altra spiegazione può tuttavia essere possibile, la specifica richiesta di ricerca di un cambiamento di interesse marginale, che risulta deficitaria nei bambini con ADHD rispetto ai bambini con sviluppo tipico, potrebbe implicare processi cognitivi (attenzionali e mnesici) differenti da quelli coinvolti in un classico compito di ricerca visiva seriale. Poiché questo è il primo studio che analizza, in maniera controllata, le prestazioni dei bambini con ADHD con un compito *flicker*, saranno necessari altri studi per giungere a un quadro più chiaro della situazione. La rigida selezione dei bambini con ADHD, se da una parte rappresenta un punto di forza dello studio, dall'altra ne rappresenta anche una debolezza, poiché da questa è dipeso il numero ristretto dei bambini analizzati. Alla scarsa numerosità dei partecipanti va attribuito anche un altro limite, ovvero l'impossibilità di valutare eventuali differenze tra i diversi sottotipi di ADHD. Ulteriori studi sono necessari per far luce anche su questo aspetto.

Conclusioni

I due esperimenti sulla *change detection* sopra descritti fanno luce su interessanti aspetti dello sviluppo attentivo dei bambini con sviluppo tipico e atipico. Da una parte, confermano che il *flicker task* rappresenta uno strumento sensibile per valutare le abilità attenzionali non solo degli adulti, ma anche dei bambini. Risulta capace di evidenziare da un lato come i bambini abbiano una prestazione attentiva globalmente peggiore degli adulti, dall'altro come i processi attentivi dei bambini sottendano gli stessi processi degli adulti. Infatti, il primo esperimento ha evidenziato come l'attrattività delle scene visive possa modulare la prestazione attentiva in una popolazione non clinica, mentre il secondo è riuscito, modulando la motivazione, a isolare nei bambini con ADHD uno specifico deficit nella ricerca visiva, che investe solo gli aspetti più volontari e seriali della ricerca di un cambiamento. Molto rilevante appare quest'ultimo aspetto, ovvero la capacità del *flicker task* a cogliere alcuni aspetti delle abilità e delle compromissioni attentive dei bambini affetti da un disturbo – l'ADHD - che colpisce circa il 10% dei bambini in età scolare, con un notevole impatto psicologico e sociale (Wehmeier, Schacht, Barkley, 2010).

Conclusioni Generali

Il fenomeno del *Change Blindness* (CB) indica che spesso alcuni dettagli della scena visiva non vengono rilevati, talvolta anche se cercati attivamente. La ricerca sul CB solleva domande sulla percezione visiva, su quanto le rappresentazioni visive siano o meno dettagliate, sul ruolo dell'attenzione e della memoria. La ricerca sulla *change detection* è invece intesa come la rilevazione di un cambiamento avvenuto intorno a noi. Quindi, mentre la *change detection* si occupa principalmente dei processi visivi e cognitivi coinvolti nel rilevare un cambiamento, la *change blindness* è un po' il "flip side" della CD (Rensink, 2000). Nonostante le persone ritengano di poter facilmente rilevare qualsiasi cambiamento avvenga intorno a loro, il fenomeno CB mostra che ciò non è vero e, di conseguenza, studia i meccanismi sottostanti questo fallimento.

L'importanza della ricerca sul CB risiede proprio nello studio dei meccanismi che producono una così sorprendente "cecità" a quanto ci sta intorno. Le persone infatti erroneamente credono di avere una rappresentazione dettagliata del mondo che ci circonda e rimangono sconcertate di fronte al CB. Tale fenomeno è noto in letteratura come *change blindness blindness*, cioè la *cecità alla cecità al cambiamento*. Lo studio di tali meccanismi evidenzia i nostri limiti nelle rappresentazioni dello spazio visivo e ne studia i meccanismi sottostanti. Similmente gli studi che indagano la CD evidenziano i meccanismi sottostanti la percezione del cambiamento. Come detto precedentemente, i due campi di ricerca sono molto vicini, affrontando lo stesso problema da due prospettive diverse, e ponendo di volta in volta maggiormente l'attenzione sulla cecità a rilevare certi eventi o sulle capacità a rilevarli.

In quest'ottica, nel presente studio si è utilizzato il classico paradigma – il *flicker task* – per valutare gli aspetti evolutivi della CB e della CD, nonché l'influenza su questi processi di alcuni meccanismi di alto livello cognitivo.

In particolare, lo scopo di questo studio era quello di valutare l'attenzione selettiva utilizzando il *flicker task* e, dunque, il fenomeno del Change Blindness. Gli esperimenti condotti fanno luce su interessanti aspetti dello sviluppo attentivo di bambini con sviluppo tipico e atipico. In primo luogo confermano come il *flicker task* sia un valido strumento per valutare le abilità attenzionali non solo degli adulti, ma anche dei bambini, evidenziando come, anche se non ancora maturi, i processi attenzionali dei bambini sottendono gli stessi processi degli adulti (Shore et al., 2006). È stato dimostrato che il *flicker task* è un compito che richiede gli stessi processi implicati nei classici compiti di ricerca visiva (Rensink, 2000), anche se, rispetto a quest'ultimi, appare più difficile (Burmester & Wallis, 2011). Nei classici compiti di *Visual Search* il soggetto conosce le caratteristiche del target che deve cercare tra distrattori in un display statico; nel *flicker task* il partecipante deve scansionare la scena visiva sapendo che avverrà un cambiamento (di cui però non sa niente in anticipo) durante la rapida presentazione sequenziale di due immagini uguali in tutto, se

non per un particolare (il cambiamento da cercare appunto). Le due immagini sono intervallate da un *blank screen* che impedisce l'allocazione automatica dell'attenzione sul cambiamento e obbliga il partecipante a fare una ricerca seriale del cambiamento. Inoltre, se i compiti classici di ricerca visiva utilizzano solitamente stimoli geometrici e stilizzati, il *flicker task* utilizza scene complesse le cui caratteristiche percettive e semantiche influenzano l'allocazione attenzionale. Da ciò si può capire che i due compiti hanno in comune solo il processo di scansione seriale degli items attesi eseguito su stimoli completamente diversi. Tali differenze, se da una parte implicano un controllo meno rigoroso delle componenti *bottom-up* e *top-down* dell'attenzione, dall'altro forniscono una situazione più ecologica che mostra come l'attenzione si distribuisca su scene complesse in cui è il processo di percezione della scena a dirigere principalmente l'attenzione (Stirk & Underwood, 2007). L'utilizzo di scene complesse permette anche di valutare variabili di natura soggettiva che possono influenzare la prestazione attenzionale durante situazioni di vita quotidiana. È importante considerare che un compito come il *flicker task* è certamente un compito più attraente e meno noioso rispetto ai classici paradigmi di ricerca visiva. Tale aspetto appare rilevante soprattutto nello studio delle abilità attenzionali dei bambini (Berger, Jones, Rothbart, & Posner, 2000).

Principalmente questo studio si è proposto di valutare l'influenza della valenza emotiva e dell'attrattività degli stimoli sulle prestazioni attenzionali. In entrambi gli studi si è evidenziato che tali variabili, irrilevanti per lo svolgimento del compito principale, interferiscono con la prestazione rallentandone i tempi di risposta.

In particolare, nell'esperimento 1 la valenza interagisce con il tipo di cambiamento da rilevare: nella ricerca di cambiamenti centrali, gli stimoli negativi interferiscono maggiormente con la prestazione, mentre nella ricerca di cambiamenti marginali sono gli stimoli positivi a interferire di più con la prestazione. A nostra conoscenza, questo è il primo studio che valuta l'interferenza tra la ricerca del cambiamento e il processamento degli stimoli emotivi (ad eccezione dello studio di Graham, 2008 che presenta, ad ammissione della stessa autrice, alcune debolezze metodologiche). I nostri risultati mostrano in questa relazione una dissociazione tra la ricerca dei cambiamenti di interesse centrale e marginale, che ipotizziamo esser legati a due processi distinti (Figura 8). Infatti, nella ricerca di un cambiamento di interesse centrale (che possiamo definire come quella che implica di più processi di tipo automatico, essendo legata alla rilevazione automatica del *gist* della scena visiva), gli stimoli negativi, catturando automaticamente l'attenzione, esercitano un'interferenza con il compito maggiore degli stimoli neutri e positivi. Nella ricerca dei cambiamenti di interesse marginale, di tipo volontario, sono invece gli stimoli positivi che esercitano la maggior interferenza. Tali interferenze si possono spiegare chiamando in causa, per spiegare il primo risultato, la cattura automatica dell'attenzione indotta dagli stimoli negativi (Codispoti, Bradley, & Lang, 2001; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000; Hagemann, Waldstein, & Thayer, 2003); nel secondo caso,

l'interferenza indotta dalle immagini con connotazione emotiva positiva, potrebbe essere spiegata dalla volontaria esplorazione degli stimoli appetitivi, in accordo con la teoria che ipotizza che le emozioni modulino il comportamento tramite il sistema motivazionale (Lang, Davis, & Ohman, 2000). Infine, la riduzione dei tempi di risposta con l'aumentare dell'età, che appare modulata dalla valenza delle immagini, risultando più pronunciata per gli stimoli emotivi, potrebbe spiegarsi alla luce della progressiva maturazione della corteccia prefrontale che permetterebbe di contrastare l'interferenza degli stimoli emotivi sull'esecuzione del compito (Anticevis, Repovs, & Barch, 2010).

Lo stesso esperimento è stato proposto a bambini con diagnosi di disturbo dello spettro autistico, caratterizzato da notevoli difficoltà nel processamento emotivo, soprattutto di stimoli negativi, e da abilità attenzionali compromesse. I risultati ottenuti evidenziano tempi di risposta generalmente rallentati nei bambini con disturbi dello spettro autistico e tale effetto è dovuto principalmente al rallentamento nella ricerca dei cambiamenti di interesse marginale. In accordo con lo studio di Fletcher-Watson, Leekam, Turner, & Moxon (2006), tale risultato sembra confermare un deficit nello spostamento attenzionale o nel disancoraggio dell'attenzione, piuttosto che uno specifico deficit nella selezione attenzionale (infatti i bambini con disturbi dello spettro autistico mostrano lo stesso effetto centrale/marginale nella rilevazione del cambiamento osservato nei bambini del gruppo di controllo). Un profilo opposto si osserva di fronte agli stimoli negativi, un risultato che potrebbe essere spiegato dalla difficoltà nel processamento degli stimoli negativi presente nei disturbi dello spettro autistico. Tale interferenza si evidenzia però solo nella ricerca dei cambiamenti di interesse centrale; infatti, nella ricerca dei cambiamenti di interesse marginale il gruppo clinico non si differenzia dai controlli. Molto probabilmente tale risultato si può spiegare con la capacità delle persone con disturbi dello spettro autistico di compensare il deficit nell'elaborazione di stimoli negativi con altre abilità di tipo volontario (McIntosh et al., 2006).

Il secondo aspetto che volevamo valutare era l'influenza che l'attrattività degli stimoli sulla prestazione attenzionale e, in particolare sulla CD (Esperimento 3). Date le evidenze sperimentali che indicano l'influenza dell'*expertise*, delle abitudini e delle paure dei soggetti sulla prestazione di detezione del cambiamento (Werner & Thies, 2000; Yaxley, & Zwaan, 2005), si può supporre che anche l'attrattività dell'immagine possa influenzare la prestazione. Si poteva ipotizzare che l'attrattività dell'immagine potesse facilitare il compito attenzionale, aumentando l'intenzione di osservare lo stimolo o, in alternativa, che potesse ostacolare la detezione del cambiamento, distogliendo il partecipante dal compito principale. I risultati hanno confermato la seconda ipotesi, mostrando che i partecipanti presentavano tempi di risposta maggiori nella detezione del cambiamento quando erano presentate immagini considerate attraenti rispetto a quando avevano di fronte stimoli non attraenti. Tali risultati mostrano quanto possa esser rilevante l'aspetto

motivazionale durante la percezione. Per tale motivo abbiamo proposto lo stesso esperimento a bambini con ADHD, un disturbo caratterizzato da deficit attenzionale e motivazionale. Abbiamo ipotizzato che utilizzare un compito come il *flicker task* potesse portare il gruppo sperimentale e di controllo allo stesso livello motivazionale, evidenziando le eventuali differenze attenzionali. L'effetto dell'attrattività infatti si è mostrato forte in entrambi i gruppi, indicando invece una differenza tra i due solo nella detezione dei cambiamenti di interesse marginale. Tale risultato sembra supportare le evidenze che indicano nei bambini con ADHD un deficit nella ricerca visiva di tipo volontario, mentre risulterebbero conservate le abilità di ricerca di tipo automatico (Mullane & Klein, 2008).

Nel decidere di utilizzare il *flicker task*, ne abbiamo evidenziato i vantaggi e i limiti. I limiti, a nostro avviso, riguardano, in particolare le restrizioni che le caratteristiche di questo paradigma pongono alla ricerca di CB. Infatti, il *flicker task* rappresenta un compito principalmente attentivo che, dato il suo ampio utilizzo nell'ambito della ricerca, rischia di non mettere in evidenza altre componenti cognitive coinvolte nel CB. Se infatti consideriamo gli studi che evidenziano CB durante le interazioni reali, ci accorgiamo che anche la componente mnestica riveste una sua importanza (Hollingworth, & Henderson, 2002).

Nonostante il *flicker task* abbia il pregio di aver ben evidenziato i fallimenti nei quali possiamo incorrere durante la percezione, non rappresenta la tipica situazione durante la quale possiamo sperimentare CB nella vita reale. Immaginatoci di essere fermati da uno sconosciuto che ci chiede un'informazione; quando questo si allontana noi non sapremmo dire se egli portasse o meno gli occhiali; in questo caso, il nostro stimolo visivo ha una durata temporale maggiore rispetto a quella generalmente utilizzata nel *flicker*, l'eventuale cambiamento (assenza/presenza di occhiali) avverrebbe solo per una volta (e non ripetutamente) e il compito non sarebbe di ricerca visiva, ma ugualmente ci troviamo di fronte a cecità ad un particolare della scena visiva.

Per tali motivi potrebbe esser importante abbandonare il paradigma classico *Flicker* per andare a proporre una situazione sperimentale più vicina alle situazioni reali, per esempio, utilizzando un *flicker one-shot* (con una sola ripetizione) e chiedendo il riconoscimento dell'oggetto che ha subito cambiamento. Normalmente, infatti, il percipiente non sta cercando un cambiamento, ma soltanto quando gli è esplicitamente richiesto si rende conto di non aver immagazzinato un'informazione. L'informazione, inoltre, sarà più o meno disponibile in base alle caratteristiche del percetto stesso, seguendo quella sorta di "lista attenzionale" che definisce i percetti come d'interesse centrale o marginale (Rensink et al., 1997). Tornando al nostro esempio di interazione reale, la presenza o meno degli occhiali sarà facilitata se questi sono rossi e il mio interlocutore è completamente vestito di nero (secondo il noto effetto *pop-out*). Prendendo in considerazione una situazione maggiormente ecologica, ci potremmo effettivamente render conto di quali variabili entrino in gioco durante la

percezione e isolare le variabili determinanti CB. È bene inoltre considerare che mentre gli stimoli nel *flicker* classico sono di brevissima durata (80-250 ms; Thornton & Fernandez-Duque, 2000), questo non è vero nelle situazioni di vita quotidiana. La traccia mnesica di un'immagine visiva sarà più o meno stabile e duratura in base alla durata dello stimolo; sappiamo infatti che esistono diversi magazzini mnestici di diversa capacità e durata temporale (Coltheart, 1980; Phyllips, 1974) ed è facilmente intuibile che sarà difficoltoso riuscire a ricordare la presenza degli occhiali se la mia interazione è durata pochi secondi, rispetto a quando la sua durata è stata maggiore. In particolare, variando la durata temporale dello stimolo e del *blank screen*, si potrebbe più facilmente fare un confronto delle due principali ipotesi sull'origine del CB, l'ipotesi del fallimento del confronto (Hollingworth, 2003; Mitroff, Simons, Levin, 2004) e l'ipotesi della sovrascrittura del secondo stimolo sul primo (Simons, 2000) e comprenderne maggiormente i meccanismi sottostanti. Infatti, qualora la durata del nostro stimolo duri alcuni secondi, la sua traccia mnesica sarà durevole e stabile e il fenomeno di CB, eventualmente presente, potrebbe esser ricondotto al fallimento del confronto tra i due stimoli; mentre se la durata dello stimolo è breve (nell'ordine del centinaio di secondi) la sua traccia sarà meno stabile e più suscettibile al mascheramento del *blank screen*, e l'eventuale CB potrebbe esser spiegata nei termini dell'ipotesi della sovrascrittura (lavoro in fase di elaborazione dati).

Si è già menzionato che l'utilizzo di diversi tipi di stimoli (griglia di stimoli schematizzati vs scene complesse) possa implicare processi cognitivi diversi. Nel confronto tra classici compiti di ricerca visiva e *flicker task* si è suggerito che, nonostante lo stesso processo attenzionale sottenda entrambi, i due compiti siano formalmente diversi. In particolare, la ricerca visiva può essere di tipo *bottom-up*, guidata dalle caratteristiche percettive degli stimoli, o di tipo *top-down*, guidata dalle intenzioni del soggetto. Nella ricerca del cambiamento tale differenziazione è più difficoltosa da fare: la natura delle scene complesse fa in modo che, unitamente, le caratteristiche percettive e semantiche determinino una 'mappa di salienza', un ordine con cui gli items saranno attesi. In realtà, sappiamo che durante la percezione di scene complesse il sistema visivo mostra un sistema di rilevamento automatico delle caratteristiche principali della scena, in termini di *spatial layout* and identificazione degli *items* principali, che avviene entro i 100 msec e che permette il rilevamento del *gist* della scena. Molto probabilmente ci troviamo di fronte a quel processo di rilevamento del contenuto semantico generale, il "*gist*" della scena visiva, che poi permettere la ricerca volontaria (Todd & Kramer, 1994; Scholl, 2000). Per tale motivo sarebbe importante confrontare le prestazioni mnestiche ottenute utilizzando diverse durate temporali dello stimolo e del *blank screen* utilizzando come stimolo delle griglie di stimoli schematizzati vs scene complesse. Di fronte a scene complesse avverrà la rilevazione automatica del contenuto semantico della scena che dirigerà la successiva esplorazione/allocazione dell'attenzione. Tale processo non dovrebbe essere presente

di fronte a stimoli schematizzati, permettendo di modulare i processi automatici e volontari dell'attenzione selettiva. Il confronto tra questi due compiti dovrebbe indicarci se è possibile equiparare la ricerca di cambiamenti centrali e marginali con la ricerca visiva di tipo automatico e volontario e differenziarne le eventuali differenze (l'analisi preliminare dei dati di due esperimenti, che hanno utilizzato il paradigma flicker *one-shot*, sembra indicare che tale paradigma consenta di chiarire molte delle questioni teoriche poste).

Concludendo, si pone la necessità nell'ambito della ricerca di riprodurre situazioni più ecologiche per poter meglio comprendere il fenomeno CB. Sembra infatti facilmente sostenibile ipotizzare che la CB possa essere determinata da molteplici fattori, quali l'attenzione, la memoria e le caratteristiche intrinseche degli stimoli visivi. Per tale motivo, sembra opportuno considerare il CB come un fenomeno assai complesso, determinato, a seconda delle circostanze, dalla presenza di un'interruzione, dalla scarsa "salienda" di un percetto o dal mancato immagazzinamento o recupero di una traccia mnesica o dalla compresenza di più di questi fattori.

Riferimenti

- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.). Washington, DC: Author.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed., rev.). Washington, DC: Author.
- Angelone, B.L., & Levin, D.T. (2003). The relationship between change detection and recognition of centrally attended objects in motion pictures. *Perception*, 32, 947-962.
- Anticevis, A., Repovs, G., & Barch, D.M. (2010). Resisting emotional interference: Brain regions facilitating working memory performance during negative distraction. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 10(2), 159-73.
- Anticevis, A., Repovs, G., Shulman, G.L., & Barch, D.M. (2010). When less is more: TPJ and default network deactivation during encoding predicts working memory performance. *Neuroimage*, 49(3), 2638-48.
- Ashwin, C., Chapman, E., Colle, L., & Baron-Cohen, S. (2006). Impaired recognition of negative basic emotions in autism: A test of the amygdala theory. *Social Neuroscience*, 3-4, 349-63.
- Bacon, A.L., Fein, D., Morris, R., Waterhouse, R., & Allen, D. (1998). The Responses of Autistic Children to the Distress of Others. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 28(2), 129-42.
- Bal, E., Harden, E., Lamb, D., Van Hecke, A. V., Denver, J. W., & Porges, S. W. (2010). Emotion recognition in children with autism spectrum disorders: relations to eye gaze and autonomic state. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(3), 358–370.
- Bar, M., (2004) Visual object in context. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 617-629.
- Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M.J., van IJzendoorn, M.H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and nonanxious individuals: A meta-analytic study. *Psychological Bulletin*, 133(1), 1-24.
- Barkley R., (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychol Bull.* 121, 65-94.
- Batty, M., Meaux, E., Wittmeyer, K., Rogè, B., Taylor, M.J. (2011). Early processing of emotional faces in children with autism: An event-related potential study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(4), 430-44.
- Beck, D.M., Muggleton, N., Walsh, V., & Lavie N. (2006). Right Parietal Cortex Plays a Critical Role in Change Blindness. *Cerebral Cortex*, 16, 712—717.
- Beck, D.M., Rees, G., Frith, C.D. & Lavie, N. (2001). Neural correlates of change detection and change blindness. *Neuroscience*, 4, 645-50.
- Beck, M., Martin, B., Smitherman, E., & Gaschen, L. (2009). General and specific effects of expertise on change detection. *Journal of Vision*, 9(8), 1-9.
- Beck, M.R., & Levin, D.T. (2003). The role of representational volatility in recognizing pre- and postchange objects. *Perception and PsychoPhysics*, 65(3), 458-468.
- Beck, M.R., Levin, D.T., & Angelone, B. (2007). Change blindness blindness: Beliefs about the roles of intention and scene complexity in change detection. *Consciousness and cognition*, 16, 31-51.
- Becker, M.W., Pashler, H., & Anstis, S.M. (2000). The role of iconic memory in change detection tasks. *Perception*, 29, 273–286.

- Begeer, S., Rieffe, C., Meerum Terwogt, M. & Stockmann, L. (2006). Attention to facial emotional expressions in children with autism. *Autism*, 10, 37-51.
- Berger, A., Jones, L., Rothbart, M.K., & Posner, M.I. (2000). Computerized games to study the development of attention in childhood. *Behavior research methods, instruments and computers: a journal of the Psychonomic Society, Inc.*, 32(2), 297-303.
- Bischof, W.F., Seiffert, A.E., & DiLollo, V. (1996). Transient-sustained input to directionally selective motion mechanisms. *Perception*, 25, 1263–1280.
- Blackmore, S.J., Brelstaff, G., Nelson, K., & Troscianko, T. (1995). Is the richness of our visual world an illusion? Transsaccadic memory for complex scenes. *Perception*, 24, 1075–81.
- Block, N. (2001). Paradox and cross purposes in recent work on consciousness. *Cognition*, 79, 197–219.
- Bölte, S., Feineis-Matthews, S., & Poustka, F. (2008). Brief report: Emotional processing in high-functioning autism – physiological reactivity and affective report. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(4), 776-81.
- Bonnel, A.M., Stein, J.F., & Bertucci, P. (1992). Does attention modulate the perception of luminance change? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44(4), 601–626.
- Braddick, O. (1973). The masking of apparent motion in random-dot patterns. *Vision Research*, 13, 355-69.
- Bradley, M. M., Cuthbert, B. N. & Lang, P. J. (1996). Picture media and emotion: Effects of a sustained affective context. *Psychophysiology*, 33, 662-670.
- Bradley, M.M., Codispoti, M., Cuthbert, B.N., & Lang, P.J. (2001). Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3), 276-298.
- Bravo, M.J., & Nakayama, K. (1992). The role of attention in different visual-search tasks. *Perception & Psychophysics*, 51(5), 465-72.
- Brawn, P. T. & Snowden, R. J. (1999) Can one pay attention to a particular color? *Perception and Psychophysics*, 61(5), 860-73.
- Breitmayer, B.G., & Ganz, L. (1976). Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression, and information processing. *Psychological Review*, 83, 1-36.
- Bridgeman, B., Hendry, D., & Stark, L. (1975). Failure to detect displacement of the visual world during saccadic eye movements. *Vision Research*, 15(6), 719-22.
- Bridgeman, B., Lewis, S., Heit, G., & Nagle, M. (1979). Relation between cognitive and motor-oriented systems of visual position perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 692–700.
- Brooks, R.A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial Intelligence*, 47, 139–159.
- Burmester, A., & Wallis, G. (2011). Thresholds for the detection of changing visual features. *Perception*, 40, 409-21.
- Calvo, M.G., & Lang, P.J. (2004). Gaze Patterns When Looking at Emotional Pictures: Motivationally Biased Attention. *Motivation and Emotion*, 28(3), 221-43.
- Carlson-Radvansky, L., & Irwin, D. E. (1995). Memory for structural descriptions across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(6), 1441-58.
- Carretie', L., Hinojosa, J.A., Martín-Loeches, M., Mercado, F., & Tapia, M. (2004). Automatic Attention to Emotional Stimuli: Neural Correlates. *Human Brain Mapping*, 22(4), 290-9.

- Casey, B. J., Gordon, C. T., Mannheim, G. B., & Rumsey, J. M. (1993). Dysfunctional attention in autistic savants. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15, 933–946.
- Castelli, F. (2005). Understanding emotions from standardized facial expressions in autism and normal development. *Autism*, 9, 428-49.
- Castiello, U., & Jeannerod, M. (1991). Measuring time to awareness. *Neuroreport*, 2, 797-800.
- Castiello, U., Paulignan, Y., & Jeannerod, M. (1991). Temporal dissociation of motor responses and subjective awareness. *Brain*, 114, 2639– 55.
- Chun, M.M. (2000). Contextual cueing of visual attention. *Trends in cognitive Science*, 4(5), 170-178.
- Codispoti, M., Bradley, M.M., Lang, P.J. (2001). Affective modulation for briefly presented pictures. *Psychophysiology*, 38, 474-478.
- Cohen, A.L., & Shapiro, S.K. (2007). Exploring the Performance Differences on the Flicker Task and the Conners' Continuous Performance Test in Adults With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 11(1), 49-63.
- Coltheart, M. (1980). Iconic memory and visible persistence. *Perception & Psychophysics*, 27(3), 183-228.
- Corden, B., Chilvers, R., & Skuse, D. (2008). Avoidance of emotionally arousing stimuli predicts social-perceptual impairment in Asperger's syndrome. *Neuropsychologia*, 46(1), 137–147.
- Courchesne, E., Townsend, J., Akshoomoff, N. A., Saitoh, O., Yeung-Courchesne, R., Lincoln, A. J., James, H. E., Haas, R. H., Schreibman, L., & Lau, L. (1994). Impairment in shifting attention in autistic and cerebellar patients. *Behavioural Neuroscience*, 108(5), 848–865.
- Cuthbert, B. N., Shupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 52, 95-111.
- David, E., Laloyaux, C., Devue, C., & Cleeremans, A. (2006). Change blindness to gradual changes in facial expressions. *Psychologica Belgica*, 46(4), 253-68.
- Dawson, G., Webb, S.J., Carver, L., Panagiotides, H., & McPartland, J. (2004). Young children with autism show atypical brain responses to fearful versus neutral facial expressions of emotion. *Developmental Science*, 7(3), 340-59.
- Dennett, D.C. (1991). *Consciousness explained*. Boston: Little, Brown & Company.
- Deruelle, C., Hubert, B., Santos, A., & Wicker, B. (2008). Negative emotion does not enhance recall skills in adults with autistic spectrum disorders. *Autism Research*, 1(2), 91-6.
- Deubel, H., & Schneider, W.X. (1996). Saccade target selection and object recognition: evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, 36(12), 1827-37.
- Deubel, H., Bridgeman, B., & Schneider, W.X. (2004). Different effects of eyelid blinks and target blanking on saccadic suppression of displacement. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 66(5), 772-778.
- Di Lollo, V. (1980). Temporal integration in visual memory. *Journal of Experimental Psychology General*, 109, 75–97.
- Di Lollo, V., & Dixon, P. (1988). Two forms of persistence in visual information processing. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 14(4), 671-81.
- DiGirolamo, G.J., & Hintzman, D.L. (1997). First impressions are lasting impressions: A primacy effect in memory for repetitions. *Psychonomic Bulletin and Review*, 4(1), 121–124.
- Dolcos, F., & McCarthy, G. (2006). Brain Systems Mediating Cognitive Interference by Emotional

- Distraction. *Journal of Neuroscience*, 26(7), 2072-9.
- Downing, P.E. (2000). Interactions between visual WM and selective attention. *Psychological Science*, 11, 467–473.
- Duffy, F.H., & Lombroso, C.T. (1968). Electrophysiological evidence for visual suppression prior to the onset of a voluntary saccadic eye movement. *Nature*, 218, 1074–1075.
- Erthal, F.S., De Oliveira, L., Mocaiber, I., Pereira, M.G., Machado-Pinheiro, W., Volchan, E., & Pessoa, L. (2005). Load-dependent modulation of affective picture processing. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 5(4), 388-95.
- Farran, E.K., Branson, A., & King, B.J. (2011). Visual search for basic emotional expressions in autism; impaired processing of anger, fear and sadness, but a typical happy face advantage. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1), 455-62.
- Feldman, A. (1985). Four frames suffice: A provisional model of vision and space. *Behavioral and Brain Sciences*, 8, 265–289.
- Fernandez-Duque, D., & Thornton, I.M. (2000). Change detection without awareness: Do explicit reports underestimate the representation of change in the visual system? *Visual Cognition*, 7, 323–344.
- Fernandez-Duque, D., Grossi, G., Thornton, I.M., & Neville, H.J. (2003). Representation of Change: Separate Electrophysiological Markers of Attention, Awareness, and Implicit Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(4), 491–507.
- Fletcher-Watson, S., Collis, J.M., Findlay, J.M., & Leekam, S.R. (2009). The development of change blindness: children’s attentional priorities whilst viewing naturalistic scenes. *Developmental Science* 12(3), 438–445.
- Fletcher-Watson, S., Leekam, S. R., Turner, M. A., & Moxon, L. (2006). Do people with autistic spectrum disorder show normal selection for attention? Evidence
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control setting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1030-1044.
- Fombonne, E. (2005). Epidemiology of autistic disorder and other pervasive developmental disorders. *Journal of Clinical Psychiatry*, 66(10), 3–8.
- Friedman, A. (1979). Framing pictures: The role of knowledge in automatized encoding and memory for gist. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108(3), 316–355.
- Friedman-Hill, S.R., Wagmana, M.R., Gex, S.E., Pine, D.S., Leibenluft, E., & Ungerleider, L.G., (2010). What does distractibility in ADHD reveal about mechanisms for top-down attentional control? *Cognition*, 115, 93–103.
- Garavan, H. (1998). Serial attention within working memory. *Memory & Cognition*, 26(2), 263-76.
- Garnett, M., Attwood, A. (1994). *The Australian Scale for Asperger’s Syndrome*. Queensland, Australia: School of Applied Psychology, Griffith University.
- Gerritsen, C., Frischen, A., Blake, A., Smilek, D., & Eastwood, J.D. (2008). Visual search is not blind to emotion. *Perception & Psychophysic*, 70(6), 1047-59.
- Gibson, J.J. (1986). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Gilchrist, A., Green, J., Cox, A., Burton, D., Rutter, M., & Le Couteur, A. (2001). Development and current functioning in adolescents with Asperger syndrome: A comparative study. *Journal of Child Psychology Psychiatry*, 42, 227–240.

- Graham, L.M. (2008). Effect of emotional valence on detection of change. *Perceptual and Motor Skills*, 107(3), 734-6.
- Grimes, J. (1996). On the failure to detect changes in scenes across saccades. In K. Akins (Ed.), *Vancouver studies in cognitive science: Vol. 5. Perception* (pp. 89–110). New York: Oxford University Press.
- Hagemann, D., Waldstein, S. & Thayer, J. (2003). Central and Autonomic Nervous System, Integration of Emotions. *Brain and Cognition*, 52, 79-87.
- Happe, F. (1996). Studying weak central coherence at low levels: children with autism do not succumb to visual illusions. A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37, 873-877.
- Hartikainen, K.M., Ogawa, K.H. & Knight, R.T. (2000). Transient interference of right hemispheric function due to automatic emotional processing. *Neuropsychologia*, 38, 1576-80.
- Henderson, J.M. & Hollingworth, A. (1999). High-level scene perception. *Annual Review of Psychology*, 50, 243-271.
- Henderson, J.M. (1992). Object identification in context: The visual processing of natural scenes. *Canadian Journal of Psychology*, 46, 319-341.
- Hill, E., Berthoz, S., Frith, U. (2004). Brief Report: Cognitive Processing of Own Emotions in Individuals with Autistic Spectrum Disorder and in Their Relatives. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(2), 229-35.
- Hobson, R. P. , Ouston, J. & Lee, A. (1988). ‘What’s in a Face? The Case of Autism’, *British Journal of Psychology*, 79, 441–53.
- Hollingworth, A. (2003). Failures of Retrieval and Comparison Constrain Change Detection in Natural Scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(2), 388-403.
- Hollingworth, A. (2007). Object-Position Binding in Visual Memory for Natural Scenes and Object Arrays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(1), 31-47.
- Hollingworth, A., & Henderson, J.M. (2002). Accurate visual memory for previously attended objects in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 113–136.
- Howlin, P. (2003). Outcome in high-functioning adults with autism with and without early language delays: Implications for the differentiation between autism and Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33, 3–13.
- Hughes, C. H. & Russell, J. (1993). Autistic children's difficulties with mental disengagement from an object: Its implications for theories of Autism. *Developmental Psychology*, 29(3), 498-510.
- Iarocci, G., & Burack, J. A. (2004). Intact covert orienting to peripheral cues among children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(3), 257-64.
- Intraub, H. (1980). Presentation rate and the representation of briefly glimpsed pictures in memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6(1), 1–12.
- Intraub, H. (1981). Rapid conceptual identification of sequentially presented pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(3), 604–610.
- Intraub, H. (1985). Visual dissociation: An illusory conjunction of pictures and forms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11(4), 431–442.
- Intraub, H. (1989). Illusory conjunctions of forms, objects, and scenes during rapid serial visual

- search. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(1), 98–109.
- Intraub, H. (2011). Rethinking visual scene perception. *Wiley Interdisciplinary Reviews Cognitive Science*, in press.
- Irwin, D.E. (1991). Information integration across saccadic eye movements. *Cognitive Psychology*, 23, 420–456.
- Irwin, D.E., & Yeomans, J.M. (1986). Sensory registration and informational persistence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12(3), 343–360.
- Irwin, D.E., & Zelinsky, G.J. (2002). Eye movements and scene perception: Memory for things observed. *Attention, Perception & Psychophysics*, 64(6), 882–89.
- Irwin, D.E., Brown, J.S., & Sun, J.S. (1988). Visual masking and visual integration across saccadic eye movements. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117(3), 276–287.
- Irwin, D.E., Yantis, S., & Jonides, J. (1983). Evidence against visual integration across saccadic eye movements. *Perception and Psychophysics*, 34(1), 49–57.
- Ishai, A., Pessoa, L., Bickle, P.C., & Ungerleider, L.G. (2004). Repetition suppression of faces is modulated by emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 9827–9832.
- Ito, T. A., Larsen, J. T., Smith, N. K., & Cacioppo, J. T. (1998). Negative information weighs more heavily on the brain: The negativity bias in evaluative categorizations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75, 887–900.
- Jiang, Y., Olson, I.R., & Chun, M.M. (2000). Organization of visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 683–702.
- Johnson, K.A., Robertson, I.H., Kelly, S.P., Silk, T.J., Barry, E., Dàibhis, A., Watchorn, A., Keavey, M., Fitzgerald, M., Gallager, L., Gill, M., Bellgrove, M.A. (2007). Dissociations in performance of children with ADHD and high-functioning autism on a task of sustained attention. *Neuropsychologia*, 45, 2234–2245.
- Joliffe, T., & Baron-Cohen, S. (1997). Are people with autism and Asperger syndrome faster than normal on the embedded figures test? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 527–534.
- Jones, B.T., Jones, B.C., Smith, H., & Copley, N. (2003). A flicker paradigm for inducing change blindness reveals alcohol and cannabis information processing biases in social users. *Addiction*, 98, 235–244.
- Jonides, J., & Yantis, S. (1988). Uniqueness of abrupt visual onset in capturing attention. *Perception & Psychophysics*, 43, 346–354.
- Jonkman, L.M., van Melis, J.M.J., Kemner, C., Markus, R.C. (2007). Methylphenidate improves deficient error evaluation in children with ADHD: An event-related brain potential study. *Biol Psychol*, 76, 217–229.
- Joseph, J. S., Chun, M. M., & Nakayama, K. (1997). Attentional requirements in a "preattentive" feature search task. *Nature*, 387, 805–808.
- Julesz, B. (1981). A theory of preattentive texture discrimination based on first-order statistics of textons. *Biological Cybernetics*, 41(2), 131–8.
- Julesz, B. (1984). A brief outline of the texton theory of human vision. *Trends in Neurosciences*, 7, 41–45.
- Kaernbach C., Schroger, E., Jacobsen, T., & Robber, U. (1999). Effects of consciousness on human brain waves following binocular rivalry. *NeuroReport*, 10, 713–716.
- Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B.J. (1992). The reviewing of object files: object-specific

- integration of information. *Cognitive Psychology*, 24(2), 175-219.
- Kanouse, D. E., & Hanson, L. R, Jr. (1972). Negativity in evaluations. In E. E. Jones, D. E. Kanouse, H. H. Kelley, R. E. Nisbett, S. Valins, & B. Weiner (Eds.), *Attribution: Perceiving the causes of behavior* (pp. 47-62). Morristown, NJ: General Learning Press.
- Kanwisher, N., & Driver, J. (1992). Objects, attributes, and visual attention: Which, what, and where. *Current Directions in Psychological Science*, 1, 26-31.
- Kasari, C., Sigman, M.D. , Baumgartner, P. & Stipek, D. J. (1993) 'Pride and Mastery in Children with Autism', *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 34: 353–62.
- Kelley, T.A., Chun, M.M., & Chua, K.P. (2003). Effects of scene inversion on change detection of targets matched for visual salience. *Journal of Vision*, 3, 1–5.
- Khetrapal, N. (2007). Detection of Negative Emotions in Autistics: Questioning the 'Amygdala Hypothesis'. *The New School Psychology Bulletin*, 5(2), 7-9.
- Kikuchi, Y., Senju, A., Tojo, Y., Osanai, H. & Hasegawa, T. (2009). Faces do not capture special attention in children with autism spectrum disorder: a change blindness study. *Child Development*, 80(5), 1421-33.
- Kikuchi, Y., Senju, A., Tojo, Y., Osanai, H., & Hasegawa, T. (2009). Atypical disengagement from faces and its modulation by the control of eye fixation in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(5), 629-45.
- Klein, R., Kingstone, A., & Pontefract, A. (1992). Orienting of visual attention. In K. Rayner (Ed.), *Eye Movements and Visual Cognition: Scene Perception and Reading* (pp. 46-65). New York: Springer.
- Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2003). An ERP study of change detection, change blindness, and visual awareness *Psychophysiology*, 40, 423–429.
- Konrad, K., Neufang, S., & Hanisch, C. (2006). Dysfunctional attentional networks in children with attention deficit/hyperactivity disorder: evidence from an event related functional magnetic resonance imaging study. *Biological Psychiatry*, 59, 643-651.
- Koster, E.H.W., Crombez, G., Verschuere, B., & De Houwer, J. (2004). Selective attention to threat in the dot probe paradigm: differentiating vigilance and difficulty to disengage. *Behaviour Research and Therapy*, 42, 1183-92.
- Laloyaux, C., Devue, C., Doyen, S., David, E., & Cleeremans, A. (2008). Undetected changes in visible stimuli influence subsequent decisions. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 646-656.
- Lamy, D., Amunts, L., & Bar-Haim, Y. (2008). Emotional priming of popout in visual search. *Emotion*, 8, 151-161.
- Landman, R. (2004). The role of figure–ground segregation in change blindness *Psychonomic Bulletin & Review*, 11 (2), 254-261.
- Landman, R., Spekreijse, H., & Lamme, V.A. (2003). Large capacity storage of integrated objects before change blindness. *Vision Research*, 43(2), 149 164.
- Landry, R. & Bryson, S. E. (2004). Impaired disengagement of attention in young children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(6), 1115-22.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., & Cuthbert, B.N. (2008). *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8*. University of Florida, Gainesville, FL.
- Larson, C.L., Schaefer, H.S., Siegle, G.J., Jackson, C.A., Anderle, M.J., & Davidson, R.J. (2006). Fear is fast in phobic individuals: amygdala activation in response to fear-relevant stimuli.

Biological Psychiatry, 60(4), 410-7.

- Law Smith, M.J., Montagne, B., Perrett, D.I., Gill, M., & Gallagher, L. (2010). Detecting subtle facial emotion recognition deficits in high-functioning Autism using dynamic stimuli of varying intensities. *Neuropsychologia*, 48(9), 2777-81.
- Lecavalier, L., (2010). Validity of Three Pervasive Developmental Disorder (PDD) Subtypes—Autistic Disorder, Asperger’s Disorder, and PDD Not Otherwise Specified. *US Psychiatry*, 3, 44-47.
- Leekam, S., & Moore, C. (2001). The development of attention in children with autism. In J. A. Burack, T. Charman, N. Yirmiya, & P. R. Zelazo (Eds.), *The development of autism: Perspectives from theory and research* (pp.105–130). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Leekam, S.R., López, B., Moore, C. (2000). Attention and joint attention in preschool children with autism. *Developmental Psychology*, 36(2), 261-73.
- Leiter, R.G. (1948). *Leiter International Performance Scale*. Chicago: Stoelting Co.
- Levin, D.T., & Simons, D.J. (1997). Failure to detect changes to attended objects in motion pictures. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 501-506.
- Levin, D.T., Drivdahl, S.B., Momen, N., & Beck, M.R. (2002). False predictions about the detectability of visual changes: The role of beliefs about attention, memory, and the continuity of attended objects in causing change blindness. *Consciousness and cognition*, 11, 507-527.
- Levin, D.T., Momen, N., Drivdahl, S.B., & Simons, D.J. (2000). Change blindness blindness: The metacognitive error of overestimating change-detection ability. *Visual Cognition*, 7, 397–412.
- Levin, D.T., Simons, D.J., Angelone, B.L., & Chabris, C.F. (2002). Memory for centrally attended changing objects in an incidental real-world change detection paradigm. *British Journal of Psychology*, 93, 289–302.
- Loftus, E.F. (1979). *Eyewitness testimony*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lord C, Risi S, Lambrecht L, Cook, E.H., Leventhal, B.L., DiLavore, P.C., Pickles, A., & Rutter, M. (2000). The Autism Diagnostic Observation Schedule-Generic: a standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30,205–23.
- Lord C, Rutter M, & LeCouteur A, (1994). Autism Diagnostic Interview- Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24, 659–85.
- Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P., & Risi, S. (1999). *Autism diagnostic observation schedule—WPS Edition*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
- Luck, S.J., & Vogel, E.K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279–281.
- Luman, M., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2005). The impact of reinforcement contingencies on AD/HD: a review and theoretical appraisal. *Clinical Psychology Review*, 25, 183–213.
- Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattentive blindness*. Cambridge, MA: MIT press.
- Mack, A., Tang, B., Tuma, R., Kahn, S., & Rock, I. (1992). Perceptual organization and attention. *Cognitive Psychology*, 24(4), 475-501.
- Marr, D. (1982) *Vision. A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. New York: W.H. Freeman.

- Mason, D., & Humphreys, G. (2004). Visual search, singleton capture, and the control of attentional set in ADHD. *Cognitive Neuropsychology*, 21(6), 661-687.
- Mason, D.J., Humphreys, G.W., & Kent, L.S. (2003). Exploring selective attention in ADHD: visual search through space and time. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(8), 1158-76.
- Massin, M.A., & Mack, A. (2005). Do threat images attenuate change blindness? *The New School Psychology Bulletin*, 3(2), 113-20.
- Masuda, T., & Nisbett, R.E. (2006). Culture and Change blindness. *Cognitive Science*, 30(2), 381-399.
- Mayer, B., Muris, P., Vogel, L., Nojoredjo, I., & Merckelbach, H. (2006). Fear-relevant change detection in spider-fearful and non-fearful participants. *Journal of Anxiety Disorders*, 20(4):510-9.
- Mazza, V., Turatto, M., & Umiltà, C. (2005). Foreground-background segmentation and attention: A change blindness study. *Psychological Research*, 69, 201-210.
- Mazza, V., Turatto, M., Umiltà, C., & Eimer, M. (2007). Attentional selection and identification of visual objects are reflected by distinct electrophysiological responses. *Experimental Brain Research*, 181(3), 531-6.
- McConkie GW, Zola D. (1979). Is Visual Information Integrated Across Successive Fixations in Reading? *Perception and Psychophysics*, 25, 221–224.
- McGlynn, F. D., Wheeler, S.A., Wilamowska, Z.A., & Katz, J.S. (2008). Detection of change in threat-related and innocuous scenes among snake-fearful and snake-tolerant participants: Data from the flicker task. *Journal of Anxiety Disorders*, 22(3), 515-23.
- McIntosh, D.N., Reichmann-Decker A., Winkielman, P., & Wilbarger, P. (2006). When the social mirror breaks: deficits in automatic, but not voluntary, mimicry of emotional facial expressions in autism. *Developmental Science*, 9(3), 295-302.
- McIntosh, K.E., & Dissanayake, C. (2004). Annotation: The similarities and differences between Autistic Disorder and Asperger's disorder: A review of the empirical evidence. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(3), 421-34.
- McManis, M.H., Bradley, M.M., Berg, W.K., Cuthbert, B.N., Lang, P.J. (2001). Emotional reactions in children: Verbal, physiological, and behavioral responses to affective pictures. *Psychophysiology*, 38(2), 222-31.
- Mitroff, S.R., Simons, D.J., & Franconeri, S.L. (2002). The siren song of implicit change detection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 798–815.
- Mitroff, S.R., Simons, D.J., & Levin, D.T. (2004). Nothing compares two views: Change blindness can occur despite preserved access to the changed information. *Perception & Psychophysics*, 66, 1268–1281.
- Mottron, L., & Burack, J. A. (2001). Enhanced perceptual functioning in the development of autism. In J. A. Burack, T. Charman, N. Yirmiya, & P. R. Zelazo (Eds.), *The development of autism: Perspectives from theory and research* (pp. 131–148). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Mottron, L., Burack, J.A., Iarocci, G., Belleville, S., & Enns, J.T. (2003). Locally oriented perception with intact global processing among adolescents with high functioning autism: evidence from multiple paradigms. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(6), 904-13.
- Mullane, J.C., & Klein, R.M. (2008). Literature Review: Visual Search by Children With and Without ADHD. *J Atten Disord*, 12(1); 44-53.

- Niedeggen, M., Wichmann, P. & Stoerig, P. (2001). Change blindness and time to consciousness. *European Journal of Neuroscience*, 14(10), 1719-26.
- Nummenmaa, L., Hyönä, J., & Calvo, M.G. (2006). Eye-movement assessment of selective attentional capture by emotional pictures. *Emotion*, 6, 257-268.
- O'Regan, J. K., Rensink, J. A. & Clark, J. J. (1996). "Mud splashes" render picture changes invisible. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 37:S213.
- O'Regan, J. K., Rensink, J. A. & Clark, J. J. (1999) Change-blindness as a result of "mudsplashes." *Nature*, 398, 34.
- O'Regan, J.K. (1992). Solving the "Real" mysteries of visual perception: The world as an outside memory. *Canadian Journal of Psychology*, 46(3), 461-488.
- O'Regan, J.K., Deubel, H., Clark, J.J., & Rensink, R.A. (2000). Picture changes during blinks: looking without seeing and seeing without looking. *Visual Cognition*, 7, 191-211.
- O'Riordan, M.A. (2004). Superior visual search in adults with autism. *Autism*, 8(3), 229-48.
- Ohman, A., & Mineka, S. (2001). Fears, phobias, and preparedness: Toward an evolved module of fear and fear learning. *Psychological Review*, 108(3), 483-522.
- Ohman, A., & Soares, J.J. (1994). "Unconscious anxiety": phobic responses to masked stimuli. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(2):231-40.
- Ohman, A., Flykt, A., & Esteves, F. (2001). Emotion Drives Attention: Detecting the Snake in the Grass. *Journal of Experimental Psychology. General*, 130(3), 466-78.
- O'Regan, J.K., Deubel, H., Clark, J.J., & Rensink, R.A. (2000). Picture changes during blinks: Looking without seeing and seeing without looking. *Visual Cognition*, 7, 191-211.
- O'Regan, J.K., & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 939-1031.
- O'Regan, J.K., Deubel, H., Clark, J.J., & Rensink, R.A. (2000). Picture changes during blinks: Looking without seeing and seeing without looking. *Visual Cognition*,
- O'Riordan, M.A (2004). Superior visual search in adults with autism. *Autism*, 8, 229-248.
- Ozonoff S., South M., Miller J. (2000). DSM-IV defined Asperger syndrome: Cognitive, behavioural and early history differentiation from high functioning autism. *Autism*, 4(1), 29-46.
- Paillard, J.F., Michel, F. & Stelmach, G. (1983). Localization with content: a tactile analogue of blindsight. *Archives of Neurology*, 40, 548-551.
- Palermo, R., & Rhodes, G. (2003). Change detection in the flicker paradigm: do faces have an advantage? *Visual Cognition*, 10(6), 683-713.
- Parducci, A. (1968). The relativism of absolute judgments. *Scientific American*, 219, 84-90.
- Pashler, H. (1988). Familiarity and visual change detection. *Perception & Psychophysics*, 44, 369-378.
- Peelers, G., & Czapinski, J. (1990). Positive-negative asymmetry in evaluations: The distinction between affective and informational negativity effects. *European Review of Social Psychology*, 1, 33-60.
- Pereira, M.G., Volchan, E., de Souza, G.G.L., Oliveira, L., Campagnoli, R. R., Pinheiro, W.M., Pessoa, L. (2006). Sustained and transient modulation of performance induced by emotional picture viewing. *Emotion*, 6(4), 622-634.
- Phillips W.A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term memory. *Perception & Psychophysics*, 16 (2), 283-290.

- Philip, R.C., Whalley, H.C., Stanfield, A.C., Sprengelmeyer, R., Santos, I.M., Young, A.W., Atkinson, A.P., Calder, A.J., Johnstone, E.C., Lawrie, S.M., & Hall, J. (2010). Deficits in facial, body movement and vocal emotional processing in autism spectrum disorders. *Psychological Medicine*, 40(11):1919-29.
- Plaisted, K., O’Riordan, M. A., & Baron-Cohen, S. (1998). Enhanced discrimination of novel highly similar stimuli by adults with autism during a perceptual learning task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39, 765-775.
- Plaisted, K., O’Riordan, M., & Baron-Cohen, S. (1998). Enhanced visual search for a conjunctive target in autism. A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39, 777 – 783.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Prins, P.J., DAVIS, S., Ponsioen, A., ten Brink E., van der Oord S. (2011). Does Computerized Working Memory Training with Game Elements Enhance Motivation and Training Efficacy in Children with ADHD? *Cyberpsychology, behaviour an social networking*, 14(3), 115-22.
- Pylyshyn, Z.W., & Storm, R.W. (1988). Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, 3, 179-197.
- Reinecke, A., Becker, E.S., & Rinck, M. (2010). Visual working memory and threat monitoring: Spider fearfuls show disorder-specific change detection. *Behaviour Research and Therapy*, 48(8), 770-778.
- Rensink, R.A. (1998). Limits to attentional selection for orientation. *Perception*, 27(suppl.), 36.
- Rensink, R.A. (1999). The Magical Number One, Plus or Minus Zero. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 40:52.
- Rensink, R.A. (2000). Scene perception. In AE Kazdin (ed.), *Encyclopedia of Psychology*. vol. 7. (pp. 151-155). New York: Oxford University Press. 2000.
- Rensink, R.A. (2000). Seeing, Sensing, and Scrutinizing. *Vision Research*, 40, 1469-1487.
- Rensink, R.A. (2000). The dynamic representation of scenes. *Visual Cognition*, 7, 17-42.
- Rensink, R.A. (2000). Visual search for change: A probe into the nature of attentional processing. *Visual Cognition*, 7, 345-376.
- Rensink, R.A. (2002). Change detection. *Annual Review of Psychology*, 53, 245–277.
- Rensink, R.A. (2004). Visual sensing without seeing. *Psychological Science*, 15, 27–32.
- Rensink, R.A. , O’Regan, J.K., & Clark, J.J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, 8, 368-373.
- Rensink, R.A., & Enns, J.T. (1995). Preemption effects in visual search: evidence for low-level grouping. *Psychological Review*, 102(1), 101-30.
- Rensink, R.A., & Enns, J.T. (1998). Early completion of occluded objects. *Vision Research*, 38(15-16), 2489-505.
- Rensink, R.A., O’Regan, J.K., & Clark, J.J. (2000). On the Failure to Detect Changes in Scenes Across Brief Interruptions. *Visual cognition*, 7 (1/2/3), 127-145.
- Rich, A., & Gillam, B. (2000). Failure to detect changes in color for lines rotating in depth: The effects of grouping and type of color change. *Vision Research*, 40, 1469-1487.
- Ro, T., Russell, C., & Lavie, N. (2001). Changing faces: a detection advantage in the flicker paradigm. *Psychological Science*, 12(1) , 94-99.
- Rock, I., Linnett, C.M., Grant, P., & Mack, A. (1992). Perception without attention: results of a new

- method. *Cognitive Psychology*, 24(4), 502-34.
- Rosa, P.J., Gamito, P., Oliveira, J., Morais, D., & Saraiva T (2011). Attentional orienting to biologically fear-relevant stimuli: data from eye tracking using the continual alternation flicker paradigm. *Journal of Eye Tracking, Visual Cognition and Emotion*, 1(1), 22-29.
- Schatz, A.M., Weimer, A.K., & Trauner, D.A. (2002). Brief report: attention differences in Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(4), 333-6.
- Schneider, W., Eschman, A., Zuccolotto, A. (2002a). *E-Prime User's Guide*. Psychology Software Tools Inc, Pittsburg.
- Schneider, W., Eschmann, A., & Zuccolotto, A. (2002b). *E-Prime reference guide*. Pittsburgh, PA: Psychology Software Tools.
- Scholl, B.J. (2000). Attenuated change blindness for exogenously attended items in a flicker paradigm. *Visual Cognition*, 7, 377-96.
- Scholl, B.J., Pylyshyn, Z.W., & Franconeri, S.L. (1999). When are featural and spatiotemporal properties encoded as a result of attentional allocation? *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 40(4), 4195.
- Schupp, H.T., Junghöfer, M, Weike, A.I., & Hamm, A.O. (2003). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science*, 14(1), 7-13.
- Seiffert, A. E., & Cavanagh, P. (1998). Position displacement, not velocity, is the cue to motion detection of second-order stimuli. *Vision Research*, 39, 38, 3569-82.
- Shah, A., & Frith, U. (1983). An islet of ability in autistic children: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 24, 613-620.
- Shore, D.I., Burack, J.A., Miller, D., Joseph, S., & Enns, J.T. (2006). The development of change detection. *Developmental Science*, 9(5), 490-497.
- Sigman, M.D., Kasari, C., Kwon, J.H., & Yirmiya, N. (1992). Responses to the Negative Emotions of Others by Autistic, Mentally Retarded, and Normal Children. *Child Development*, 63(4), 796-807.
- Silani G, Bird G, Brindley R, Singer T, Frith C, Frith U (2007). Levels of emotional awareness and autism: an fMRI study. *Social Neuroscience*, 3(2), 97-112.
- 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. (2000). Change blindness and visual memory [Special issue]. *Visual Cognition*, 7(1/2/3).
- Simons, D.J. (2000). Current Approaches to Change Blindness. *Visual cognition*, 7 (1/2/3), 1-15.
- 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 & Review*, 5, 644-649.
- Simons, D.J., & Ambinder, M.S. (2005). Change Blindness. Theory and Consequences *Current Directions in Psychological Science*, 14 (1), 44-48.
- Simons, D.J., & Levin, D.T. (2003). What makes change blindness interesting? *The Psychology of Learning and Motivation*, 42, 295-322.
- Simons, D.J., & Rensinck, R.A. (2005). Change blindness: past, present, future. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(1), 16-20.
- Simons, D.J., Chabris, C.F., & Schnur, T. (2002). Evidence for preserved representations in change

- blindness. *Consciousness and Cognition*, 11, 78-97.
- Simons, D.J., Nevarez, G., & Boot, W.R. (2005). Visual Sensing Is Seeing: Why “Mindsight,” in Hindsight, Is Blind. *Psychological Science*, 16(7), 520–4.
- Smith, H., & Milne, E. (2009). Reduced change blindness suggests enhanced attention to detail in individuals with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50(3), 300-6.
- Smith, N. K., Cacioppo, J. T., Larsen, J. T., & Chartrand, T. L. (2003). May I have your attention, please: Electrocortical responses to positive and negative stimuli. *Neuropsychologia*, 41, 171-183.
- Snowden, R.J., & Hess, R.F. (1992). Temporal frequency filters in the human peripheral visual field. *Vision Research*, 32, 61–72.
- Solomon, R. L., & Corbit, J. D. (1974). An opponent-process theory of motivation: I. Temporal dynamics of affect. *Psychological Review*, 81,119-145.
- Sparrow, S.S., Balla, D.A., Cicchetti, D.V., Doll, E.A. (1984). Vineland adaptive behavior scales: Interview edition, expanded form manual. American Guidance Service (Circle Pines, Minn.).
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74 (11), 1-29.
- Sperling, G. (1990). Comparison of perception in the moving and stationary eye. In *Eye Movements and Their Role in Visual and Cognitive Processes*, ed. E Kowler, pp. 307–51. New York: Elsevier.
- Sperling, G., & Spelman, R.G. (1965). Visual spatial localization during object motion, apparent motion, and image motion produced by eye movements. *Journal of the Optical Society of America*, 55, 1576-77.
- Spotorno, S., & Faure, S. (2011). Change detection in complex scenes: Hemispheric contribution and the role of perceptual and semantic factors. *Perception*, 40, 5-22.
- Stirk, J.A., & Underwood, G. (2007). Loe-level visual saliency does not predict change detection in natural scenes. *Journal of Vision*, 7(10), 1-10.
- Stroud, J.M. (1955). The fine structure of psychological time. In H. Quastler (Ed.), *Information Theory in Psychology: Problems and Methods*. (pp. 174-207). Glencoe, IL: Free Press.
- Szatmari, P., Archer, L., Fisman, S., Streiner, D.L., & Wilson, F. (1995). Asperger’s syndrome and autism: Differences in behavior, cognition, and adaptive functioning. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 34, 1662–1671.
- Taylor, S. E., & Brown, J. D. (1988). Illusion and well-being: A social psychological perspective on mental health. *Psychological Bulletin*, 103,193-210.
- Taylor, S.E., (1991). Asymmetrical Effects of Positive and Negative Events: The Mobilization-Minimization Hypothesis. *Psychological Bulletin*, 110(1), 67-85.
- Tipples, J., & Sharma, D. (2000). Orienting to exogenous cues and attentional bias to affective pictures reflect separate processes. *British Journal of Psychology*, 91(1), 87-97.
- Todd, S. & Kramer, A. (1994). Attentional guidance in visual search. *Perception and Psychophysics*, 56, 198-210.
- Townsend, J., Courchesne, E., & Egaas, B. (1996). Slowed orienting of covert visual-spatial attention in autism: Specific deficits associated with cerebellar and parietal abnormality. *Development and Psychopathology* (1996), 8: 563-584.
- Treisman, A. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and objects. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 40, 201–237.

- Treisman, A. (1993). The perception of features and objects. In A. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds), *Attention: Selection, awareness, and control. A tribute to Donald Broadbent* (pp. 5–35). Oxford, UK: Clarendon Press.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, 15-48.
- Treisman, A.M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136.
- Tsal, Y., & Lavie, N. (1988). Attending to color and shape: The special role of location in selective visual processing. *Perception and Psychophysics*, 44, 15-21.
- Turatto, M., & Bridgeman, B. (2005). Change perception using visual transients: object substitution and deletion. *Experimental Brain Research*, 167, 509-608.
- Turatto, M., & Mazza, V. (2004). Behavioural and electrophysiological correlates of change blindness. *International Journal of Computational Cognition*, 2, 85-113.
- Turatto, M., Angrilli, A., Mazza, V., Umiltà, C., & Driver, J. (2002). Looking without seeing the background change: electrophysiological correlates of change detection versus change blindness. *Cognition*, 84, B1-B10.
- Turatto, M., Angrilli, A., Mazza, V., Umiltà, C., & Driver, J. (2002). Looking without seeing the background change: electrophysiological correlates of change detection versus change blindness. *Cognition*, 84, B1–B10.
- Turatto, M., Bettella, S., Umiltà, C., & Bridgeman, B. (2003). Perceptual conditions necessary to induce change blindness. *Visual Cognition*, 10, 233-255.
- Turatto, M., Bettella, S., Umiltà, C., & Bridgeman, B. (2003). Perceptual conditions necessary to induce change blindness. *Visual Cognition*, 10, 233-255.
- Turatto, M., Sandrini, M., & Miniassi, C. (2004). The role of the right dorsolateral prefrontal cortex in visual change awareness. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, 15(16), 2549-52.
- Ullman, S. (1996). *High-level Vision* (pp. xi-xii). Cambridge, MA: MIT Press.
- Vaish, A., Grossmann, T., & Woodward, A. (2008). Not All Emotions Are Created Equal: The Negativity Bias in Social–Emotional Development. *Psychological Bulletin*, 134(3), 383-403.
- Varakin, D.A., Levin, D.T., & Collins, K.M. (2007). Comparison and representation failures both cause real-world change blindness. *Perception*, 36, 737-749.
- Volkow, N.D., Wang, G-J, Newcorn, J.H., Kollins, S.H., Wigal, T.L., Telang, F., Fowler, J.S., Goldstein, R.Z., Klein, N., Logan, J., Wong, C., & Swanson, J.M. (2010). Motivation deficit in ADHD is associated with dysfunction of the dopamine reward pathway *Molecular Psychiatry*, 1-8.
- Wainwright, J. A., & Bryson, S. E. (1996). Visual-spatial orienting in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26, 423–438.
- Wainwright-Sharp, J. A., & Bryson, S. E. (1993). Visual orienting deficits in high-functioning people with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 23(1), 1–13.
- Wallace, S., Coleman, M., & Bailey, A. (2008). An investigation of basic facial expression recognition in autism spectrum disorders. *Cognition & Emotion*, 22(7), 1353–1380.
- Ward, R., Duncan, J., & Shapiro, K. (1996). The slow time-course of visual attention. *Cognitive Psychology*, 30, 79-109.
- Wehmeier, P.M., Schacht, A., Barkley, R.A. (2010) Social and emotional impairment in children and adolescents with ADHD and the impact on quality of life. *Journal of Adolescent Health*,

46(3), 209-217.

- Werner, S., & Thies, B. (2000). Is 'change blindness' attenuated by domain-specific expertise? An expert-novices comparison of change detection in football images. *Visual Cognition*, 7, 163–174.
- Wilbarger, J. L., McIntosh, D. N., & Winkielman, P. (2009). Startle modulation in autism: Positive affective stimuli enhance startle response. *Neuropsychologia*, 47, 1323–1331.
- Wilenius-Emet, M., Revonsuo, A., & Ojanen, V. (2004). An electrophysiological correlate of human visual awareness. *Neuroscience Letters*, 354(1), 38-41.
- Wilken, P., Mattingley, J.B., Korb, K.B., Webster, W.R. & Conway, D. (1999). Capacity limits for detection versus reportability of change in visual scenes. Paper presented at the 26th Annual Australian Experimental Psychology Conference, April, 1999.
- Williams, P. & Simons, D. J. (2000). Detecting changes in novel 3D objects: Effects of change magnitude, spatiotemporal continuity, and stimulus familiarity. *Visual Cognition*, 7, 297-322.
- Witwer, A.N., & Lecalier, L. (2008). Examining the validity of autism spectrum Disorder Subtypes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38, 1611–1624.
- Wodka, E.L., Mahone, E.M., Blankner, J.G., Larson, J.C.G., Fotedar, S., Denckla, M.B., Mostofsky, S.H. (2007). Evidence that response inhibition is a primary deficit in ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 29(4), 345-356.
- Wolfe, J.M. (1994). Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(2), 202–238.
- Wright, M.J. (2005). Saliency Predicts Change Detection in Pictures of Natural Scenes. *Spatial Vision*, 18(4), 413-30.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1990). Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(1), 121-134.
- Yaxley, R.H, & Zwaan, R.A. (2005). Attentional bias affects change detection. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(6), 1106-11.
- Yeh, Y.Y., & Yang, C.T. (2008). Object memory and change detection: Dissociation as a function of visual and conceptual similarity *Acta Psychologica*, 127(1), 114–128.
- Zimmermann, E., Schnier, F., & Lappe, M. (2010). The contribution of scene context on change detection. *Vision Research*, 50, 2062-2068.